



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
NATURAIS E MATEMÁTICA**



**FÍSICA DO MEIO AMBIENTE COMO DISCIPLINA NAS LICENCIATURAS EM  
FÍSICA: PROPOSTA DE UMA UNIDADE DIDÁTICA PARA ENSINAR EFEITO  
ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL**

**NELSON COSME DE ALMEIDA**

**NATAL-RN  
2014**

**NELSON COSME DE ALMEIDA**

**FÍSICA DO MEIO AMBIENTE COMO DISCIPLINA NAS LICENCIATURAS EM  
FÍSICA: PROPOSTA DE UMA UNIDADE DIDÁTICA PARA ENSINAR EFEITO  
ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Gilvan Luiz Borba

**NATAL-RN  
2014**

Divisão de Serviços Técnicos.  
Catalogação da publicação na fonte.  
IFRN/SC / Biblioteca Mons. Raimundo Gomes Barbosa

Almeida, Nelson Cosme de.

Física do meio ambiente como disciplina nas licenciaturas em física: proposta de uma unidade didática para ensinar efeito estufa e aquecimento global/ Nelson Cosme de Almeida. – Santa Cruz, 2014.

236 f.

Orientador (a): Prof<sup>º</sup> Dr. Gilvan Luiz Borba

Dissertação (Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

1. Ensino da Física. 2. Unidade Didática. 3. Método do Arco Charles Maguerez. 4. Física do Meio Ambiente. 5. Licenciatura em Física I. Borba, Gilvan Luiz. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

IFRN-SC/MRGB

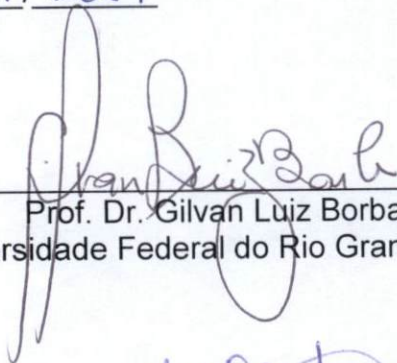
CDU 53:37

NELSON COSME DE ALMEIDA

**FÍSICA DO MEIO AMBIENTE COMO DISCIPLINA NAS LICENCIATURAS EM FÍSICA:  
PROPOSTA DE UMA UNIDADE DIDÁTICA PARA ENSINAR EFEITO ESTUFA E  
AQUECIMENTO GLOBAL**

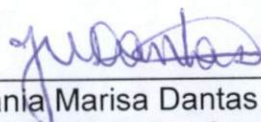
Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

Aprovado em: 31 / 07 / 2014



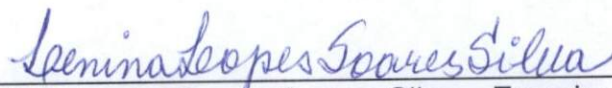
---

Prof. Dr. Gilvan Luiz Borba – Orientador  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN



---

Prof.ª Dr.ª Josivânia Marisa Dantas – Examinadora Interna  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN



---

Prof.ª Dr.ª Lenina Lopes Soares Silva – Examinadora Externa  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN

## *In memoriam*

Amado irmão, Francisco Edinaldo de Almeida (Nanau), viemos de uma família pobre do interior do Rio Grande do Norte (cidade de Barcelona) onde as oportunidades de estudo, na época de minha infância e adolescência, eram escassas. E você que dedicou-se a vida inteira à família e ao trabalho me deu a oportunidade de estudar. Tua luta foi tão grande que se hoje estou escrevendo numa Dissertação de Mestrado, na parte que homenageamos as pessoas que amamos, você é o maior responsável. No dia 14/11/2013 repentinamente nos deixastes, e neste fatídico dia perdi um grande amor; perdi você que sempre foi meu irmão, meu pai e minha vida. Vós sempre fostes homem de poucas palavras, porém me ensinastes muito, pois o que te faltava nas palavras sobrava em atitude e exemplo. Um livro com infinitas páginas seria pouco para escrever quão valioso tu és e o quanto te amo. No entanto, é com voz embargada, olhos embebecidos em lágrimas e o coração cheio de saudade que te ofereço uma linda canção. Canção que você adorava! Do meu xará Nelson Cavaquinho, A FLOR E O ESPINHO.

### A FLOR E O ESPINHO

Nelson Cavaquinho

Tire o seu sorriso do caminho  
Que eu quero passar com a minha dor  
Hoje pra você eu sou espinho  
Espinho não machuca a flor  
Eu só erreí quando juntei minha alma a sua  
O sol não pode viver perto da lua  
É no espelho que eu vejo a minha mágoa  
A minha dor e os meus olhos rasos d'água  
Eu na sua vida já fui uma flor  
Hoje sou espinho em seu amor

Descanses em paz e durmas o sono dos justos!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar vivo e poder, de alguma forma, ajudar as pessoas.

Agradeço aos meus pais, Augustinho e Margarida (Anita). Para falar do amor que eu sinto por vocês e da importância que têm em minha vida, seria necessário escrever um livro. Obrigado pelo amor com o qual me criaram e me educaram. Vocês me ensinaram a ser uma pessoa do bem e da paz. Amo meus pais com toda a força que essa palavra pode ter.

Agradeço aos meus irmãos, Francisco Edinaldo (Nanau), José Erinaldo, Erinalva (Fia) Célia e Edinalva. Agradeço a todos os meus sobrinhos e sobrinhas. Em especial aos meus sobrinhos Itamar e Ailton (Itinho). Sobrinhos estes pelos quais tenho imenso amor.

Agradeço ao meu amor, Maria Emília, pela enorme paciência e pelo sincero amor que dedicas a mim. Saibas que te amo muito e que tenho enorme respeito pela profissional dedicada se zelosa que és. O teu amor pela docência me encanta e por isso te admiro, a cada dia, mais e mais. Estar ao teu lado é o que desejo hoje e sempre. Você contribuiu brilhantemente com esta Dissertação. Obrigado por tudo!

Agradeço ao professor Dr. Gilvan Borba, por ter sido, nestes três últimos anos, muito mais do que orientador; ele por diversas vezes foi amigo e porque não dizer, um irmão mais velho. Agradeço, também, por partilhar comigo o seu vasto conhecimento em Física que contribuiu muito em minha formação continuada.

Não posso, em hipótese alguma, esquecer da professora Dr<sup>a</sup>. Josivânia Dantas e da professora Dr<sup>a</sup>. Lenina Lopes. Lenia, agora informalmente vos falo, você surgiu em minha vida como um anjo bom. Sempre disposta a me ajudar e a todos que te rodeiam. Sinto-me feliz e honrado por se teu novo amigo e amigo mais novo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pelos ensinamentos. Ao secretário, Daniel, que além de excelente profissional, é um homem sereno, tranquilo e de bom coração.

Agradeço a minha turma de Mestrado (2011), pela convivência, amizade durante o curso, a todos que me ajudaram de alguma forma a vencer os trabalhos, seminários, provas, enfim, os obstáculos do dia-a-dia.

Aos meus amigos da Escola Estadual José Bezerra Cavalcanti. Em especial à professora Nazaré, mulher de muita garra, grande dedicação e por quem nutro enorme carinho. Estendo igual agradecimento ao amigo Dimas, este que sempre compreendeu, pacientemente, as minhas ausências, por saber que eu travara esta enorme batalha, o Mestrado.

Aos queridíssimos amigos do IFRN *Campus* Santa Cruz, em especial a Samira, Gllauco e Lenina. Ao professor Luiz Jorge Negri, agradeço, carinhosamente, por ter me acolhido em sua casa e dedicado a mim seu precioso tempo. Posso, de antemão, afirmar que as conversas sempre foram frutíferas, principalmente aquela que diz respeito à minha pensão a partir de 2015.

Ao amigo Erivan Amaral, diretor do IFRN *Campus* Santa Cruz, por sua amizade e por ter, gentilmente, cedido espaços, nesta instituição de ensino, que tornaram possíveis realizar meus estudos e minhas pesquisas com maior tranquilidade.

Agradeço à Bióloga e amiga Maria Augusta pelas discussões sobre as questões ambientais do Brasil e do Mundo. Tuas contribuições foram valiosíssimas.

À minha linda e querida filha, Helena Almeida. Obrigado por entender as minhas ausências e por significar tanto para mim. Painho te ama muito! Você e sua irmã são inteligentes, educadas e estudiosas. São pessoas maravilhosas! Estarei sempre contigo; sempre ao teu lado dando amor e proteção.

Marília, quero que saibas que te admiro muito. Você sempre foi muito inteligente e dedicada, do seu jeito é claro, sempre esteve obstinada e por isso conquistarás muitas coisas boas em tua vida. Também te amo muito.

Aos queridos alunos do Grupo de Astronomia do Trairi (GAT) pelo enorme respeito e contribuição para com a minha pesquisa. Eles abdicaram de seus recessos escolares e me ajudaram, com a pesquisa, respondendo aos questionários e as diversas atividades. Serei eternamente grato! Agradeço, especialmente, a Jeane, minha querida aluna e orientanda. Com a mesma sinceridade agradeço a João Marcos e Diego.

*“Ordo ab chao”*  
*Francomaçonaria*

Dan Brown

## RESUMO

Nesse trabalho de dissertação propomos uma Unidade Didática para ensinar conteúdos de Física através das discussões ambientais sobre o efeito estufa e o aquecimento global. Essa unidade didática está fundamentada numa intervenção metodológica problematizadora a partir da aplicação do Método do Arco de Charles Maguerez. Os fundamentos metodológicos da dissertação encontram-se inseridos na pesquisa-ação e esta está estruturada em cinco capítulos: o primeiro capítulo trata de Física do Meio Ambiente (FMA) como disciplina nos Cursos de Licenciatura em Física no Brasil, trazendo a preocupação de saber como essa disciplina vem sendo lecionada. Iniciamos o primeiro capítulo explicitando as razões que sustentam a inserção da disciplina Física do Meio Ambiente nos Cursos de Licenciatura em Física. Depois fizemos uma pesquisa, nos *sites* das Instituições de Ensino Superior, para sabermos da existência ou não dessa disciplina nas matrizes curriculares. Em seguida, analisamos as ementas para verificar quais bibliografias estão sendo adotadas e quais conteúdos de Física estão sendo trabalhados, e como isso tem sido feito. Os cursos pesquisados foram os das Universidades Federais e Institutos Federais. Assim finalizamos o primeiro capítulo. Diante da indissociabilidade entre os estudos em Ensino de Física e os estudos sobre competências, habilidades e aprendizagem significativa, escrevemos o segundo capítulo. Nesse capítulo discutimos o desafio de converter informação em conhecimento. Num primeiro momento sobre a formação inicial de professores, pois mesmo não sendo esse o nosso enfoque, o estudo é sobre uma disciplina do curso superior, portanto, oferecida a futuros docentes. Depois falamos sobre a cultura do conhecimento, onde ressaltamos a utilização de uma abordagem de ensino que promova significados pelo conteúdo lecionado e faça sentido para o aluno. Finalizamos o terceiro capítulo, fazendo algumas considerações sobre competências e habilidades, com o intuito de identificarmos quais habilidades e competências foram trabalhadas e desenvolvidas durante e após a aplicação da Unidade Didática. O terceiro capítulo é o resultado de uma revisão e estudo bibliográfico sobre a interação radioativa Terra-Sol. Os assuntos pesquisados abordam desde a geração de energia no Sol aos temas mancha solar, ejeção de massa coronal, vento solar, radiação do corpo negro, Lei de Deslocamento de Wien, Lei de Stefan-Boltzmann, efeito estufa e aquecimento global. Esse capítulo trata de um material de apoio para o professor da disciplina supracitada. O quarto capítulo fala sobre o Método do Arco de Charles Maguerez; aqui explicamos a estrutura de cada uma das cinco etapas do Arco e de como utilizá-las no ensino. Também mostramos outra versão desse método adaptada por Bordenave. No quinto e último capítulo trouxemos uma descrição de como o método do Arco foi utilizado, nas aulas de Física do Meio Ambiente, com os alunos da Licenciatura em Física do IFRN *Campus* Santa Cruz. Apresentamos, nesse capítulo, uma transcrição das aulas para mostrar como se deu a aplicação de uma metodologia problematizadora no ensino dos conteúdos de Física propostos para a Unidade Didática a partir da discussão ambiental sobre os fenômenos efeito estufa e aquecimento global.

**Palavras-chave:** Unidade Didática. Método do Arco de Charles Maguerez. Física do Meio Ambiente. Licenciatura em Física.

## ABSTRACT

In this dissertation we propose a Teaching Unit of Physics to teach content through environmental discussions of the greenhouse effect and global warming. This teaching unit is based on a problem-methodological intervention from the application of the method of the Arch of Charles Maguerez. The methodological foundations of the thesis are embedded in action research and this is structured in five chapters: the first chapter deals with the Physical Environment (FMA) as a subject in Degree Courses in Physics in Brazil, bringing the concern of how this discipline has been taught. We started the first chapter explaining the reasons behind the inclusion of the discipline of Physical Environment in a Physics Degree Courses. Then we did a search on the websites of Institutions of Higher Education, to know of the existence or not of this discipline on curricular. We then analyzed the menus to see what bibliographies are being adopted and what content of Physics are being worked, and how it has been done. The courses surveyed were those of Federal and Federal Institutes Universities. Thus ended the first chapter. Given the inseparability between studies in Physics Teaching and studies on competencies, skills and significant learning, wrote the second chapter. In this chapter we discuss the challenge of converting information into knowledge. Initially on initial teacher training, because even if this is not our focus, the study is a discipline on the upper reaches, therefore, offered to future teachers. Then we talked about the culture of knowledge, where we emphasize the use of a teaching approach that promotes meanings taught by content and make sense to the student. We finished the third chapter, making some considerations on skills and abilities, in order to identify what skills and competencies were developed and worked during and after the implementation of Curriculum Unit. The third chapter is the result of a literature review and study of the radioactive Earth-Sun interaction. The subjects researched approach from the generation of energy in the sun to topics stain solar coronal mass ejections, solar wind, black body radiation, Wien displacement law, Stefan-Boltzmann Law, greenhouse effect and global warming. This chapter deals with material support for the teacher of the aforementioned discipline. The fourth chapter talks about the arc method of Charles Maguerez; Here we explain the structure of each of the five steps of the Arc and how to use them in teaching. We also show another version of this method adapted by Bordenave. In the fifth and final chapter brought a description of how the method of Arc was used in physics classes of Environment, with students majoring in Physics IFRN Campus Santa Cruz. Here, in this chapter, a transcript of classes to show how was the application of a problem-based methodology in the teaching of content proposed for Physics Teaching Unit from the environmental discussion about the greenhouse effect and global warming phenomena.

**Keywords:** Didactic Unit. Charles Maguerez arc method. Physics of the environment. Degree in physics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Sol na Galáxia	78
Figura 2 – Rotação Diferencial do Sol	80
Figura 3 – Esquema da Rotação Diferenciada	80
Figura 4 – Estrutura do Sol	82
Figura 5 – Representação esquemática do hidrogênio em hélio	83
Figura 6 – Estrutura do Sol, mostrando as principais camadas	86
Figura 7 – Granulação fotosférica	88
Figura 8 – Transição entre a cromosfera e a coroa solar	90
Figura 9 – Coroa na luz branca	91
Figura 10 – Representação esquemática do Sol e de suas manchas solares	92
Figura 11 – Distorção das Linhas de Campos Magnético causadas pela Rotação Diferencial do Sol	93
Figura 12 – O ciclo solar de 11 anos refletido por uma série de manchas solares	94
Figura 13 – Esquema de classificação de Waldemeier para as manchas solares	95
Figura 14 – Mancha Solar AR1944	96
Figura 15 – Ejeção de Massa Coronal (EMC)	97
Figura 16 – Vento Solar	98
Figura 17 – Objeto com cavidade e um pequeno orifício	103
Figura 18 – A radiância espectral de um corpo negro em função da frequência da radiação, mostrada para temperaturas de 1000 K, 1500 K e 2000 K	105
Figura 19 – Intensidade de radiação x comprimento de onda para emissão de radiação de um corpo negro	108
Figura 20 – Ciclos climáticos nos últimos 415.000 anos	116
Figura 21 – Representação esquemática do efeito estufa	118
Figura 22 – Interação Sol-Terra	124
Figura 23 – Representação gráfica da interação Sol-Terra	126

Figura 24 – Mecanismo de amortecimento de choque da natureza, para manter constante a temperatura da superfície terrestre	127
Figura 25 – Representação do Método do Arco de Charles Maguerez	131
Figura 26 – Representação do esquema de Arco adaptado por Bordenave e Pereira	132

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição de Universidades Federais por Estado da Região Nordeste – 2013	35
Gráfico 2 – Distribuição de Universidades Federais por Estado da Região Sul – 2013	36
Gráfico 3 – Distribuição de Universidades Federais por Estado da Região Sudeste – 2013	37
Gráfico 4 – Distribuição de Universidades Federais por Estado da Região Centro-Oeste – 2013	37
Gráfico 5 – Distribuição de Universidades Federais por Estado da Região Norte – 2013	38
Gráfico 6 – Distribuição de Institutos Federais por Estado da Região Nordeste – 2013	41
Gráfico 7 – Distribuição de Institutos Federais por Estado da Região Sul – 2013	42
Gráfico 8 – Distribuição de Institutos Federais por Estado da Região Sudeste – 2013	43
Gráfico 9 – Distribuição de Institutos Federais por Estado da Região Centro-Oeste – 2013	43
Gráfico 10 – Distribuição de Institutos Federais por Estado da Região Norte – 2013	44
Gráfico 11 – Evolução do índice ONA e das anomalias da temperatura	113
Gráfico 12 – Concentração de CO <sub>2</sub> atmosférico durante as eras geológicas	120

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Existência da disciplina FMA nas Universidades Federais da Região Nordeste – 2013	30
Quadro 2 – Existência da disciplina FMA nas Universidades Federais da Região Sul – 2013	32
Quadro 3 – Existência da disciplina FMA nas Universidades Federais da Região Sudeste – 2013	33
Quadro 4 – Existência da disciplina FMA nas Universidades Federais da Região Centro-Oeste – 2013	34
Quadro 5 – Existência da disciplina FMA nas Universidades Federais da Região Norte – 2013	35
Quadro 6 – Existência da disciplina FMA nos Institutos Federais da Região Nordeste – 2013	39
Quadro 7 – Existência da disciplina FMA nos Institutos Federais da Região Sul – 2013	39
Quadro 8 – Existência da disciplina FMA nos Institutos Federais da Região Sudeste – 2013	40
Quadro 9 – Existência da disciplina FMA nos Institutos Federais da Região Centro-Oeste – 2013	41
Quadro 10 – Existência da disciplina FMA nos Institutos Federais da Região Norte – 2013	41
Quadro 11 – Conteúdos em comum nas disciplinas que discutem Física e Meio Ambiente	47
Quadro 12 – Definições de competência em âmbito profissional.	68
Quadro 13 – Definição de competência no âmbito educativo	72
Quadro 14 – O que é competência?	73
Quadro 15 – Cronograma de Encontros e de Atividades	139
Quadro 16 – Quadro de Referências	142
Quadro 17 – Correlação entre as atividades desenvolvidas nos Encontros com as Etapas do Arco de Charles Maguerez	144

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Excentricidade dos planetas do Sistema Solar	77
Tabela 2 – Elementos químicos do Sol	79
Tabela 3 – Propriedades do Vento Solar Calmo a 1 UA no plano da Eclíptica	99

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	16
<b>CAPÍTULO 1 – FÍSICA DO MEIO AMBIENTE COMO DISCIPLINA NOS CURSOS DE LICENCIATURA EM FÍSICA NO BRASIL</b>	19
1.1 RAZÕES PARA A INSERÇÃO DE FÍSICA DO MEIO AMBIENTE NO CURRÍCULO DAS LICENCIATURAS EM FÍSICA	20
1.2 BREVES REFLEXÕES SOBRE A DISCIPLINA FÍSICA DO MEIO AMBIENTE E A EXISTÊNCIA DESTA NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR FEDERAIS DO BRASIL	26
1.3 ANÁLISE DAS EMENTAS DE FÍSICA DO MEIO AMBIENTE	44
<b>CAPÍTULO 2 – O DESAFIO DE CONVERTER INFORMAÇÃO EM CONHECIMENTO NAS LICENCIATURAS EM FÍSICA</b>	49
2.1 FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA	49
2.2 A NOVA CULTURA DA APRENDIZAGEM: DA INFORMAÇÃO AO CONHECIMENTO	56
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES	58
<b>CAPÍTULO 3 – INTERAÇÃO SOL-TERRA</b>	76
3.1 O SOL E SUA ATIVIDADE	76
3.1.1 <b>Fontes de Energia do Sol</b>	81
3.1.2 <b>Estrutura Interna do Sol</b>	81
3.1.3 <b>Estrutura Externa do Sol</b>	87
3.2 AQUECIMENTO GLOBAL E EFEITO ESTUFA	108
3.2.1 <b>O que estão falando sobre clima e modelos climáticos</b>	111
3.2.2 <b>Compreendendo o efeito estufa</b>	117
3.2.3 <b>Compreendendo o aquecimento global</b>	119
3.2.4 <b>Cálculo da temperatura média da superfície terrestre</b>	121

<b>CAPÍTULO 4 – PROPOSTA DE UMA UNIDADE DIDÁTICA</b>	129
4.1 O MÉTODO DO ARCO DE CHARLES MAGUEREZ	130
4.1.1 <b>Elemento motivacional e Problematização da Realidade</b>	134
4.1.2 <b>Observação da realidade</b>	135
4.1.3 <b>Pontos-chave</b>	135
4.1.4 <b>Teorização</b>	136
4.1.5 <b>Hipóteses de solução</b>	136
4.1.6 <b>Aplicação na realidade</b>	136
4.2 PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA	138
4.2.1 <b>Identificação</b>	138
4.2.2 <b>Objetivos da Aprendizagem</b>	138
4.2.3 <b>Conteúdos</b>	138
4.2.4 <b>Metodologia</b>	139
4.2.5 <b>Recursos Necessários</b>	140
4.2.6 <b>Sistemática de Avaliação</b>	141
4.3 SITUANDO AS ETAPAS DO MÉTODO DO ARCO DE MAGUEREZ NA UNIDADE DIDÁTICA PROPOSTA	143
<b>CAPÍTULO 5 – DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA UNIDADE DIDÁTICA</b>	145
5.1 APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA	145
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	167
<b>REFERÊNCIAS</b>	168
<b>APÊNDICE A – PRODUTO DA DISSERTAÇÃO</b>	174

## INTRODUÇÃO

Com a inserção – a partir da Resolução nº 2, de 30 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012) – da educação ambiental na educação brasileira, surgiu a necessidade de formar professores capazes de discutir a questão ambiental no âmbito de suas respectivas disciplinas. Para os licenciandos em Física uma formação que atenda a essa necessidade é possível via a disciplina Física do Meio Ambiente, posto que

A disciplina, Física do Meio Ambiente, ou Física Ambiental, além de lidar com diversos aspectos da física, ainda interage com a química, biologia, economia, e até mesmo invoca aspectos da sociologia. Nesse entrelaçamento, a física, ao aplicar seus vários desdobramentos e formulações matemáticas e lógicas aos problemas ambientais, promove a característica transdisciplinar inerente a todas as formas do conhecimento. (LANDULFO, 2005, p. 72).

Embora, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Física do Meio Ambiente seja uma disciplina recente, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), por exemplo, ela existe desde a década de 1970, conforme sugere Guedes (2013) em seu trabalho de Dissertação, intitulado Física do Meio Ambiente: desafios de uma disciplina focada na formação de habilidades gerais.

Essa disciplina constitui um elo entre as demais disciplinas do Curso de Licenciatura em Física. Na Matriz Curricular do IFRN essa disciplina é capaz de fazer conexões com as disciplinas do Núcleo Específico, tais como, Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna; do Núcleo Complementar como Cálculo Diferencial e Integral e do Núcleo Didático-Pedagógico com as disciplinas: Didática e Fundamentos Sócio-Políticos e Econômicos da Educação.

Sendo assim, o objetivo principal primordial desta Dissertação reside em propor uma Unidade Didática para a disciplina Física do Meio Ambiente com conteúdos e conhecimentos necessários ao debate sobre os fenômenos Efeito Estufa e Aquecimento Global usando uma metodologia problematizadora, denominada Método do Arco de Charles Maguerez. As estratégias de pesquisa propostas se inserem no que Boaventura de Sousa Santos (2004) denomina de pesquisa-ação e aconselha que as Universidades brasileiras em suas relações com

as escolas de Educação Básica, trabalhem utilizando pelas razões expostas a seguir:

A pesquisa-ação consiste na definição e execução participativa de projetos de pesquisa, envolvendo as comunidades e organizações sociais populares com problemas cuja solução pode beneficiar dos resultados da pesquisa. Os interesses sociais são articulados com os interesses científicos dos pesquisadores e a produção do conhecimento científico ocorre assim estreitamente ligada à satisfação de necessidades dos grupos sociais que não têm poder para pôr o conhecimento técnico especializado ao seu serviço pela via mercantil. (SANTOS, 2004, p.75).

Sendo assim, a opção metodológica se insere na perspectiva proposta por Santos e por outros pesquisadores que tem se debruçado sobre a pesquisa-ação como metodologia de pesquisa como Michel Thiollent (2002), que informa que "a pesquisa-ação é realizada em um espaço de interlocução onde os atores implicados participam na resolução dos problemas, com conhecimentos diferenciados, propondo soluções e aprendendo na ação." (THIOLLENT, 2002, p. 04). Assim, a pesquisa-ação é uma metodologia na qual o pesquisador oferece contribuições à sociedade.

Esta Dissertação está estruturada em cinco capítulos, o Capítulo 1, **Física do Meio Ambiente como disciplina nos Cursos de Licenciatura em Física no Brasil**, traz uma análise sobre a inserção da disciplina Física do Meio Ambiente (FMA) nos cursos de Licenciatura em Física do Brasil. Então, num primeiro momento realizamos uma pesquisa nos *sites* de todos os Institutos Federais e de todas as Universidades Federais do Brasil, para constatar em quais Instituições de Ensino Superior (IES) essa disciplina vem sendo adotada. Em seguida, fizemos um estudo das ementas encontradas, a fim de saber quais são e como estão sendo trabalhados os conteúdos de Física na disciplina FMA, buscando compreender se havia alguma correlação com as discussões ambientais. Finalizamos este capítulo, expondo as razões para a inserção de Física do Meio Ambiente nos currículos da Licenciatura em Física.

O Capítulo 2, **O desafio de converter informação em conhecimento nas Licenciaturas em Física** traz uma discussão sobre o desafio de converter informação em conhecimento. Então, num primeiro momento refletimos sobre a formação inicial de professores, principais responsáveis por converter informação em conhecimento. Em seguida, mantendo a mesma perspectiva discutimos sobre a

nova cultura da aprendizagem, na qual se ressalta o papel da escola na formação do cidadão e na construção do conhecimento. Destacamos, ainda, o papel do professor e do aluno, bem como as formas de ensinar dos docentes. Finalizamos este capítulo mostrando o quanto é complexo e delicado incorporar, na prática dos professores, metodologias que proporcionem o desenvolvimento de habilidades e competências. Embora, o objetivo seja o de convergir e apontar soluções existem muitas definições, vários entendimentos sobre o significado de aprendizagem significativa, competências e habilidades.

O Capítulo 3, intitulado **Interação Sol-Terra** sugere alguns conteúdos que podem ser trabalhados em FMA. Trata-se de um material de apoio para os professores desta disciplina. A intenção foi oferecer um material didático instrucional que norteasse os professores na elaboração de aulas sobre a interação do Sol com a Terra, e que, a partir da compreensão dessa interação pudessem ensinar sobre os fenômenos aquecimento global e efeito estufa. Nesse trouxemos objetivamente um texto sobre fusão nuclear; energia solar; mancha solar, ejeção de massa corona, vento solar e os fenômenos, já citados, efeito estufa e aquecimento global.

O Capítulo 4, intitulado **Proposta de uma Unidade Didática para ensinar efeito estufa e aquecimento global** apresenta uma metodologia problematizadora utilizada na proposta da Unidade Didática sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global, denominada de Método do Arco de Charles Maguerez. No primeiro momento, descrevemos as etapas desse Método e, ainda, apontamos as vantagens e desvantagens, quanto ao seu uso. Na sequência, propomos uma Unidade Didática cujo objetivo é debater sobre o Efeito Estufa e Aquecimento Global utilizando tal Método. Por fim, situamos as etapas do Método do Arco de Maguerez na Unidade Didática proposta.

No quinto e último capítulo, intitulado **Descrição e Análise da Unidade Didática** descrevemos, analisamos e avaliamos a aplicação da Unidade Didática (UD) proposta nesta dissertação, baseada no Método do Arco de Charles Maguerez. Esperamos, com a elaboração dessa unidade didática, propiciar aos futuros professores uma formação inicial que possibilite maior conscientização sobre a mútua relação, homem e natureza, sem abandonar o caráter científico das questões que envolvem a disciplina Física do Meio Ambiente.

# [CAPÍTULO 1]

## FÍSICA DO MEIO AMBIENTE COMO DISCIPLINA NOS CURSOS DE LICENCIATURA EM FÍSICA NO BRASIL

---

Este capítulo traz uma análise sobre a inserção da disciplina Física do Meio Ambiente (FMA) nos cursos de Licenciatura em Física no Brasil. Então, em um primeiro momento realizamos uma pesquisa nos *sites* de todos os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e de todas as Universidades Federais do Brasil, para constatar em quais Instituições de Ensino Superior (IES) essa disciplina vem sendo ofertada. Os resultados são discutidos no transcorrer do capítulo, cuja análise também está sintetizada em quadros e gráficos. Denominamos esse primeiro momento de **Breves reflexões sobre a disciplina Física do Meio Ambiente e a existência desta nas IES Federais do Brasil.**

Em seguida, fizemos um estudo das ementas encontradas, a fim de saber quais são e como estão sendo trabalhados os conteúdos de Física na disciplina FMA, buscando compreender se havia alguma correlação com as discussões ambientais. Denominamos esse segundo momento de **Análise das ementas de FMA.**

Finalizamos o capítulo expondo as **Razões para a inserção de Física do Meio Ambiente nos currículos da Licenciatura em Física.**

Nosso intuito foi o de apontar os limites, os desafios e as potencialidades de FMA para o ensino e a pesquisa inerentes as questões ambientais, inserindo na Licenciatura em Física as problematizações sobre as questões ambientais de acordo com as perspectivas e os conhecimentos científicos. Isso porque dentro dos marcos normativos o ensino de conteúdos acerca do meio ambiente tornou-se, a partir de 2012, obrigatório no âmbito educacional, conforme já referimos.

Realizamos, assim, um estudo que se enquadra em uma metodologia bibliográfica e documental, por meio de pesquisa em *sites*, na *internet* que se encontram em domínio público.

## 1.1 RAZÕES PARA INSERÇÃO DE FÍSICA DO MEIO AMBIENTE NO CURRÍCULO DAS LICENCIATURAS EM FÍSICA

A inserção – a partir da Resolução nº 2, de 30 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012) – da educação ambiental na educação brasileira surgiu com a necessidade de formar professores capazes de discutir a questão ambiental no âmbito de suas respectivas disciplinas em todos os níveis e modalidades de ensino no Brasil.

Com a discussão sobre as mudanças climáticas globais a sociedade foi chamada a participar e a opinar em um tema eminentemente científico sem que para o qual tenha sido inteiramente qualificada. Nesse contexto, a educação formal através da disciplina FMA, pode ter papel fundamental na formação de uma sociedade que seja capaz de tomar decisões mais conscientes em relação ao ambiente em que vive.

Certamente, a formação de professores de Física com habilidades e competências que envolvam a familiaridade com a questão ambiental, como a proposta pela disciplina Física do Meio Ambiente, tema do presente trabalho, em muito poderá influenciar na formação dos futuros professores.

Observamos que, temas como aquecimento global, efeito estufa e poluição podem ser discutidos numa escala menor, sem detrimento da compreensão do todo, isto é, dos mesmos fenômenos numa escala global. Nesse sentido, a disciplina supracitada poderá contribuir para que isso seja possível, tornando-se, portanto, uma forma inovadora de tratamento dos conteúdos de Física em suas relações com o meio ambiente; pautada nas respostas e explicações que esta ciência já possui para inúmeros fenômenos ambientais.

Os recursos naturais são esgotáveis, a Terra é finita e o crescimento sem limites é insustentável (BERNARDES; FERREIRA, p. 17, 2003). Não há dúvida que a relação entre homem e natureza é intrínseca à sociedade. O homem é capaz de modificar a realidade local quando nela interfere.

No início da década de 1970 a preocupação com o Meio Ambiente se reduzia a preservarmos a fauna e a flora. Essa ou aquela espécie está ameaçada de extinção, explicava cuidadosamente a professora do curso primário, para a qual os alunos dedicavam total atenção.

No início da década de 1970, a atenção se concentrou no meio ambiente biofísico, em questões como as relacionadas ao manejo da fauna e da flora silvestres, [...] – e o homem era considerado a causa principal desses problemas (PERSPECTIVAS DO MEIO AMBIENTE MUNDIAL, 2002 – GEO 3, Cap. 1, p. 2).

Esse cenário mudou e as questões ambientais se tornaram bem mais complexas. Ações para minimizar e estudos para entender melhor os problemas ambientais se intensificaram a partir da década de 1970. Um marco é a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972.

Depois dessa Conferência a reunião mais importante aconteceu no Rio de Janeiro em 1992 (ECO 92), a chamada Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (BERNARDES; FERREIRA, 2003, p. 36). Outras sucederam, como a de *Copenhague*, Protocolo de *Kyoto*, Rio+10, Rio+20 e tantas outras. Dedicaremos alguns parágrafos para falarmos sobre essas.

Existe a Resolução nº 2, de 30 de janeiro de 2012 (conforme já fizemos referência) que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Essa torna obrigatória a inserção da Educação Ambiental nos currículos escolares, tanto do Ensino Fundamental, quanto do Ensino Médio (BRASIL, 2012).

A Resolução é composta por quatorze (14) artigos dos quais o art. 10, inciso II, alínea c e o art. 13, inciso V preconizam, respectivamente, sobre a importância da Educação Ambiental e a interação do ser humano com o ambiente. Vejamos o que essa Resolução diz sobre o tema:

**Art. 10. Em decorrência de legislação específica, são obrigatórios:**

II - Com tratamento transversal e integradamente, permeando todo o currículo, no âmbito dos demais componentes curriculares:  
c) Educação Ambiental (Lei nº 9.795/99, que dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental);

**Art. 13. As unidades escolares devem orientar a definição de toda proposição curricular, fundamentada na seleção dos conhecimentos, componentes, metodologias, tempos, espaços, arranjos alternativos e formas de avaliação, tendo presente:**

V - A sustentabilidade socioambiental como meta universal, desenvolvida como prática educativa integrada, contínua e permanente, e baseada na compreensão do necessário equilíbrio e respeito nas relações do ser humano com seu ambiente (BRASIL, 2012).

Documentos oficiais, como o citado anteriormente, justificam a importância de um ensino que tenha como um de seus focos o meio ambiente.

Ao introduzirmos a disciplina FMA surge a necessidade de trazer um conceito sobre física ambiental e meio ambiente. Para o primeiro, existe um consenso entre os autores, e eles apontam numa única direção, a de que Física Ambiental, ou Física do Meio Ambiente, é entendida como a Física relacionada com análise e mitigação de problemas ambientais. (BOEKER; GRONDELLE; BLANKERT, 2003, tradução nossa).

Existem diversos conceitos para meio ambiente, como veremos nos parágrafos seguintes.

Meio ambiente é uma daquelas expressões que, embora bastante conhecidas, não costumam ser definidas com clareza. Neste caso a clareza não é mero preciosismo. Em se tratando de um assunto que vem conquistando cada vez mais espaço e prestígio no mundo moderno, é urgente que todos possamos perceber a ordem de grandeza em que se situa hoje a questão ambiental e, talvez surpreendidos, nos darmos conta de como isso nos alcança de forma profunda e visceral (TRIGUEIRO, 2003, p. 13).

As palavras de Trigueiro (2003) revelam para nós o entendimento de uma corrente majoritária de estudiosos e cientistas acerca da definição de meio ambiente. No entanto, existem outros autores e pesquisadores que se aventuram nesse espaço e nos trazem, mesmo que de forma singela, uma definição, um conceito para meio ambiente. Veremos nos parágrafos que se seguem algumas dessas definições.

“Meio ambiente” no sentido de ecossistema é um conjunto de realidades ambientais, considerando a diversidade do lugar e a sua complexidade. O “meio ambiente” como lugar onde se vive é referente à vida cotidiana: casa, escola, e trabalho. O “meio ambiente” como biosfera surge para explicar a interdependência das realidades sócio-ambientais em todo mundo, a Terra é a matriz de toda vida (REBOUÇAS, 2009, p. 20, grifos no original).

Assim, meio ambiente pode ser compreendido como o conjunto de fatores naturais, sociais e culturais que envolvem um indivíduo e com os quais ele interage, influenciando e sendo influenciado por eles (LIMA; SILVA, 2000).

Para Neves e Tostes (1992),

Meio Ambiente é tudo o que tem a ver com a vida de um ser ou de um grupo de seres vivos. Tudo o que tem a ver com a vida, sua manutenção e reprodução. Nesta definição estão: os **elementos físicos** (a terra, o ar, a água), o **clima**, os **elementos vivos** (as plantas, os animais, os homens), **elementos culturais** (os hábitos, os costumes, o saber, a história de cada grupo, de cada comunidade) e a maneira como estes elementos são tratados pela sociedade. Ou seja, como as atividades humanas interferem com estes elementos. Compõem também o meio ambiente as interações destes elementos entre si, e entre eles e as atividades humanas. Assim entendido, o meio ambiente não diz respeito apenas ao meio natural, mas também às vilas, cidades, todo o ambiente construído pelo homem (NEVES; TOSTES, 1992, p.17, grifo do autor).

Conforme Luiz Carlos Aceti Júnior (2007 *apud* SILVA, 2009), o Novo Dicionário da Língua Portuguesa - Aurélio define meio ambiente como sendo o lugar onde se vive, com suas características e condicionamentos geofísicos; ambiente; esfera social ou profissional onde se vive ou trabalha, e ambiente como o conjunto de condições naturais e de influências que atuam sobre os organismos vivos e os seres humanos.

O que até agora foi escrito é suficiente para entendermos que tal definição é controversa e porque não, complexa. Mas, o problema não se encerra aqui, ainda existem leis específicas, como a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1931 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente; essa conceitua meio ambiente diferente do que aqui já foi exposto.

Nessa Lei, o Meio ambiente é conceituado como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, 1981).

Para o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Meio Ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, 2002), portanto, traz quase todas as categorias do conceito anterior.

Estamos longe de esgotarmos as distintas definições, sobre meio ambiente, existentes na literatura e nos marcos normativos legais. E esse não é nosso objetivo, queremos apenas exibir algumas delas. Encerramos nossas citações com a definição de meio ambiente dada pela *International Organization for Standardization* (ISO).

Para essa Organização, meio ambiente é a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora fauna, seres humanos e suas interrelações (BRASIL, 2004).

Usaremos, neste trabalho, a definição de meio ambiente adotada pelo Brasil. No Brasil, o conceito legal de Meio Ambiente encontra-se disposto no Art. 3º, I, da Lei nº. 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Esta lei, repetimos, diz que: meio ambiente é “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981).

A Física é uma Ciência, cujo conhecimento por ela gerado permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias (BRASIL, 2013).

De acordo com Boeker, Grondelle e Blankert (2003), a Física do Meio Ambiente, alicerçada em vários ramos da Física, estuda os problemas ambientais a partir dos conhecimentos construídos pela Física. Ela tem como objeto de estudos o ambiente natural e realiza experimentos em condições controladas. As subdisciplinas (ramos) da Física que fundamentam a FMA são a: Biofísica; Física do Clima e Física da Atmosfera. Elas surgiram no século XX e são responsáveis por modelar os fenômenos naturais que foram fortemente influenciados pelos impactos causados pelo homem.

A finalidade da disciplina Física do Meio Ambiente é formar cidadãos mais críticos e conscientes de suas ações no mundo, uma vez que essas podem desencadear uma série de outras ações com resultados catastróficos. O objetivo principal é que, ao licenciando ao concluir o curso de Física, esta disciplina tenha contribuído para a formação de um físico-educador sensível aos problemas ambientais; capaz, sobretudo, de refletir sobre tais problemas do ponto de vista da ciência.

Assim, o propósito maior de FMA reside em possibilitar um diálogo, ao mesmo tempo, com a Física e com os problemas ambientais. Observa-se que temas como aquecimento global e efeito estufa podem ser discutidos pautando-se nas respostas e explicações que a Física já possui para inúmeros fenômenos

ambientais, tais como: atividade solar; mancha solar; atividade vulcânica; dinâmica de absorção e liberação de calor e liberação de CO<sub>2</sub> dos oceanos entre outros.

Por meio de FMA é possível estudar o fenômeno de chuva ou de seca, quando um destes predominar. Entendamos que, os conteúdos serão trabalhados, independentemente das condições ambientais da região, apenas o enfoque será diferente, fazendo, quando possível, as devidas adequações de conteúdo. É importante lembrar que os métodos, leis, teorias e procedimentos da Física serão utilizados em todas as etapas de construção do conhecimento.

Utilizando a Unidade Didática, como ferramenta de ensino, é possível dialogar, continuamente, com vários conteúdos específicos do curso de Física, como os citados anteriormente – Mecânica Clássica; Termodinâmica; Eletromagnetismo Clássico e Física Moderna – não obrigatoriamente nessa ordem. O intuito é que o aluno rememore conceitos fundamentais dessas disciplinas, e ao mesmo tempo, perceba como estão interrelacionadas e como são aplicadas em situações específicas envolvendo a questão ambiental.

Além disso, a questão de escala<sup>1</sup>, um ponto nevrálgico na formação do aluno, será sempre trabalhada de modo que este possa tomar decisões. Por exemplo, é importante saber o quanto de CO<sub>2</sub> é de origem antropogênica, e o quanto é de origem natural para que ele tenha uma ideia mais clara do papel dos seres humanos no chamado aquecimento global. Também é preciso ter clara a dimensão ordem de grandeza para interpretar notícias corriqueiras relativas aos temas ambientais.

Diante do que foi discutido até o presente momento não resta dúvidas da relevância da disciplina FMA para os cursos de Licenciatura em Física e razões para isso não faltam. Primeiro porque existe um laço entre a Física e o Meio Ambiente, do qual o substrato é a FMA, nos dando a oportunidade de discutir os problemas ambientais sob a perspectiva do saber científico e segundo, mas não menos importante, porque a questão ambiental tornou-se ponto obrigatório de debates nas etapas da Educação Básica (Ensino Fundamental e Ensino Médio).

---

<sup>1</sup> Quando nos referimos à escala estamos dizendo que um mesmo fenômeno, aquecimento por exemplo, pode ser estudado numa escala local (aquecimento de uma Cidade) ou numa escala global (aquecimento do planeta). Isso é fundamental para que os estudantes não interpretem erroneamente os fenômenos.

## 1.2 BREVES REFLEXÕES SOBRE A DISCIPLINA FÍSICA DO MEIO AMBIENTE E A EXISTÊNCIA DESTA NAS IES FEDERAIS DO BRASIL

O século XXI vem sendo permeado pela discussão ambiental em todos os âmbitos da sociedade, na educação não é diferente. A disciplina Física do Meio Ambiente (FMA) é um fio condutor na inserção dos conhecimentos de Física como aporte teórico para análise e discussão dos problemas ambientais do ponto de vista científico.

Nas palavras de Freitas:

O colapso dos modelos econômicos *standard*, baseados na exploração e expropriação intensiva dos recursos naturais, aliado ao crescente processo de pauperização dos povos periféricos, em médio prazo agrava esse quadro, reafirmando a importância dos estudos ambientais. O que reserva um “lugar” singular para a física e a ecologia nas configurações societárias projetadas para o século XXI (FREITAS, 2005, p.33, grifo no original).

A relação entre o homem e a natureza não se dissocia em nenhuma etapa da evolução histórica, um faz parte do outro, pois é dela que o homem sempre tirou o próprio sustento. Noutro momento da história da humanidade se discutia o processo de industrialização e hoje se apontam malefícios causados pela poluição.

Discute-se o aquecimento global e o efeito estufa não como manifestação natural, mas como consequência das ações humanas. O homem é apontado como o principal responsável pela intensificação de tais manifestações. Mas, a natureza sempre encontra um equilíbrio.

A dimensão ficcional da ecologia é uma perspectiva subjetiva que atravessa todas as culturas mundiais, é como se o destino da Terra fosse de responsabilidade de cada um de seus habitantes. Esse processo se intensifica em forma ponderada e numa intensidade proporcional ao grau de destruição ecológica dos lugares, dos países, dos continentes e do planeta. A crença difusa que a Terra encontra-se num crescente processo de desestabilização ecológica constitui uma realidade virtual que atravessará todo o século XXI, movimentando muitas ações e programas institucionais mundiais (FREITAS, 2005, p.33).

Embora, decisões políticas e econômicas tenham larga predominância nas discussões ambientais, não se pode negar a relevância do aval científico na tomada dessas decisões. O problema está na recorrente extirpação proposital da cientificidade dos fatos. A questão ambiental é sinalizada, porém, pouco ou quase

nenhum argumento científico confiável tem sido utilizado quando se faz necessário estudar os problemas ambientais.

Em FMA existe a preocupação de se enfatizar a ciência, com seus critérios, modelos e métodos, em detrimento de interesses escusos que maquam e escurecem a verdade sobre os problemas e os fenômenos ambientais.

Cientes e conscientes da relação intrínseca, homem-natureza, somos levados a, mais uma vez, concordar com Freitas (2005) quando afirma existir uma relação, também, de guerra e paz entre os próprios homens.

A disciplina em estudo trata da relação entre Física e Meio Ambiente. Mas, a terminologia meio ambiente está inserida noutra terminologia com significação maior, qual seja, natureza. Portanto, seria um descuido esquecer da amplitude arraigada ao termo natureza. Para Freitas,

[...] o conceito de natureza é mais amplo e sofisticado que o conceito de meio ambiente, o que requer a utilização de mais campos de conhecimento e outros métodos científicos para a análise de uma relação do tipo: homem-natureza. O conceito de natureza envolve não somente o que é externo ao homem; envolve também o que lhe é interno e a necessária articulação do local com o universal buscando um sentido cósmico à existência humana; um sentido de pertencimento ao mundo. (FREITAS, 2005, p.34).

A disciplina FMA possui uma visão epistemológica bastante ampla, ela reforça o entendimento de não ser possível compreender um fenômeno em sua totalidade limitando-se, apenas, aos esclarecimentos prestados por um único campo do conhecimento. Com essa postura se contrapõe à maneira como as ciências exatas sempre enxergaram a relação homem-natureza.

As ciências exatas isolaram o homem da natureza e as ciências humanas privilegiaram os processos sociais sobre os naturais, com procedimentos metodológicos que fortaleceram, cada um a seu modo, a negação da unicidade homem-natureza e o refutamento de um referencial epistêmico interdependente (FREITAS, 2005, p.34).

Não seria prudente esquecer de ressaltar a participação das ciências naturais, sobretudo da Física, no entendimento da situação atual e na projeção para o futuro sobre as questões ligadas ao meio ambiente. Em FMA considera-se que poderá se proporcionar ao aluno a oportunidade de estudar como as decisões científicas podem afetar as decisões políticas e econômicas, e também humanas, no cenário mundial.

É nesse cenário multidimensional que as ciências físicas, mediadas pela estética, se entrelaçam com a ecologia para formar parte do substrato de sustentação das realidades históricas e científicas que compõem os atuais quadros sociais, econômicos e políticos e aos que se projetam para o futuro. (FREITAS, 2005, p.35).

A disciplina em análise foi criada há mais de três décadas e parece ter-se originado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Passou por várias mudanças, e hoje, consta na estrutura curricular do curso de Licenciatura em Física dessa mesma Universidade como disciplina obrigatória.

Nas demais instituições brasileiras a disciplina em pauta surgiu quase que concomitante à da UFRN, porém, com outros nomes. **Tópicos de Física do Meio Ambiente; Física e Meio Ambiente; Física Ambiental e Ciências Ambientais**, os quais podem ser considerados sinônimos para a disciplina **Física do Meio Ambiente**. A depender da Universidade o referido componente curricular aparecerá com um desses nomes.

Em 2009, surgiu no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) um modelo para o que seria mais tarde a disciplina **Física do Meio Ambiente**. A discussão teve início com a inserção da disciplina **Energia e Meio Ambiente**. Após alguns estudos e análises percebeu-se que os temas discutidos em **Energia do Meio Ambiente** poderiam ser contemplados e até mesmo ampliados, sem qualquer prejuízo em sua compreensão, pela disciplina **Física do Meio Ambiente**. Assim, a disciplina foi inserida no currículo desta Instituição e atualmente, está presente na estrutura curricular da Licenciatura em Física do IFRN como disciplina eletiva.

Para melhor refletirmos sobre a disciplina e a oferta desta nas IES Federais do Brasil realizamos uma pesquisa nos bancos de dados de todas as Universidades Federais e de todos os Institutos Federais do Brasil e constatamos que a disciplina Física do Meio Ambiente aparece na estrutura curricular dos cursos de Licenciatura em Física de apenas quatro Universidades Federais e três Institutos Federais.

Ressaltamos que é um número pouco expressivo num universo de sessenta e três Universidades Federais e trezentos e quarenta e dois *campi* dos Institutos Federais. Isso representa, aproximadamente, 6,3% e 0,9%, respectivamente, das Universidades e dos Institutos Federais do país.

Vale lembrar que, nosso intuito foi o de verificarmos a existência ou não desta disciplina nos cursos de Licenciatura em Física. A partir dessa verificação fizemos um estudo detalhado acerca das possibilidades pedagógicas da disciplina em pauta e sua contribuição na formação do físico-educador.

Físico - educador: dedica-se preferentemente à formação e a disseminação do saber científico em diferentes instâncias sociais, seja através da atuação no ensino escolar formal, seja através de novas formas de educação de educação científica, como vídeos, "*soft-ware*", ou outros meios de comunicação. Não ater-se-ia ao perfil da atual Licenciatura em Física que está orientada para o ensino formal e médio (BRASIL, 1998, grifos do autor).

Estas possibilidades pedagógicas dizem respeito a como o conhecimento vem sendo explorado, quais competências e habilidades estão sendo trabalhadas, quais são os objetivos e se eles estão sendo ou não alcançados. Mas, salientamos que essas são dimensões que serão exploradas nas próximas páginas deste trabalho.

Os dados obtidos na pesquisa acerca da existência da disciplina em análise nas IES Federais do Brasil estão distribuídos por região em quadros nos quais constam os nomes das instituições pesquisadas, bem como a sinalização de que existe ou não a disciplina em estudo.

Começaremos pelas Universidades Federais, como se pode observar pela Região Nordeste no **Quadro 1**.

Quadro 1: Existência da disciplina de FMA nas Universidades Federais da Região Nordeste - 2013

UNIVERSIDADES FEDERAIS DA REGIÃO NORDESTE	SIGLA	EXISTE
1. Universidade Federal do Rio Grande do Norte	UFRN	<b>Sim</b>
2. Universidade Federal Rural do Semi-Árido	UFERSA	Não
3. Universidade Federal de Pernambuco	UFPE	Não
4. Universidade Federal Rural de Pernambuco	UFRPE	Não
5. Universidade Federal da Bahia	UFBA	<b>Sim</b>
6. Universidade Federal do Vale do São Francisco	UNIFASF	Não
7. Universidade Federal do Sul da Bahia	UFESBA	Não
8. Universidade Federal do Recôncavo Baiano	UFRB	Não
9. Universidade Federal do Oeste da Bahia	UFOBA	Não
10. Universidade Federal do Piauí	UFPI	<b>Sim</b>
11. Universidade Federal do Maranhão	UFMA	Não
12. Universidade Federal do Ceará	UFCE	Não
13. Universidade Federal do Cariri	UFRC	Não
14. Universidade Federal da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira	UNILAB	Não
15. Universidade Federal de Sergipe	UFS	Não
16. Universidade Federal da Paraíba	UFPB	Não
17. Universidade Federal de Campina Grande	UFCG	Não
18. Universidade Federal de Alagoas	UFAL	Não

**Fonte:** Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) a disciplina existe desde a década de 1970 e na estrutura curricular atual aparece como disciplina obrigatória, conforme já havíamos dito no início deste trabalho. Nesta se discute vários temas que variam das formas de poluição, do ar ou sonora, passando pelo estudo da Magnetosfera Terrestre; pelo estudo da atmosfera; o uso da Física em defesa do Meio Ambiente até um estudo mais completo sobre o Sol e o próprio Sistema Solar.

Os temas apresentados na Ementa da disciplina na UFRN também são verificados no Projeto Político-Pedagógico da Licenciatura em Física da Universidade do Piauí (UFPI), no qual é denominada **Tópicos de Física do Meio Ambiente**. A disciplina mantém praticamente as mesmas características da disciplina **Física do Meio Ambiente** da UFRN. No entanto, na UFPI a preocupação gira em torno do aprendizado sobre o Equilíbrio Térmico da Terra e o Efeito Estufa; depois aparece uma discussão quanto à situação energética *versus* a ambiental e a Matriz energética do país. Também discute a poluição, em suas variadas formas; impactos ambientais; camada de ozônio e radiação cósmica.

Tanto na UFRN, quanto na UFPI essas disciplinas são de quatro créditos (60h) e discutem o mesmo tema central, as condições climáticas do planeta Terra, e são ofertadas nos respectivos períodos: 8º e 7º.

Na Universidade Federal da Bahia (UFBA) FMA é uma disciplina optativa e também de 04 créditos. É oferecida com o nome de **Física do Meio Ambiente**. Nessa ementa existe a presença de discussões acerca dos processos de dispersão na atmosfera e hidrosfera; balanço de energia na atmosfera e biosfera. É uma ementa extensa dividida em sete capítulos. O primeiro fala da estrutura do Sistema Solar e da Terra e vai do estudo sobre o Sistema Solar até uma análise sobre o tempo geológico. O segundo capítulo é sobre as propriedades físicas da atmosfera e biosfera e vai de uma análise geral sobre o tema ao estudo da composição química da atmosfera. O terceiro capítulo é o que mais se assemelha a ementa de Física do Meio Ambiente, justamente por discutir sobre a radiação do meio ambiente; leis da radiação; radiação solar (a camada de ozônio); radiação terrestre (efeito estufa ou aquecimento global); a equação do balanço de energia e o balanço de energia (anual e diário). Sistemas de Energia na Atmosfera e Hidrosfera é o título do capítulo quatro da ementa da disciplina da UFBA. Neste capítulo fala-se sobre a atmosfera e os oceanos; formação de nuvens e finaliza discutindo sobre os impactos na natureza causados pela ação humana. No capítulo cinco estuda-se a eletricidade na atmosfera, que como o próprio nome indica, são fenômenos elétricos na atmosfera, desde as propriedades elétricas até a formação de raios, são os objetos de estudo desse capítulo. O capítulo seis, fala sobre a transferência de momento, calor e massa. Portanto, estão aqui presentes os temas: a camada limite; vento e turbulências sobre camadas uniformes; transferência de calor por convecção e condução, bem como a transferência de massa, calor e momento. No capítulo sete estuda-se a emissão de poluentes e impactos de cometas e meteoros na Terra. Este é o último dessa longa ementa.

A título de informação, no Ceará, a disciplina **Introdução à Física da Atmosfera** é a que mais se aproxima do que estamos discutindo, pois são abordados os conteúdos: física da atmosfera; radiação solar; efeito estufa; o Sol e o sistema solar. Esta disciplina possui quatro créditos e é oferecida no oitavo período do curso de Licenciatura em Física.

Na Universidade Federal de Campina Grande, **Física do Meio Ambiente** aparece no Curso de Licenciatura em Química. Trata-se de uma disciplina optativa de quatro créditos. É a mesma disciplina, porém com o nome **Física e Meio Ambiente**. Na ementa se discute a poluição; energia e meio ambiente e ruídos e também se analisa as condições climáticas globais.

A Universidade do Vale do São Francisco (UNIFASF), além dessa Universidade está em processo de implantação também pertence, juridicamente, aos Estados da Bahia e de Pernambuco.

O **Quadro 2** traz os resultados da pesquisa na Região Sul onde, após verificarmos cuidadosamente no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de cada instituição, não encontramos em nenhuma Universidade essa disciplina nos Cursos de Licenciatura em Física.

Quadro 2. Existência da disciplina de FMA nas Universidades Federais da Região Sul – 2013.

<b>UNIVERSIDADES FEDERAIS DA REGIÃO SUL</b>	<b>SIGLA</b>	<b>EXISTE</b>
1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul	UFRGS	Não
2. Universidade Federal do Rio Grande	FURG	Não
3. Universidade Federal do Paraná	UFPR	Não
4. Universidade Tecnológica Federal do Paraná	UTFPR	Não
5. Universidade Federal do Pampa	UNIPAMPA	Não
6. Universidade Federal de Pelotas	UFPEL	Não
7. Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre	UFCSPA	Não
8. Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC	Não
9. Universidade Federal da Integração Latino-Americana	UNILA	Não
10. Universidade Federal de Santa Maria	UFSM	Não
11. Universidade Federal da Fronteira do Sul	UFFS	Não

**Fonte:** Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

Na Região Sudeste apenas o curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Alfenas possui essa disciplina, conforme indica o **Quadro 3**.

Quadro 3. Existência da disciplina de FMA nas Universidades Federais da Região Sudeste – 2013.

UNIVERSIDADES FEDERAIS DA REGIÃO SUDESTE	SIGLA	EXISTE
1. Universidade Federal do Rio de Janeiro	UFRJ	Não
2. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro	UNIRIO	Não
3. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	UFRRJ	Não
4. Universidade Federal Fluminense	UFF	Não
5. Universidade Federal de Minas Gerais	UFMG	Não
6. Universidade Federal de Ouro Preto	UFOP	Não
7. Universidade Federal de Lavras	UFLA	Não
8. Universidade de Juiz de Fora	UFJF	Não
9. Universidade Federal de Itajubá	UNIFEI	Não
10. Universidade Federal de Alfenas	UNIFAL	<b>Sim</b>
11. Universidade Federal de São João del-Rei	UFSJ	Não
12. Universidade Federal de Uberlândia	UFU	Não
13. Universidade Federal de Viçosa	UFV	Não
14. Universidade Federal do Triângulo Mineiro	UFTM	Não
15. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri	UFVJM	Não
16. Universidade Federal do Espírito Santo	UFES	Não
17. Universidade Federal de São Paulo	UNIFESP	Não
18. Universidade Federal de São Carlos	UFSCAR	Não
19. Universidade Federal do ABC	UFABC	Não

**Fonte:** Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

O **Quadro 3** mostra que na região Sudeste, apenas a Universidade Federal de Alfenas traz uma disciplina voltada para discutir as questões ambientais a partir dos conteúdos de Física. Essa se chama Física Ambiental. Mas, infelizmente disponibilizaram somente a matriz curricular, o que nos permitiu, apenas, verificar sua existência e oferta no sétimo período da Licenciatura em Física. Julgamos ser um período adequado, haja vista a necessidade do aluno em conhecer todo conteúdo de Física Básica, Mecânica; Termodinâmica; Ondas; Óptica e Eletromagnetismo, essenciais para o bom entendimento das questões que podem ser suscitadas em Física do Meio Ambiente.

Porém, enfatizo que Universidade de Alfenas não disponibiliza, pelos menos até o momento em que essa pesquisa se concretizou, a ementa de tal disciplina. Sendo assim, torna-se inviável lançarmos mão de uma reflexão sobre os temas abordados justamente por não termos acesso a eles.

Passaremos agora ao estudo dos resultados obtidos na Região Centro-Oeste. Nesta Região nenhuma Universidade Federal contempla tal disciplina, o

mesmo acontece com os resultados para a Região Norte. Como se pode notar nos **Quadros 4 e 5** que se seguem.

**Quadro 4. Existência da disciplina de FMA nas Universidades Federais da Região Centro-Oeste - 2013**

<b>UNIVERSIDADES FEDERAIS DA REGIÃO CENTRO-OESTE</b>	<b>SIGLA</b>	<b>EXISTE</b>
1. Universidade de Brasília	UNB	Não
2. Universidade Federal de Goiás	UFG	Não
3. Universidade Federal de Mato Grosso	UFMT	Não
4. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	UFMS	Não
5. Universidade Federal da Grande Dourados	UFGD	Não

**Fonte:** Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013)

As regiões Norte e Centro-Oeste são duas Regiões do país nas quais as condições climáticas carecem de bastante estudos científicos. A Centro-Oeste, pelas grandes extensões de monoculturas e pecuária, e Norte pelas condições haliêuticas. No entanto, não foi encontrada nenhuma disciplina, nas Licenciaturas em Física, com esse enfoque. Há registros, de disciplinas equivalentes à Física do Meio Ambiente, em cursos de Engenharia Ambiental e pós-graduação na área de meio ambiente.

**Quadro 5. Existência da disciplina de FMA nas Universidades Federais da Região Norte – 2013.**

<b>UNIVERSIDADES FEDERAIS DA REGIÃO NORTE</b>	<b>SIGLA</b>	<b>EXISTE</b>
1. Universidade Federal do Pará	UFPA	Não
2. Universidade Federal Rural da Amazônia	UFRA	Não
3. Universidade Federal do Oeste do Pará	UFOPA	Não
4. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará	UFSSP	Não
5. Universidade Federal do Amazonas	UFAM	Não
6. Universidade Federal do Amapá	UNIFAP	Não
7. Universidade Federal do Acre	UFAC	Não
8. Universidade Federal de Roraima	UFRR	Não
9. Universidade Federal de Rondônia	UNIR	Não
10. Universidade Federal do Tocantins	UFT	Não

**Fonte:** Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

Os gráficos a seguir sintetizam o que discutimos até o presente momento. Os cinco primeiros mostram a distribuição de Universidades Federais por cada Estado e que possuem, no curso de licenciatura em Física, a disciplina Física do Meio Ambiente ou equivalentes a esta como Tópicos de Física Ambiental; Física e Ciências da Terra; Ciências Ambientais; e Física Ambiental.

Observando a sequência dos Quadros começaremos pela Região Nordeste, como se pode notar, no **Gráfico 1** a distribuição de Universidades Federais nesta Região.

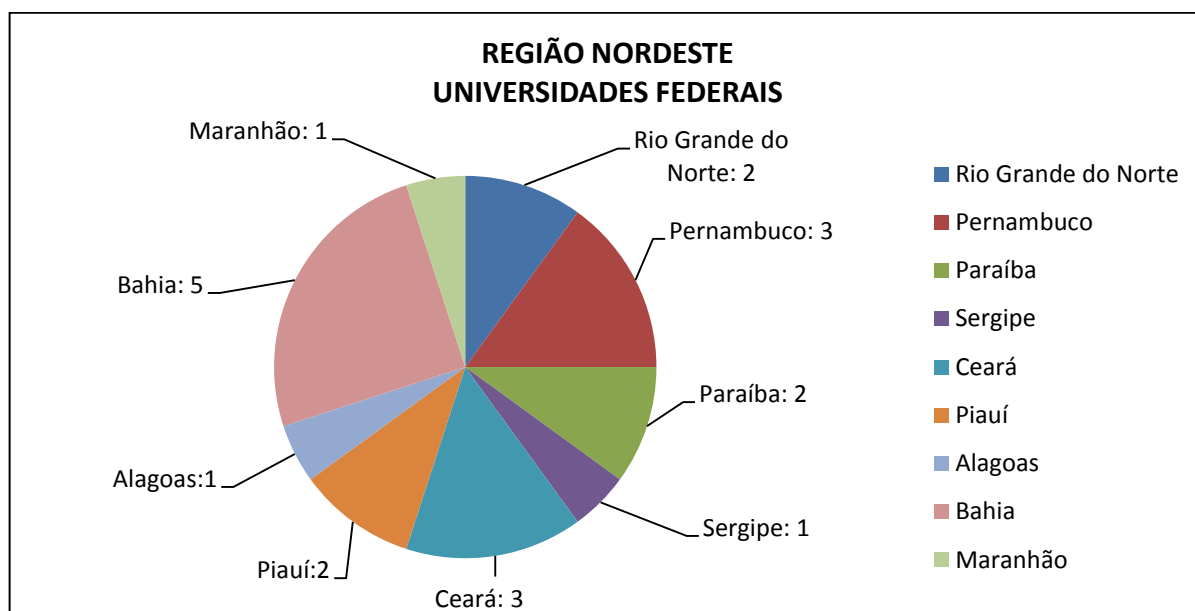


Gráfico 1. Distribuição de Universidades Federais por cada Estado da Região Nordeste – 2013.

O **Gráfico 1** mostra as 18 Universidades Federais existentes na Região Nordeste, cuja distribuição se dá da seguinte forma: 02 no Rio Grande do Norte; 03 em Pernambuco; 02 na Paraíba; 01 em Sergipe; 03 no Ceará; 02 no Piauí; 01 em Alagoas; 05 na Bahia e 01 no Maranhão.

As Universidades Federais do Sul da Bahia (UFESBA) e do Oeste da Bahia (UFOBA) tiveram sua implantação formalizada pelo Governo Federal em agosto de 2011. São universidades novas e que não possuem, nem a licenciatura em Física, nem a disciplina FMA.

Em situação semelhante, às Universidades citadas no parágrafo anterior, encontra-se a Universidade Federal do Cariri (UFRC) que até o momento em que se deu essa pesquisa ela estava em fase de implantação.

O **Gráfico 2** mostra a distribuição de Universidades Federais na Região Sul.

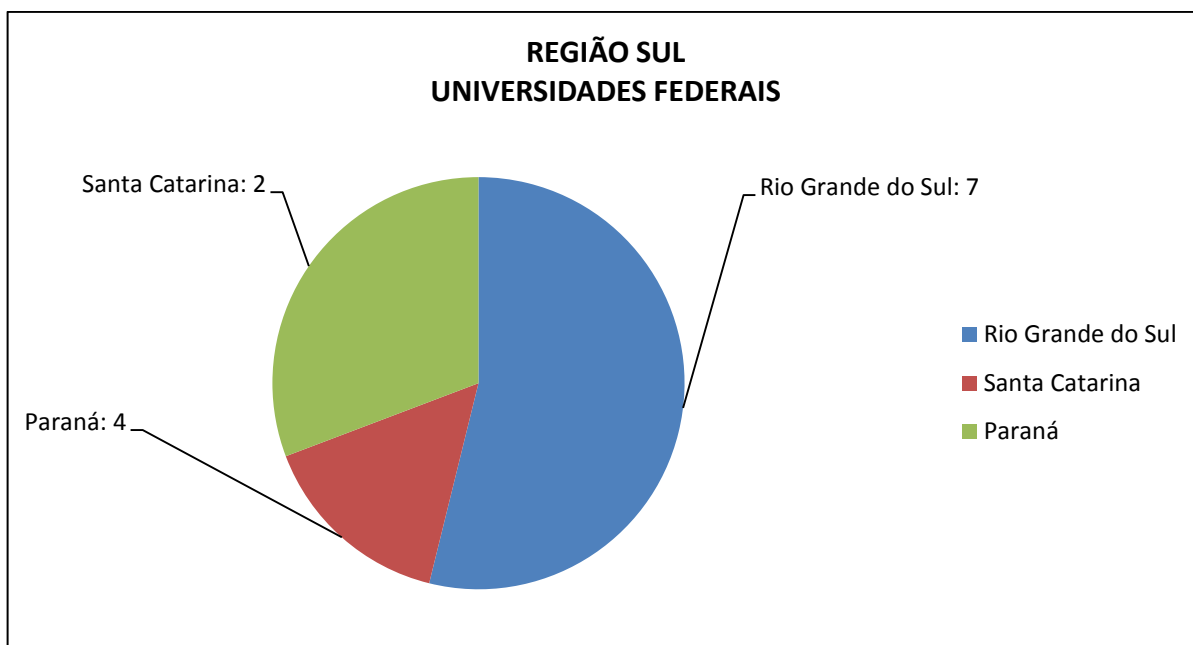


Gráfico 2. Distribuição de Universidades Federais por cada Estado da Região Sul – 2013.

A Região Sul possui 11 Universidades Federais distribuídas em: 07 no Rio Grande do Sul; 02 em Santa Catarina e 04 no Paraná. Não verificamos aqui nenhuma Universidade cuja Licenciatura em Física trouxesse a disciplina Física do Meio Ambiente ou equivalente. A Universidade Federal da Fronteira do Sul (UFFS) pertence, juridicamente, aos três Estados dessa região; Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul.

Na Região Sudeste, a UNIFAL possui na estrutura curricular da Licenciatura em Física a disciplina Física Ambiental. Não podemos falar muito sobre essa, uma vez que a Universidade não disponibilizou em seu *site* o Projeto Político Pedagógico do curso. Isso inviabiliza uma discussão mais ampla.

Essa Região possui 19 Universidades distribuídas assim: 11 em Minas Gerais; 04 no Rio de Janeiro; 03 em São Paulo e 01 no Espírito Santo. O **Gráfico 3** sintetiza essa distribuição.

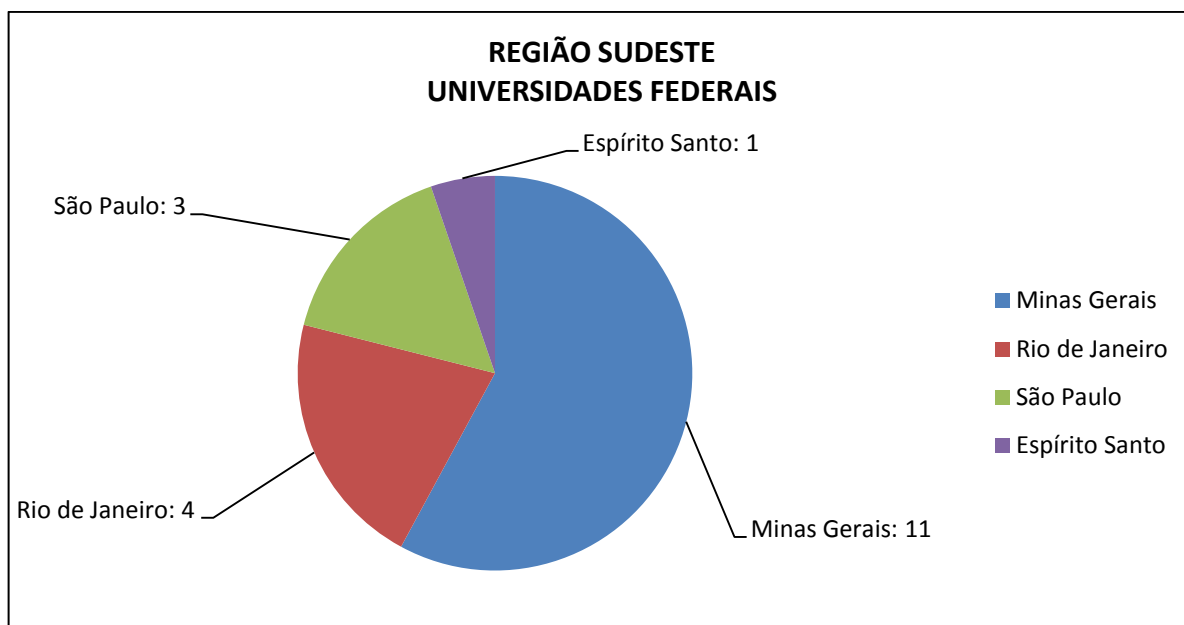


Gráfico 3. Distribuição de Universidades Federais por cada Estado da Região Sudeste – 2013.

Nas demais Regiões a disciplina não aparece em nenhum curso de Licenciatura em Física, portanto, nos limitaremos a mostrar como as Universidades estão distribuídas e algumas peculiaridades que porventura existam.

A Região Centro-Oeste possui 05 Universidades Federais, das quais 01 se encontra no Distrito Federal; 01 em Goiás; 01 no Mato Grosso e 02 no Mato Grosso do Sul. Podemos visualizar melhor essa distribuição no **Gráfico 4**.

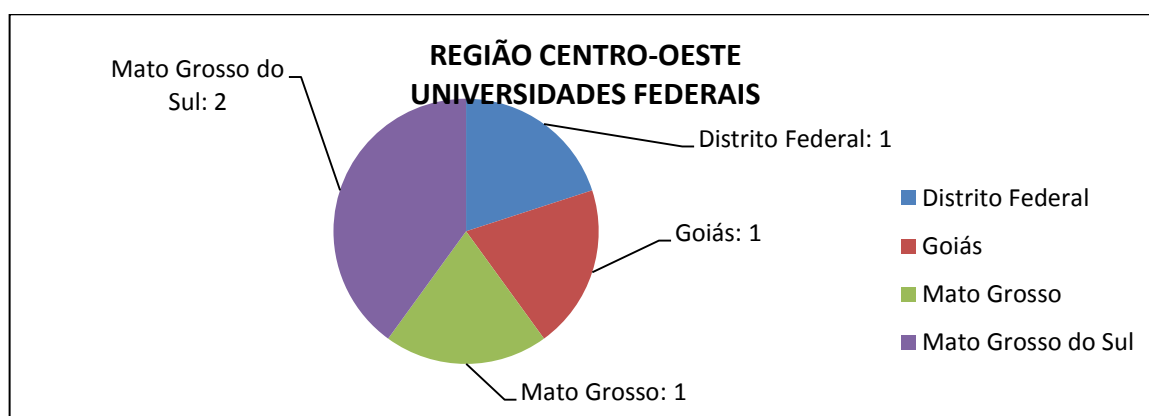


Gráfico 4. Distribuição de Universidades Federais por cada Estado da Região Centro-Oeste – 2013.

Para finalizar o levantamento sobre as Universidades Federais do Brasil falaremos agora da Região Norte. Nesta Região também não encontramos a disciplina em estudo, tampouco outras disciplinas equivalentes a ela.

A Região Norte possui 10 Universidades Federais distribuídas assim: 01 no Amazonas; 01 no Amapá; 01 no Acre; 01 em Roraima; 01 em Rondônia; 01 em Tocantins e 04 no Pará. A Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UFSSP) está em processo de implantação.

O **Gráfico 5** representa a divisão de Universidades para essa Região e conclui a pesquisa, neste subitem, sobre a existência ou não de FMA.

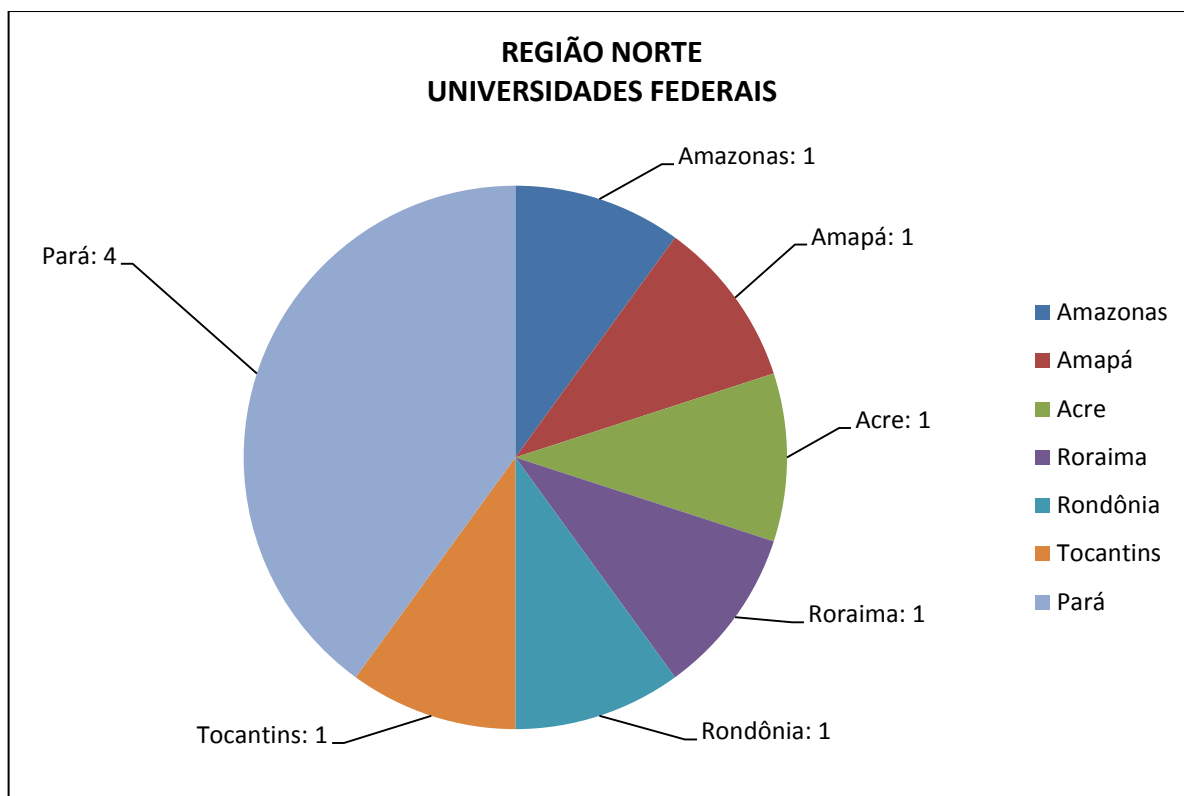


Gráfico 5. Distribuição de Universidades Federais por cada Estado da Região Norte – 2013.

A fim de facilitar nosso trabalho de pesquisa e a compreensão dos leitores, dividimos também por região a análise dos Institutos Federais. Os dados foram registrados em tabelas e gráficos, nos mesmos moldes usados para as Universidades Federais. Iniciaremos o estudo sobre os Institutos Federais com o **Quadro 6**.

Quadro 6. Existência da disciplina de FMA nos Institutos Federais da Região Nordeste – 2013.

INSTITUTOS FEDERAIS DA REGIÃO NORDESTE	SIGLA	EXISTE
1. Instituto Federal do Rio Grande do Norte	IFRN	Sim
2. Instituto Federal de Pernambuco	IFPE	Não
3. Instituto Federal do Sertão de Pernambuco	IFSertão-PE	Não
4. Instituto Federal da Bahia	IFBA	Não
5. Instituto Federal Baiano	IFBaiano	Não
6. Instituto Federal do Piauí	IFPI	Não
7. Instituto Federal do Maranhão	IFMA	Não
8. Instituto Federal do Ceará	IFCE	Não
9. Instituto Federal de Sergipe	IFS	Não
10. Instituto Federal da Paraíba	IFPB	Não
11. Instituto Federal de Alagoas	IFAL	Não

**Fonte:** Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

Na Região Nordeste o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) possui desde 2009 a disciplina Física do Meio Ambiente, no entanto, ela só passou a pertencer à grade curricular da Licenciatura em Física no ano de 2013, quando então, substituiu a disciplina Energia e Meio Ambiente.

Esta disciplina apresenta uma divisão de conteúdos e pré-requisitos semelhantes à da UFRN, com uma pequena diferença, a do IFRN discute a questão energética no Brasil. No IFRN essa disciplina é eletiva e de dois créditos (30h), enquanto na UFRN é obrigatória e tem o dobro de créditos (60h).

Na sequência a Região Sul é representada pelo **Quadro 7**. A disciplina em foco não aparece na grade curricular de nenhum curso de Licenciatura em Física dos Institutos dessa Região.

Quadro 7. Existência da disciplina de FMA nos Institutos Federais da Região Sul – 2013.

INSTITUTOS FEDERAIS DA REGIÃO SUL	SIGLA	EXISTE
1. Instituto Federal do Rio Grande do Sul	IFRS	Não
2. Instituto Federal do Paraná	IFPR	Não
3. Instituto Federal de Santa Catarina	IFSC	Não

**Fonte:** Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

A Região Sudeste é a que apresenta o maior número de cursos de Licenciatura em Física, nos Institutos Federais, com a disciplina em estudo. São eles o Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) e o Instituto Federal de São Paulo (IFSP). Como nos mostra o **Quadro 8**.

Quadro 8. Existência da disciplina de FMA nos Institutos Federais da Região Sudeste – 2013.

INSTITUTOS FEDERAIS DA REGIÃO SUDESTE	SIGLA	EXISTE
1. Instituto Federal do Rio de Janeiro	IFRJ	Sim
2. Instituto Federal de Minas Gerais	IFMG	Não
3. Instituto Federal do Espírito Santo	IFES	Não
4. Instituto Federal de São Paulo	IFSP	Sim

**Fonte:** Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

No IFRJ existem as disciplinas Ciências Ambientais I e II. A primeira faz uma abordagem, embora de forma qualitativa, análoga a que é feita em Física do Meio Ambiente do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A diferença está na bibliografia básica adotada, que em nosso entendimento destoa daquelas indicadas em Física do Meio Ambiente. Isso porque, embora em Ciências Ambientais I discutam efeito estufa, chuva ácida e composição da atmosfera, a bibliografia básica é sobre educação ambiental, ecologia e cidadania. Além disso, apontam como objetivo geral a compreensão das questões ambientais numa perspectiva econômica, social e política. Ciências Ambientais I é uma disciplina de 04 créditos (54h) e os temas abordados são: atmosfera terrestre; efeito estufa; chuva ácida e outros que fogem a alçada deste trabalho, uma vez que podem ser mais bem discutidos por Ecologistas ou Biólogos. Em Ciências Ambientais II se faz um estudo sobre a legislação ambiental vigente e o tratamento de resíduos industriais. Mais uma vez estamos diante de algo que não nos compete, por essa razão encerraremos aqui a análise de tal disciplina.

Passamos agora à ementa do curso de Licenciatura em Física do IFSP. Neste existe a disciplina Física e Ciências da Terra que possui 05 créditos (75h) e é oferecida no oitavo semestre. Ela aborda os estudos sobre as dinâmicas geológicas e climáticas do planeta Terra. Esta disciplina trata das contribuições da Física em áreas como a hidrologia, mineralogia, pesquisas de fontes renováveis de energia e poluição do ar. É uma ementa bem abrangente e discute a intervenção humana nos processos de mudanças climáticas do nosso planeta.

Nas Regiões Centro-Oeste e Norte não encontramos a disciplina Física do Meio Ambiente ou as que são semelhantes à esta, como mostram os **Quadros 9 e 10**.

Quadro 9. Existência da disciplina de FMA nos Institutos Federais da Região Centro-Oeste – 2013.

INSTITUTOS FEDERAIS DA REGIÃO CENTRO-OESTE	SIGLA	EXISTE
1. Instituto Federal de Brasília	IFB	Não
2. Instituto Federal de Goiás	IFG	Não
3. Instituto Federal Goiano	IFGoiano	Não
4. Instituto Federal de Mato Grosso	IFMT	Não
5. Instituto Federal de Mato Grosso do Sul	IFMTS	Não

Fonte: Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

Quadro 10. Existência da disciplina de FMA nos Institutos Federais da Região Norte – 2013.

INSTITUTOS FEDERAIS DA REGIÃO NORTE	SIGLA	EXISTE
1. Instituto Federal do Pará	IFPA	Não
2. Instituto Federal da Amazônia	IFAM	Não
3. Instituto Federal do Amapá	IFAP	Não
4. Instituto Federal do Acre	IFAC	Não
5. Instituto Federal de Roraima	IFRR	Não
6. Instituto Federal de Rondônia	IFRO	Não
7. Instituto Federal de Tocantins	IFTO	Não

Fonte: Elaborado pelo autor com informações disponíveis nos Sítios Oficiais das Universidades Pesquisadas (2013).

Na Região Nordeste existem 134 *campi* dos Institutos Federais distribuídos assim: <sup>2</sup>15 no Rio Grande do Norte; 14 em Pernambuco; 11 na Paraíba; 06 em Sergipe; 23 no Ceará; 11 no Piauí; 11 em Alagoas; 25 na Bahia e 18 no Maranhão, como mostra o Gráfico 6. Nessa contagem já estão incluídos os *campi* centrais de cada Estado.

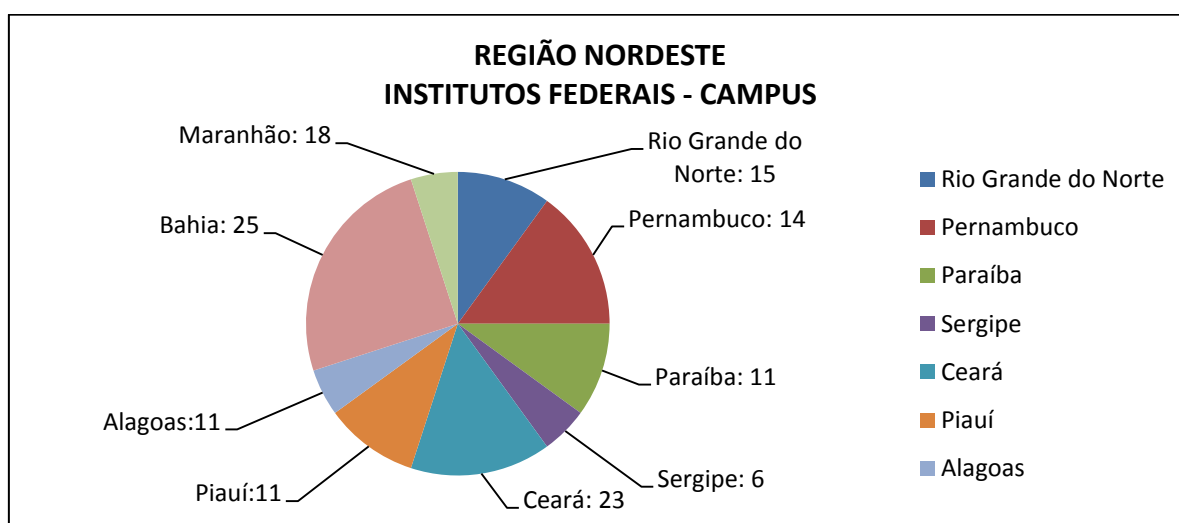


Gráfico 6. Distribuição de Institutos Federais por cada Estado da Região Nordeste – 2013.

<sup>2</sup> Esta pesquisa foi realizada no ano de 2013. Hoje (2014) o IFRN possui 20 *Campus*.

No Estado de Pernambuco, dos 14 *campi* existentes 09 pertencem ao Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) e 05 ao Instituto Federal do Sertão de Pernambuco (IFSertão-PE). O mesmo acontece na Bahia onde existem 25 *campi*, dos quais 15 pertencem ao Instituto Federal da Bahia (IFBA) e 10 ao Instituto Federal Baiano (IFBaiano).

A Região Sul tem 46 *campi* do Instituto Federal, cuja distribuição se deu da seguinte forma, 12 no Rio Grande do Sul; 19 em Santa Catarina e 15 no Paraná, conforme indica o Gráfico 7.

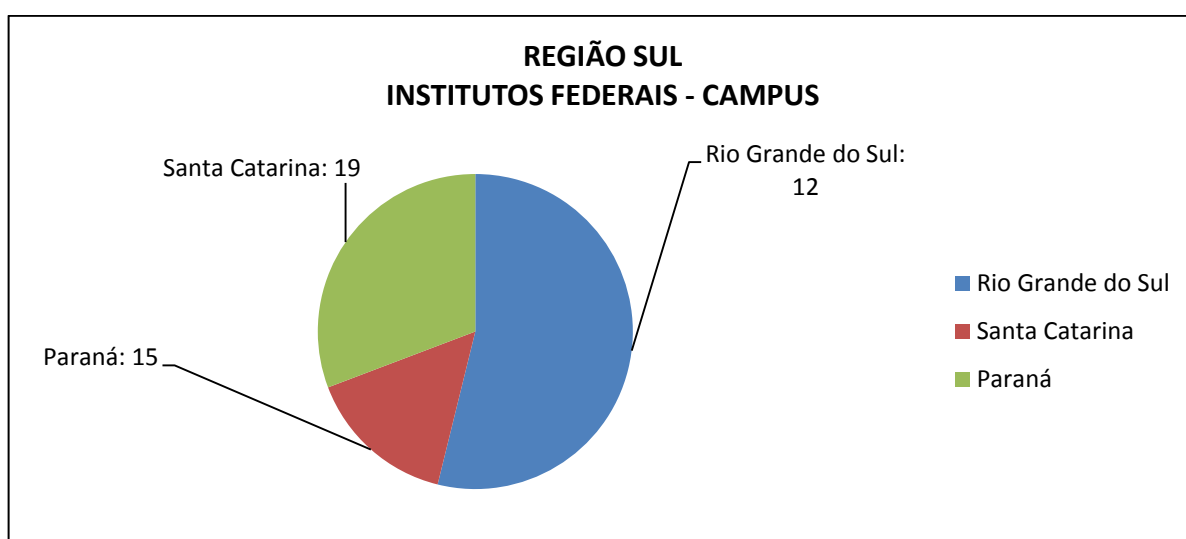


Gráfico 7. Distribuição de Institutos Federais por cada Estado da Região Sul – 2013.

Na Região Sudeste encontramos 69 *campi* dos quais 11 estão em Minas Gerais; 11 no Estado do Rio de Janeiro; 30 no Estado de São Paulo e 17 em Espírito Santo. Veja o Gráfico 8.

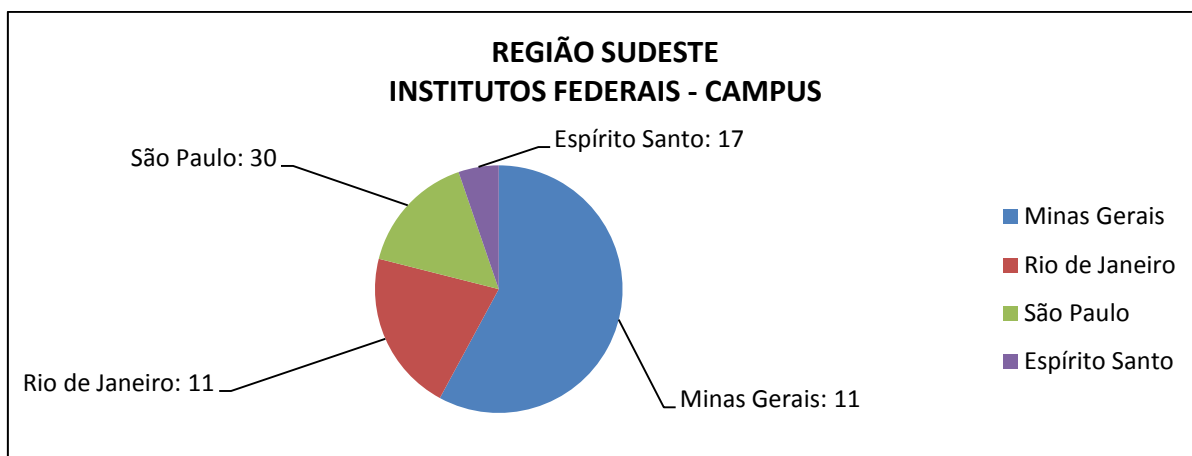


Gráfico 8. Distribuição de Institutos Federais por cada Estado da Região Sudeste – 2013.

Na Região Centro-Oeste são 45 *campi*, 09 no Distrito Federal; 15 em Goiás; 14 em Mato Grosso e 07 em Mato Grosso do Sul, como indica o Gráfico 9.

No Estado de Goiás dos 15 *campi* existentes 10 são do Instituto Federal de Goiás (IFG) e 05 são do Instituto Federal Goiano (IFGoiano).

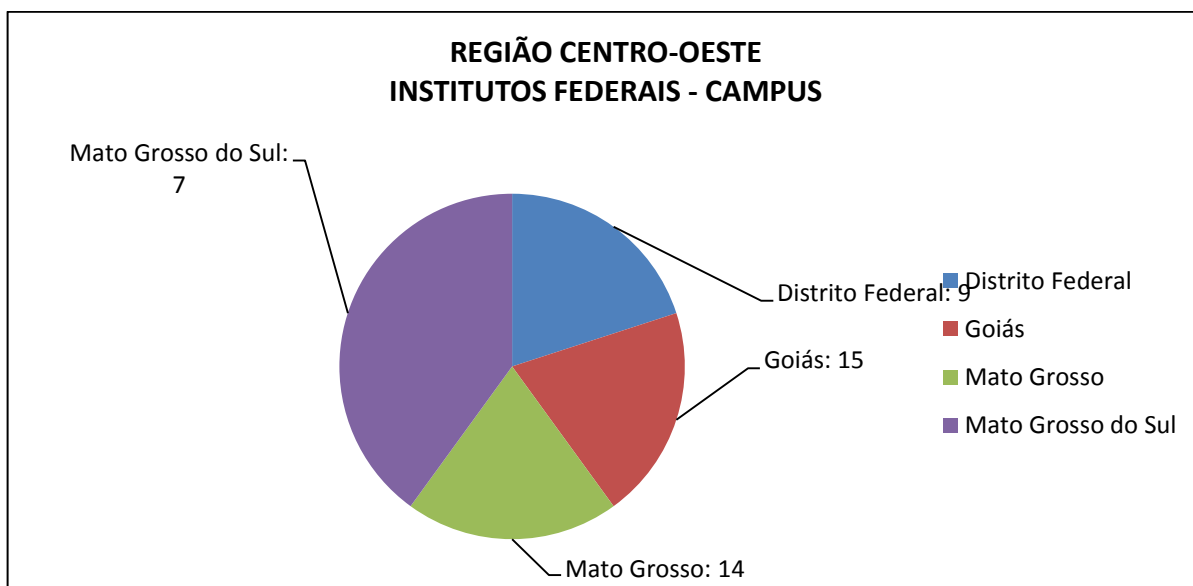


Gráfico 9. Distribuição de Institutos Federais por cada Estado da Região Centro-Oeste – 2013.

A Região Norte conta hoje com 48 *campi*, dos quais 10 estão no Amazonas; 02 no Amapá; 05 no Acre; 03 em Roraima; 08 em Rondônia; 06 no Tocantins e 14 no Pará. Veja o **Gráfico 10**.

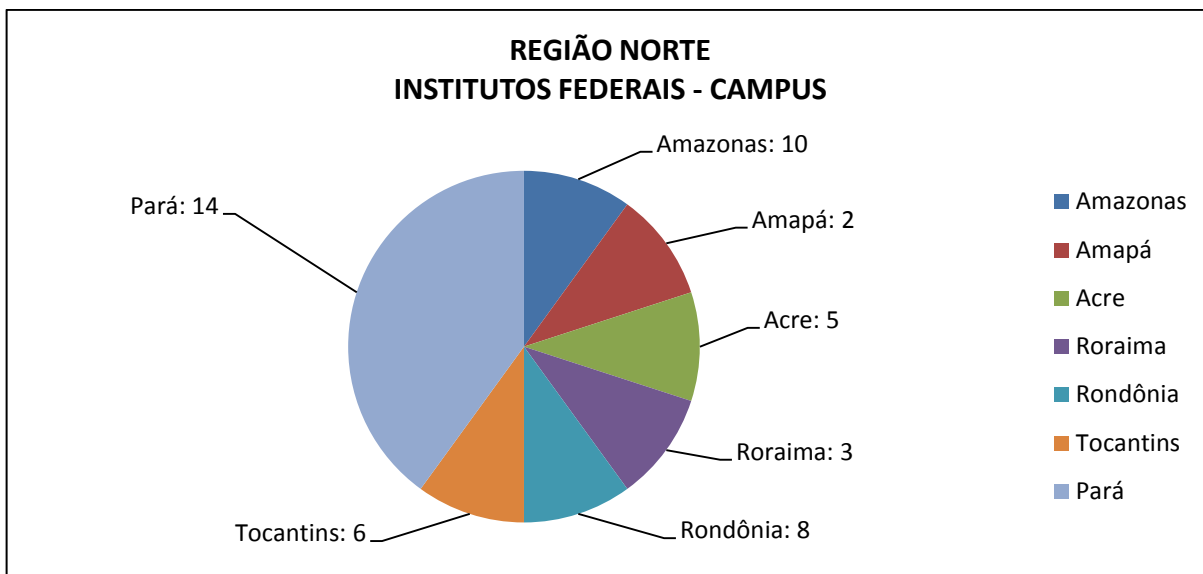


Gráfico 10. Distribuição de Institutos Federais por cada Estado da Região Norte – 2013.

Passamos agora a examinar a distribuição dos conteúdos e os objetivos presentes nas ementas da disciplina Física do Meio Ambiente que foram encontradas em quatro Universidades Federais e em três Institutos Federais.

### 1.3 ANÁLISE DAS EMENTAS DE FMA

Faremos uma análise da disciplina FMA e começaremos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Segundo Guedes (2013), na UFRN esta disciplina é obrigatória, possui 04 créditos e é oferecida no 8º semestre/período. Sua carga horária é dividida igualmente em aula práticas e teóricas. Exige como pré-requisito a disciplina Física Básica IV. Para discutir problemas ambientais, sob a perspectiva da Física, requer, do aluno, muita maturidade e conhecimento científico. Entendam maturidade como uma base sólida de conhecimentos teóricos e matemáticos.

Em Física Básica IV, estudam-se ondas mecânicas e eletromagnéticas; bem como os fenômenos relacionados a ondas: interferência, difração, vibração, reflexão, decomposição de *Fourier* entre outras. Também aparece o estudo da Óptica Geométrica. O 8º semestre/período é adequado para se discutir Física do Meio Ambiente, pois nessa fase, o aluno terá visto todas as disciplinas básicas, às quais na UFRN são classificadas como Física Básica de I a IV.

Na UFPI a disciplina é denominada de Tópicos de Física Ambiental, não é obrigatória e possui 04 créditos. Os conteúdos são similares aos da UFRN, porém, também discute sobre a Matriz Energética do Brasil, onde se discute, por exemplo, a construção de hidrelétricas, termoelétricas e a exploração das fontes de energia renováveis. Também discutem sobre os impactos ambientais causados devido às construções de hidrelétricas e usinas nucleares. O objetivo é formar um professor capaz de ensinar sobre os fenômenos ambientais com o olhar da Física.

Na UFBA é denominada de Física do Meio Ambiente. Além disso, é disciplina optativa e com 04 créditos. Exige do discente um conhecimento teórico em Física semelhante ao exigido em cálculo, assemelhando-se também às exigências da UFRN. A ementa é dividida em sete capítulos e entendemos que dificilmente o professor conseguirá abarcá-los num único semestre. Os objetivos consistem em introduzir os alunos nos fundamentos da Física Aplicada ao Meio Ambiente, mostrando que é um campo de pesquisa ativa e atual, pondo em realce os aspectos definitivamente assentados na problemática ambiental da Terra, bem como aqueles que ainda se acham em aberto.

As três ementas citadas nos parágrafos anteriores são de Universidades localizadas na Região Nordeste. Na Região Sudeste analisaremos a disciplina FMA no Curso de Licenciatura em Física da UNIFAL. Nesta Universidade a disciplina é intitulada Física Ambiental. Ela é ofertada no sétimo período e possui dois créditos.

A partir de agora analisaremos a disciplina FMA nos Cursos de Licenciatura em Física dos Institutos Federais e começaremos pelo IFRN. Nesta instituição de ensino, a disciplina aparece com o nome Física do Meio Ambiente, possui 02 créditos e não é obrigatória. A discussão em torno desta disciplina é essencialmente teórica. Como pré-requisito exige-se as disciplinas: Fluidos e Termodinâmica; Eletromagnetismo Básico; Ondas e Óptica. A disciplina FMA ainda elenca, como objetivos, estudar os princípios físicos no uso da energia; conhecer as fontes de energia ambiental; abordar as questões ambientais (aquecimento global, resíduos radiativos e os resíduos sólidos); compreender as consequências atuais e futuras das alternativas energéticas, bem como suas implicações nas mudanças ambientais, sociais e econômicas. Em seus conteúdos encontramos os temas energia; mecânica da energia; energia solar; energia nos sistemas biológicos; poluição do ar e uso de energias; aquecimento global, destruição da camada de ozônio e resíduos de calor;

efeitos e usos da radiação; fontes alternativas de energia e a questão energética no Brasil.

No IFRJ a disciplina aparece com o nome de Ciências Ambientais I, sendo obrigatória, de 04 créditos e oferecida no 7º semestre/período. Como pré-requisito exige-se a disciplina Biologia Geral I. Notamos pela ementa que é feita uma discussão análoga a que é feita em Física do Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte; porém com aspectos qualitativos. Em seu conteúdo encontramos alguns temas similares são eles: educação ambiental; atmosfera terrestre (características e principais problemas ambientais); composição da atmosfera; a camada de ozônio; efeito estufa; chuva ácida e hidrosfera (características e principais problemas ambientais).

Para finalizarmos as análises destas ementas veremos um caso atípico. Trata-se da ementa do Curso de Licenciatura em Física do IFSP. Neste instituto existe uma disciplina denominada Física e Ciências da Terra oferecida no 8º semestre/período. Não foi possível saber se a disciplina é ou não obrigatória. O conteúdo é extenso e abarca estudos sobre: a concepção da natureza; as dinâmicas geológicas e climáticas do planeta, bem como da intervenção humana em todas essas dinâmicas; contribuições da Física – no ramo da hidrologia, mineralogia e pesquisas de fontes de energia renováveis – e poluição do ar.

É relevante destacar os pontos em comum entre as seguintes disciplinas: Física do Meio Ambiente; Tópicos de Física Ambiental; Física Ambiental; Ciências Ambientais e Física e Ciências da Terra, como mostra o **Quadro 11**.

Quadro 11. Conteúdos em comum nas disciplinas que discutem Física e Meio Ambiente – 2013.

Instituições	Disciplinas	Pontos em comum
UFRN	Física do Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia e a questão ambiental.</li> <li>• Efeito estufa.</li> <li>• Aquecimento global.</li> <li>• Camada de ozônio.</li> <li>• Radiação cósmica e seus efeitos.</li> <li>• Atmosfera (estudo sobre a composição e as características da atmosfera).</li> <li>• Matriz energética no Brasil.</li> <li>• Poluição e impactos ambientais no ar, água e solo.</li> <li>• O impacto das atividades Humanas sobre o Meio Ambiente.</li> </ul>
UFPI	Tópicos de Física Ambiental	
UFBA	Física do Meio Ambiente	
UNIFAL	Física Ambiental	
IFRN	Física do Meio Ambiente	
IFRJ	Ciências Ambientais I	
IFSP	Física e Ciências da Terra	

**Fonte:** Elaborado pelo autor com as informações disponíveis nos Sítios oficiais das Universidades Federais e dos Institutos Federais pesquisados (2013).

Em apenas três IEs o título da disciplina coincide. E como se pode notar, nos pontos em comum, existe uma grande preocupação quanto ao aquecimento do planeta e seus efeitos, uma vez que os temas centrais em todas as matrizes são: aquecimento global; efeito estufa; radiação cósmica e camada de ozônio. Tudo se resume em entendermos como modificamos a dinâmica do planeta e de que maneira seremos afetados por tal mudança.

De acordo com os autores Rebouças (2003) e Marengo (2006), a escassez d'água apropriada para o consumo humano e a forma como geramos energia elétrica são dois dos grandes problemas que a humanidade deverá enfrentar num futuro próximo. Por isso, acreditamos ser comum às disciplinas a preocupação em se discutir matrizes energéticas e geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Usar os recursos energéticos do planeta de maneira equilibrada e sem causar danos à natureza será o maior desafio da humanidade. Mas, para que isso aconteça é necessário que, antes, entendamos a dinâmica do planeta Terra; a movimentação das placas tectônicas; a composição atmosférica; o processo de formação de nuvens; o ciclo de energia da Terra; que entendamos mais sobre a ionosfera e a exosfera.

Percebamos, também, que antes de qualquer investimento em aparatos tecnológicos é imprescindível o investimento na formação acadêmica do indivíduo. Afinal, de que servirá, por exemplo, uma supermáquina se não houver um profissional capacitado para manuseá-la? A disciplina Física do Meio Ambiente

poderá ser relevante no processo de formação de um indivíduo tornando-o capaz de discutir, analisar, aferir e apontar caminhos para uma possível solução dos problemas ambientais – sem qualquer tipo de sensacionalismo que é tão comum na política e nos desprovidos de conhecimento – apropriando-se para isso do saber científico.

No entanto, parece existir um contrassenso, pois mesmo sendo relevante para a formação dos futuros docentes, a disciplina Física do Meio Ambiente ainda não se firmou nos centros acadêmicos do nosso país, ainda não conquistou o mesmo espaço das demais disciplinas elencadas no núcleo específico dos cursos de Licenciatura em Física como pudemos observar neste levantamento, pois das sessenta e três Universidades Federais existentes em nosso país, apenas quatro possuem a disciplina. Das quatro é obrigatória apenas na UFRN. O mesmo acontece com os Institutos Federais que possuem 342 *campi* espalhados pelo Brasil (essa conta já inclui os *campi* centrais de cada Estado). Nesses, a disciplina aparece na estrutura curricular de apenas três Institutos e somente no IFRJ ela é obrigatória.

Assim, são muitos os desafios para que a disciplina supracitada seja contemplada por um número maior de Licenciaturas em Física. No Rio Grande do Norte, Guedes (2013) propõe, em seu trabalho de dissertação, uma reformulação na ementa da disciplina Física do Meio Ambiente da UFRN, fazendo uma reflexão acerca das competências e habilidades a serem trabalhadas com os alunos de graduação.

Salientamos que este trabalho percorre um caminho paralelo ao que foi trilhado por Guedes (2013). Enquanto Guedes discute o conteúdo a ser trabalhado e a estruturação da ementa de FMA, nosso estudo está voltado para como a disciplina Física do Meio Ambiente vem sendo ofertada no Brasil.

Propusemos uma Unidade Didática que possibilitasse aos professores trabalharem tais competências e habilidades inerentes aos conhecimentos em Física, bem como àqueles utilizados como suporte no entendimento das questões ambientais.

## [CAPÍTULO 2]

### **O DESAFIO DE CONVERTER INFORMAÇÃO EM CONHECIMENTO NAS LICENCIATURAS EM FÍSICA**

---

Este capítulo traz uma discussão sobre o desafio de converter informação em conhecimento. Então, num primeiro momento falamos sobre a formação inicial de professores, principais responsáveis por converter informação em conhecimento no processo de ensino e aprendizagem formal.

Em seguida, mantendo a mesma perspectiva discutimos sobre a nova cultura da aprendizagem, na qual ressaltamos o papel da escola na formação do cidadão, na construção do conhecimento. Destacamos também o papel do professor e do aluno, bem como as formas de ensinar dos docentes.

Para discutir competências buscamos amparo em estudiosos como Zabala e Arnau (2010) e Sacristán (2011). Também abordamos as fragilidades dos nossos sistemas educacionais, principalmente quando o assunto é ensinar e avaliar o estudante.

Finalizamos o capítulo, mostrando o quanto é complexo e delicado incorporar, na prática do professor, metodologias que proporcionem o desenvolvimento de habilidades e competências. Contudo, embora o objetivo seja o de convergir e apontar soluções existem muitas definições, muitos entendimentos sobre o significado de aprendizagem significativa, competências e habilidades que devem ser compreendidas pelos professores.

#### 2.1 FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA

Partilhamos do entendimento de que a aprendizagem deve ser motivadora, significativa e capaz de aguçar a criatividade do aluno. O discente é peça integrante e fundamental na construção do conhecimento. Deve, portanto, sentir-se parte dessa construção.

Uma nova postura deve ser assumida pela escola, e principalmente, pelos professores, qual seja a de promover educação capaz de fazer sentido para o aluno, capaz de oferecer, a este, elementos que o ajudem a vivenciar na prática o conhecimento adquirido em sala de aula.

Estamos falando de uma metodologia, cuja fundamentação teórica não esteja alicerçada no método tradicional de ensino. Insistimos numa mudança metodológica. No entanto, a eficácia dessa mudança depende do valor que os professores atribuem ao ensino e a aprendizagem.

Por essa razão, nos preocupamos em propor uma Unidade Didática, na qual o aprendizado se desenvolva através de uma metodologia problematizadora. Ela foi oferecida numa turma de Licenciatura em Física, especificamente na disciplina FMA.

Para se promover uma mudança, do ponto de vista metodológico, não é suficiente apenas dominar os conteúdos de Física. Ao professor se faz necessário, também, quebrar uma rotina associada a um ensino tradicional. A abordagem teórica deve enfatizar o desenvolvimento de competências de conhecimento, o raciocínio, sobretudo, atitudes e comunicação, além disso, deve desenvolver nos alunos um pensamento crítico sobre o fazer científico.

Nos estudos de Baptista encontramos que:

De acordo com Guskey (1986, 2002), para que os professores alterem as suas concepções têm, em primeiro lugar, que mudar as suas práticas e conhecerem a influência dessa mudança nos resultados das aprendizagens dos seus alunos (GUSKEY, 1986; 2002 *apud* BAPTISTA, 2010, p.4).

Os professores devem introduzir em suas práticas situações capazes de provocar indagações do tipo: como os fenômenos naturais acontecem? Isso deve ser feito respeitando e utilizando o conhecimento prévio do aluno. O objetivo desse tipo de atitude é o de estabelecer às bases do conhecimento científico tendo como um dos aliados o senso comum do estudante.

As concepções prévias dos alunos devem ser investigadas e conduzidas pelo professor. Estas concepções, muitas vezes alternativas, poderão se apresentar como percussoras importantes para novos conhecimentos. Concepções alternativas, comumente em desacordo com os conhecimentos científicos no contexto de sala de aula, são extremamente resistentes a mudanças pois são decorrentes de aprendizagem significativa corroborada em muitas situações do cotidiano do aluno. Os conceitos e teoremas-embora contidos nas concepções prévias dos alunos podem não ser verdadeiros teoremas e conceitos científicos mas poderão evoluir para tal. O professor, em sua ação mediadora, deverá identificar em quais conhecimentos prévios o aluno poderá apoiar-se para aprender orientar esta mudança conceitual (FACCHINELLO; MOREIRA, 2008, p. 16).

Consideramos, assim, como função primordial de um professor, nos dias atuais, fazer com que o aluno adquira competências que possam aplicar na vida social e no mundo do trabalho. (ALBANO *et al.*, 2010, p. 13).

O ato de ensinar não se constitui em transmitir conhecimentos. O papel do professor é muito mais árduo e complexo. Baptista (2010, p. 10) nos ensina a seguinte lição: “A formação de professores constitui um momento importante para a partilha de conhecimentos, desenvolvimento de competências investigativas e reflexivas, e realização de aprendizagens”.

Ghedin (2012), também corrobora esse entendimento, quando afirma que:

[...], a importância do papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa fica evidente e entre suas atribuições principais estão, segundo Moreira (1999), identificar a estrutura conceitual e os princípios unificadores da matéria com maior propriedade integradora; [...]; diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a assimilação por parte do aluno, auxiliando-o a organizar sua própria estrutura cognitiva de forma clara e transparente, ou seja, de modo que este seja capaz de comunicar o conhecimento aprendido (GHEDIN, 2012, p. 251).

Os parágrafos seguintes trazem uma síntese de nossa pesquisa sobre a formação de professores, principalmente no tocante a formação inicial de professores; objeto de nosso interesse.

A literatura relacionada com a formação de professores evidencia que, mesmo após vários anos de tentativa de inovação, as concepções dos professores permanecem quase inalteradas. Apesar dos esforços de pequenos grupos que apostam em novas experiências, estas acabam por não ter impacto e serem pouco divulgadas, reforçando a necessidade de se investir nesta área (ALONSO, 2002 *apud* BAPTISTA, 2010, p.10).

Estudos recentes apontam uma enorme deficiência na formação inicial de professores no Brasil. É sabido que o avanço tecnológico traz mudanças capazes de influenciar o comportamento da sociedade, conseqüentemente a educação também está inserida nesta seara.

O Brasil é signatário de um documento denominado “Declaração Mundial sobre Educação para Todos”. Trata-se de um documento sobre a valorização mundial da educação, ele foi assinado por nosso país no ano de 1990 em Jomtien, na Tailândia. Fazer parte de tal intento aumenta nossa responsabilidade para com a educação, principalmente, em oferecer ao mercado de trabalho professores mais qualificados.

Como fazer para melhorar a formação inicial de nossos professores? É uma pergunta pertinente, para a qual a resposta depende de inúmeros aspectos que contribuem direta ou indiretamente para a melhoria da qualidade do ensino.

Não faz parte de nossa empreitada explicar estes aspectos, mas podemos discorrê-los aqui, a fim de norteá-los nessa discussão. Os aspectos constituem-se desde a adequação do currículo da escola; a preocupação com o projeto político-pedagógico; a participação dos pais e da comunidade no processo educacional dos filhos; a articulação da escola com a sociedade; a utilização de materiais didáticos e pedagógicos adequados, e muitos outros.

Sem perdermos o foco voltemos, pois, a falar sobre a formação inicial de professores. No Brasil existe um documento oficial para dar conta dessas e outras questões inerentes à educação. Estamos falando da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Ela entrou em vigência na data de 20/12/1996 e no seu Art. 13, traz incumbências para os professores.

Art. 13. Os docentes incumbir-se-ão de:

- I – participar da elaboração da proposta pedagógica do estabelecimento de ensino;
- II – elaborar e cumprir plano de trabalho, segundo a proposta pedagógica do estabelecimento de ensino;
- III – zelar pela aprendizagem dos alunos;
- IV – estabelecer estratégias de recuperação para os alunos de menor rendimento;
- V – ministrar os dias letivos e horas-aula estabelecidos, além de participar integralmente dos períodos dedicados ao planejamento, à avaliação e ao desenvolvimento profissional;
- VI – colaborar com as atividades de articulação da escola com as famílias e a comunidade. (BRASIL, 2013, p.15).

Das incumbências dispostas no Artigo 13, a do inciso III enfatiza a exigência de que o professor deve zelar pela aprendizagem do aluno, reforçando a discussão sobre a formação qualificada dos professores. Encontramos amparo nas palavras de Albano (2010) quando diz: “Para garantir essa aprendizagem, o professor não pode improvisar, precisa ter conhecimentos e habilidades de um profissional que realmente saiba o que dele se espera.” (ALBANO *et al*, 2010, p. 17).

Na LDB existe uma parte específica sobre a formação de professores – Título VI: Dos Profissionais da Educação – cuja temática estende-se dos Artigos 61 ao 67. Vale lembrar que foram feitas alterações nesta parte, então vejamos, após as modificações, como ficou a redação do Artigo 62.

<sup>3</sup>Art. 62. A formação de docentes para atuar na educação básica far-se-á em nível superior, em curso de licenciatura, de graduação plena, em universidades e institutos superiores de educação, admitida, como formação mínima para o exercício do magistério na educação infantil e nas quatro primeiras séries do ensino fundamental, a oferecida em nível médio, na modalidade Normal.

§ 1º A União, o Distrito Federal, os Estados e os Municípios, em regime de colaboração, deverão promover a formação inicial, a continuada e a capacitação dos profissionais de magistério.

§ 2º A formação continuada e a capacitação dos profissionais de magistério poderão utilizar recursos e tecnologias de educação a distância.

§ 3º A formação inicial de profissionais de magistério dará preferência ao ensino presencial, subsidiariamente fazendo uso de recursos e tecnologias de educação a distância. (BRASIL, 2013, p. 35-36).

A nova redação do Artigo 62 preceitua que as instituições de ensino superior ofereçam ao mercado de trabalho professores com uma formação acadêmica sólida. Estudiosos como Baptista (2010) e Albano *et al* (2010) acreditam que uma formação docente, bem realizada, é capaz de promover o desenvolvimento das habilidades necessárias para a condução com qualidade do processo pedagógico em sala de aula.

A aposta na qualidade continua a ser um objetivo central a se atingir, seja em relação à formação de professores, no tocante aos níveis político e de investigação, como em termos das instituições formadoras, nos níveis das escolas e dos agrupamentos. Por isso a questão da competência docente, no quadro de um processo de desenvolvimento profissional responsável e comprometido, é crucial para a melhoria da qualidade da educação e também da motivação e da realização profissional dos docentes (ALBANO *et al.*, 2010, p.20).

Por causa de sua importância social a preocupação com a formação de professores vem cada vez mais ganhando espaço nos trabalhos acadêmicos. O professor contribui na formação do indivíduo enquanto cidadão, enquanto profissional. Daí existir o clichê “não existem outras profissões se antes não existir a de professor”.

Não alcançamos ainda o patamar desejado, mas existe uma pequena mobilização por parte do Governo Federal em qualificar melhor esses profissionais, quer seja durante a formação inicial ou continuada. O professor é, sem dúvida, uma das molas-mestra dessa engrenagem chamada sociedade.

---

<sup>3</sup> *Caput* com redação dada pela Lei nº 12.796, de 4-4-2013.

Na sociedade contemporânea, cada vez se torna mais necessário o trabalho do professor como mediação nos processos constitutivos da cidadania dos alunos, o que concorre à superação do fracasso e das desigualdades escolares. (FAZENDA,1998, p. 161 *apud* ALBANO, 2010, p.22).

Por que oferecer aos professores cursos de aperfeiçoamento? Os conhecimentos adquiridos na universidade não são suficientes? Vivemos um momento da história no qual a sociedade está imersa em profundas e rápidas mudanças em todas as suas esferas, uma prova disso são os muitos recursos tecnológicos implantados no sistema de ensino.

No século XXI muitas escolas dispõem de computadores com acesso à *internet* e às plataformas de ensino. Estas plataformas contêm um banco de dados com *softwares* educacionais, vídeos educativos, livros gratuitos, e propostas experimentais. Essa é a realidade a ser vivenciada por professores dessa nova geração de estudantes. Como já havíamos sinalizado, em sua prática pedagógica o professor deve dominar outras ferramentas além do conteúdo específico de sua disciplina.

Diante da sociedade em que vivemos hoje “no mundo da globalização e da *internet*, nenhum emprego será o mesmo. Para encarar estas transformações o profissional deve se preparar: antes de tudo é preciso estar aberto para atuar em várias áreas e saber lidar, cada vez mais com a tecnologia e aperfeiçoar as relações humanas”. (EUFRÁSIO, 2000, p. 21, grifo no original).

É bem verdade que a formação inicial do professor está diretamente associada a cada momento histórico vivido pela sociedade a qual pertence. O sistema dita as regras e estabelece o tipo de profissional a ser absorvido pela sociedade. Este jogo é muito transparente.

Se o que dissemos anteriormente é pertinente, então, devemos nos indagar sobre como será o professor do futuro? Examinando a história da educação, no Brasil e no mundo, nos cercamos de uma certeza; a formação do professor não se inicia e nem se encerra nos espaços destinados a ela.

É na vivência da sala de aula que ela ganha corpo; no planejamento, no pensar e repensar a prática pedagógica que ela ganha força. Existe um relatório, da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI, organizado por Jacques Delors que serve de referência para a educação atual e do futuro, além de apontar os alicerces em que elas devem se apoiar:

- aprender a conhecer: este tipo de aprendizagem visa o domínio dos próprios instrumentos de conhecimento, necessários para se viver dignamente, para desenvolver as capacidades profissionais e para a comunicação. Em outras palavras, seu fundamento é aprender a aprender;
- aprender a fazer: esta aprendizagem está mais ligada à questão da formação profissional, em que prepara as pessoas para enfrentarem numerosas situações e a trabalharem em equipe;
- aprender a viver juntos: desenvolver consciência das semelhanças e da interdependência entre todos os seres humanos, para que juntos possam realizar projetos e resolver conflitos, com a tendência de gerar a paz;
- aprender a ser: educação que deve contribuir para o desenvolvimento total da pessoa, nos seguintes sentidos: (espírito e corpo, inteligência, sensibilidade, estético, responsabilidade pessoal e espiritualidade) que ensinam a agir nas várias circunstâncias da vida. (KULLOK, 2000, p. 46).

O trabalho de Kullook (2000) reflete sobre não ser mais possível se admitir um ensino memorístico, sem significação para o aluno. A citação feita anteriormente revela, o entendimento da Comissão supracitada, quais são os pilares que sustentarão a educação do século XXI. Tudo isso tem reflexo na formação inicial do professor.

Desde o início dos seus trabalhos os membros da Comissão compreenderam que seria indispensável, para enfrentar os desafios do século XXI, assinalar novos objetivos à educação e, portanto, mudar a ideia que se tem da sua utilidade. Uma nova concepção ampliada de educação devia fazer com que todos pudessem descobrir, reanimar e fortalecer o seu potencial criativo – revelar o tesouro escondido em cada um de nós. Isto supõe que se ultrapasse a visão puramente instrumental da educação, considerada como a via obrigatória para obter resultados determinados. (DELORS, 2001, p. 90).

O professor bem qualificado garante o desenvolvimento pessoal do aluno e assegura uma profissão. Discute-se também um ensino inovador estruturado em iniciativas do docente que transcendam as paredes da sala de aula, isso porque o professor é protagonista quando se trata do desenvolvimento cultural e científico de uma nação. Não pretendemos ser retóricos, tão pouco prolixos, mas nossa fala cá estar a desaguar, mais uma vez, no ponto nevrálgico da questão. A formação dos professores.

Delors (2001) nos ensina que:

A relação entre o ritmo do progresso técnico e a qualidade da intervenção humana torna-se, então, cada vez mais evidente, assim como a necessidade de formar agentes económicos aptos a utilizar as novas tecnologias e que revelem um comportamento inovador. Requerem-se novas aptidões e os sistemas educativos devem dar respostas a esta necessidade, não só assegurando os anos de escolarização ou de

formação profissional estritamente necessários, mas formando cientistas, inovadores e quadros técnicos de alto nível (DELORS, 2001, p. 71).

## 2.2 A NOVA CULTURA DA APRENDIZAGEM: DA INFORMAÇÃO AO CONHECIMENTO

Há uma preocupação na maneira como estamos ensinando ciências, em particular como estamos ensinando Física. Nossos alunos de graduação estão inseridos numa sociedade exigente quando o assunto é o conhecimento. Vivemos um paradoxo, pois quanto mais nossos discentes estudam, maiores são as dificuldades em se aprender o exigido pela sociedade moderna.

Nas palavras de Pozo (2007),

Nossa sociedade vive momentos paradoxais do ponto de vista da aprendizagem. Por um lado, há cada vez mais pessoas com dificuldades para aprender aquilo que a sociedade exige delas, o que, em termos educacionais, costuma ser interpretado como um crescente fracasso escolar (POZO, 2007, p.34).

A informação nos chega por vários caminhos de comunicação e a escola já não é mais, para os estudantes, a fonte primária do conhecimento. O estudante do século XXI tem acesso à rede mundial de computadores (internet) e é nela que buscam quase todas as informações que precisam. No entanto, o acesso a informação ainda não constitui conhecimento.

Preocupamo-nos com a maneira como os discentes de Física estão recebendo tais informações, ou melhor, se estão recebendo e como estão transformando-as em conhecimento. Um exemplo disso são os noticiários que: apontam para o derretimento das calotas polares; para o avanço do mar em algumas áreas litorâneas do planeta; indicam o aquecimento acelerado e a poluição indiscriminada.

Depurar, tratar e depois transformar a informação em conhecimento representa um dos grandes desafios da educação no século XXI e para isso, segundo Pozo (2007), seguramente a sociedade contemporânea exige novas formas de alfabetização (literária, gráfica, informática e científica).

Dado que a escola já não pode proporcionar toda a informação relevante, porque esta é muito mais volátil e flexível que a própria escola, o que se pode fazer é formar os alunos para terem acesso e darem sentido à

informação, proporcionando-lhes capacidades de aprendizagem que lhes permitam uma assimilação crítica da informação (POZO; POSTIGO, 2000 *apud* POZO, 2007, p.35).

Ao trazermos à baila um tema de relevância indiscutível para a política, economia e ciência – qual seja, o aquecimento global – notamos dois posicionamentos basilares nessa discussão: um defendendo a existência, enquanto o outro defende a inexistência do tão aclamado aquecimento global.

Vivemos momentos de incerteza em todos os campos do conhecimento, e já não é mais relevante aprender verdades estabelecidas e indiscutíveis, importante mesmo é aprender a conviver com as perspectivas e a relatividade das teorias; reflexo da complexidade manifestada pela própria existência humana.

O aluno precisa se inserir nesse universo das múltiplas interpretações dadas à informação, e a partir desse envolvimento construir seu próprio ponto de vista sobre o mundo ao seu redor. Todo nosso conhecimento configura um modelo de representação do real, trata-se de uma reconstrução ou reinterpretação do mundo real.

Não cabe mais à educação proporcionar aos alunos conhecimentos como se fossem verdades acabadas; ao contrário, ela deve ajudá-lo a construir seu próprio ponto de vista, sua verdade particular a partir de tantas verdades parciais (POZO, 2007, p. 35).

A ideia de Pozo encontra amparo nas palavras de Morin, quando este faz a seguinte afirmativa: “conhecer e pensar não significa chegar à verdade absolutamente certa, mas sim dialogar com a incerteza.” (MORIN, 2000, p.59).

O ensino deve ser condicionado à preocupação com o desenvolvimento de competências, como as de natureza afetiva ou social. Uma nova cultura da aprendizagem requer ensinar aos alunos a partir de áreas distintas do currículo.

Pozo (2007) aponta cinco tipos de capacidades para a gestão metacognitiva do conhecimento, a saber: Competências para a aquisição da informação; Competências para a interpretação da informação; Competências para análise da informação; Competência para a compreensão da informação; Competência para a comunicação da informação. (POZO; POSTIGO, 2000 *apud* POZO, 2007, p.36).

Devemos atentar para a forma como “ensinamos” e como os alunos “aprendem”. Uma mudança na postura metodológica do professor exige deste uma reflexão sobre a própria prática. O papel do novo professor, em qualquer nível de

ensino, não é o de reproduzir o livro didático, mas o de provocar no discente o senso crítico sobre como e o por quê do funcionamento do objeto de estudo.

O papel do professor é o de construir conhecimento com seus alunos, agir num espaço-tempo do qual seja orientador, não detentor do saber. Tudo isso requer profundas mudanças, mas, acreditamos já serem dados os primeiros passos nesse sentido, conforme transcrevemos a seguir.

Todavia, mudar as formas de aprender dos alunos requer também mudar as formas de ensinar de seus professores. Por isso, a nova cultura da aprendizagem exige um novo perfil de aluno e de professor, exige novas funções discentes e docentes, as quais só se tornaram possíveis se houver uma mudança de mentalidade, uma mudança nas concepções profundamente arraigadas de uns e de outros sobre a aprendizagem e o ensino para encarar essa nova cultura da aprendizagem (POZO; PEREZ; ECHEVERRÍA, 2001 *apud* POZO, 2007, p.36).

### 2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

Há décadas o Ensino de Física no Brasil tem como base a memorização de conteúdos e equações que parecem ser desvinculadas da realidade. Isto é, parece não existir ligação alguma entre o que se aprende em sala de aula e a vida (NARDI, 1998).

Para Nardi (1998), os alunos são levados a memorizarem os assuntos, cuja finalidade restringe-se ao desenvolvimento escrito desse conhecimento numa prova e não para aplicá-los. É possível que decorar conhecimentos acarrete uma dificuldade de aplicação dos conteúdos na vida real.

Quando um profissional executa seu trabalho de maneira ineficiente é comum ouvirmos que este não é competente, uma vez que não consegue aplicar na prática os conhecimentos adquiridos no âmbito acadêmico. A mesma ideia equivale na educação e se o professor não consegue fazer seu aluno associar teoria e prática, certamente não terá alcançado os objetivos de sua aula muito menos desenvolvido nesse aluno a competência desejada. (ZABALA; ARNAU, 2010). Mas, afinal o que é competência? De onde advém tal vocábulo e como ele se insere no contexto educacional?

Segundo Zabala e Arnau (2010), o termo competência surgiu, no âmbito empresarial, na década de 1920 para designar o que caracteriza uma pessoa ser

capaz de realizar determinada tarefa real de forma eficiente. Na educação ela foi inserida, inicialmente, nos estudos de formação profissional para que mais tarde pudesse se estender de forma generalizada aos demais níveis de ensino.

Imagine um estudante que faz um curso técnico profissionalizante, ele cursa as disciplinas gerais e específicas, certo? O problema é que durante a formação, para algumas profissões, o que se verifica é a centralização de alguns conhecimentos, enquanto as habilidades para o desenvolvimento da profissão são ignoradas. (ZABALA; ARNAU, 2010).

Essa mesma organização também é encontrada nos programas oficiais dos cursos superiores, onde as disciplinas estão distribuídas por assuntos; por blocos de conhecimentos. Não bastasse o fato de se ignorar as habilidades inerentes à futura profissão do discente, também vem ocorrendo uma redução na aprendizagem de alguns conhecimentos. Com isso ignoram-se também as habilidades inerentes à futura profissão. (ZABALA; ARNAU, 2010).

Para Ghedin (2012), a dissociação entre teoria e prática distancia ainda mais a aplicação do conhecimento adquirido na vida profissional. O que estamos querendo dizer é que, muitas vezes, o aluno traz conhecimentos prévios oriundos do próprio trabalho, mas, estes quase sempre são ignorados, então, o que ele aprende em seu curso médio, profissionalizante ou superior parece não pertencer ao mesmo universo de suas atividades profissionais.

Se nos detivermos no âmbito da educação escolar, e analisarmos as propostas curriculares de grande parte dos países, poderemos verificar de que forma a pressão dos estudos universitários, por um lado, e uma concepção generalizada sobre o valor intrínseco dos saberes teóricos, por outro, deram lugar a uma educação que priorizou os conhecimentos sobre sua capacidade para serem aplicados na prática, apesar das declarações explícitas defendendo um ensino baseado na formação integral, esta entendida como o desenvolvimento de todas as capacidades da pessoa para poder intervir de modo eficaz nos diferentes âmbitos da vida (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 18 e 19).

Segundo Zabala e Arnau (2010), os países de tradição católica, imbuídos de uma componente filosófica platônica, promovem o saber pelo próprio saber. Enquanto os países de tradição calvinista, fundamentados numa componente filosófica aristotélica, valorizam a capacidade aplicativa do conhecimento.

No Brasil, do século XXI, os alunos terminam o Ensino Médio com um único objetivo bem definido, o de ser aprovado numa seleção quer seja o Exame Nacional

do Ensino Médio (ENEM), Vestibular ou qualquer outra seleção equivalente. O saber escolar está a serviço do saber universitário. O saber pelo saber está atrelado à concepção de um sistema escolar propedêutico e seletivo. (KULLOK, 2000).

Zabala e Arnau (2010), afirmam ainda que durante sua vida estudantil o discente é submetido a várias etapas de conhecimento, elas vão sendo superadas e na medida em que isso acontece cresce a possibilidade de se conquistar uma posição superior à que ele está. Essa sequência de etapas a serem vencidas começa no ensino infantil como preparação para o fundamental, este para o ensino médio que por fim, por meio do vestibular, constitui uma preparação para que o aluno ingresse no Ensino Superior.

Num sistema escolar propedêutico e seletivo o ensino é tido como um trajeto de superação de etapas sucessivas mediadas, cada uma delas, pelas demandas da etapa superior. Nessa busca e tentativa de superar etapas do conhecimento é que se determina quais conteúdos são prioritários para superar provas de vestibular ou outros exames com igual consistência, em detrimento dos conteúdos necessários para o desenvolvimento de todas as capacidades do ser humano. (SACRISTÁN, 2011).

Essa postura de desenvolvimento da disciplina sob a concepção do saber pelo saber leva à depreciação da prática sobre a teoria. É preciso entender que o papel da escola é formar cidadãos e cidadãs que usufruam, em toda sua plenitude, dos conhecimentos adquiridos. No entanto, a escola parece ter assumido a função única de criar o caminho que leve o aluno à universidade. (GHEDIN, 2012).

Entre os profissionais da educação, professores e pedagogos, lamentavelmente ainda persiste, na maioria dos casos, a ideia equivocada de que quem sabe “já sabe fazer e sabe ser”.

A concepção de que quem sabe “já sabe fazer e sabe ser”, atualmente inaceitável – considerando o conhecimento científico e o próprio senso comum –, é utilizada ainda por um bom número de profissionais do ensino ao considerar que pelo fato de saber, por exemplo, morfossintaxe, geometria, princípio de Arquimedes ou fotossíntese, alguém já saberá escrever, interpretar as relações entre os elementos de um corpo de três dimensões, a lógica da natação ou os critérios para a poda de um arbusto. (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 20, grifos do autor).

Para Santos (2014), ensinar requer muita cautela, muito cuidado, pois ao se ensinar algum conteúdo, algum tema, algum saber científico é preciso levar em

consideração os procedimentos metodológicos, as estratégias e as habilidades inerentes a esse saber. Ignorá-los seria catastrófico.

O ensino de determinado tema deve vir com o pressuposto e a preocupação em desenvolver atitudes e valores na formação do discente enquanto aluno e cidadão. No entanto, o ensino parece não caminhar nessa perspectiva. (SANTOS, 1999).

Para Zabala e Arnau (2010), a pressão do saber teórico e acadêmico, bem como as ideias errôneas sobre a aprendizagem e a transferência dos saberes, determinaram a preponderância dos conhecimentos factuais e conceituais e fizeram com que, para a maioria dos professores, a expressão “conteúdos de ensino” se limitasse apenas aos conhecimentos.

O ensino deve ser baseado em competências, pois quando da ausência deste o que se nota é uma desconexão entre teoria e prática. Isso é denominado de crise dos referentes tradicionais. As mudanças na própria universidade, a pressão social sobre a necessária funcionalidade das aprendizagens e a função social do ensino propiciam falar de um ensino baseado no desenvolvimento de competências. (ZABALA; ARNAU, 2010, p.21).

De acordo com Sacristán (2011), competência tornou-se um termo comum entre aqueles, que direta ou indiretamente, fazem a educação. Os currículos escolares, as práticas pedagógicas e as ações docentes estão sendo construídas no intuito de serem competentes.

Causa-nos enorme suspeita o vocábulo competência, porque através dele lembramos outros termos com igual finalidade educacional, nos levando a crer que este se trata de outro que agora surgiu noutra roupagem (SACRISTÁN, 2011). Mas, o que de fato é competência? Ou melhor, o que há de novo sobre o que denominamos competência, sobretudo no âmbito escolar?

A que mundo nos leva essa forma de *educar por competências*? Para uns, nos conduz a uma sociedade de indivíduos eficientes na grande engrenagem do sistema produtivo, a qual requer uma adaptação às exigências da competitividade das economias em um mercado global. Outros consideram que é um movimento que enfoca a educação como um adestramento, um planejamento em que a competência resume o leque das amplas funções e os grandes objetivos individuais ou coletivos, intelectuais, afetivos... da educação. Para outros, estamos diante da oportunidade de reestruturar os sistemas educacionais por dentro, superando o ensino baseado em conteúdos antigos pouco funcionais, obtendo, assim, uma sociedade não apenas eficiente, mas também justa, democrática e inclusiva. O que essas esperanças têm de verdade, o que têm de ilusório,

para onde conduzem suas pouco pensadas aplicações? (SACRISTÁN, 2011, p. 8, grifos do autor).

Entendemos que, o ensino deva ser funcional e acima de tudo ser completo de sentido e significado, se essa postura nos dará, como resultado da aprendizagem, um ensino baseado em competências, nada podemos afirmar. Sacristán nos ensina que,

O conceito de competência é tão confuso, acumula significados diversos e temos tão pouca experiência para analisar como se poderia realizar na prática, que cabe analisá-lo detidamente e discuti-lo, dando a oportunidade de que, a partir dos avanços produzidos, boas práticas surjam e se desenvolvam. (SACRISTÁN, 2011, p. 9).

É relevante saber quais fatores foram responsáveis pela ascensão do ensino baseado no desenvolvimento de competências. Zabala e Arnau (2010, p.21) explicam sobre cada um desses fatores dando-nos os pormenores em cada discussão. Vejamos.

1º fator: mudanças na própria universidade, instituição que, apesar de ser pouco dada a inovações, a partir da necessidade de convergência europeia, está se replanejando profundamente, tanto sua estrutura quanto seus conteúdos. Nesse processo existem diversos pontos de vista sobre a extensão e as características das diferentes áreas universitárias; no entanto, não está sendo objeto de controvérsia o fato de que os conteúdos dos distintos cursos universitários estejam configurados em torno das competências.

2º fator: a maior pressão social sobre a necessária funcionalidade das aprendizagens força a introdução das competências. A constatação da incapacidade de boa parte dos cidadãos escolarizados para saber utilizar os conhecimentos que, teoricamente, possuem, ou que foram aprendidos em seu tempo escolar, em situações ou problemas reais, sejam cotidianos ou profissionais, está incidindo na necessidade de revisar o caráter das aprendizagens.

3º fator: função social do ensino, esse fator é determinante e, para nós, o que verdadeiramente agrupa as necessidades da sociedade e, portanto, do sistema educacional (ZABALA; ARNAU, 2010, p.21).

Nosso país é democrático em direitos e deveres, assim preconiza a Carta Magna, a lei maior, nossa Constituição Federal de 1988. Portanto, para uma sociedade inserida em tal contexto é inadmissível a existência e predominância de um sistema educacional seletivo e propedêutico. (GHEDIN, 2012). O ensino deve possibilitar ao indivíduo o desenvolvimento pessoal, para que assim cresça em todas as etapas de sua vida, bem como formar nesse cidadão todas as competências

essenciais que contribuam também com seu desenvolvimento interpessoal, social e, sobretudo, profissional.

O ensino deve ser para todos, independentemente de suas possibilidades profissionais. Formar em todas as etapas as capacidades do ser humano, com a finalidade de poder responder aos problemas que a vida apresenta, se converte, assim, na finalidade primordial da escola. A formação integral da pessoa como função básica, em lugar da **função propedêutica**. Um ensino que não esteja baseado na seleção dos “melhores”, mas sim que cumpra uma **função orientadora** que facilite a cada um dos alunos o acesso aos meios para que possam se desenvolver conforme suas possibilidades, em todas as etapas da vida. (ZABALA; ARNAU, 2010, p.22, grifos do autor).

A ONU, UNESCO e OCDE são instâncias internacionais com competências no campo educacional. Elas defendem a posição de que a função da escola deve consistir na formação integral da pessoa, para que esta seja capaz de responder aos problemas que a vida imporá.

No informe elaborado para UNESCO, pela Comissão Internacional sobre a Educação para o Século XXI, no ano de 1996: (*La educación en cierra um tesoro*) foram apontados os pilares fundamentais para uma educação baseada em competências. São eles: *saber conhecer; saber fazer; saber ser e saber conviver*.

Diante da fragilidade encontrada na formação inicial do estudante e da predominância da teoria sobre a prática, se constatou uma necessária e urgente revisão nos currículos tradicionais de ensino. Essa revisão ocorreu em três níveis de exigência, cada qual com seu grau de aprofundamento e revisão dos currículos tradicionais.

Os níveis de exigência que devem ser introduzidos no ensino são três: a conversão para competências dos conteúdos tradicionais, basicamente de caráter acadêmico; a necessidade de formação profissionalizante; e a decisão de um ensino orientado à formação integral das pessoas. (ZABALA; ARNAU, 2010, p.23).

O estudante, acima de tudo, precisa saber relacionar e aplicar em situações reais o conteúdo visto em sala de aula, ou seja, embora se mantenha a mesma estrutura de divisão conteudista tradicional esse conhecimento possui, agora, funcionalidade. Estamos falando sobre a conversão dos conteúdos tradicionais em competências.

Não é suficiente saber [...] uma lei física [...], o que realmente interessa é a capacidade de aplicar o conhecimento à resolução de situações ou problemas reais. (ZABALA; ARNAU, 2010, p.23)

Esse nível de transformação no currículo é menos transgressor, porém, provoca mudanças profundas, uma vez que os conteúdos trabalhados são os mesmos, mas as aulas precisam ser mais dinâmicas e envolventes (cativantes), completamente distintas do modelo tradicional de ensino, cujo caráter predominante é ser transmissivo. (BEZERRA, 2009).

No entendimento de Sacristán (2011), quando a formação do discente requer um conhecimento técnico, específico para determinado campo de atuação, cabe ao professor ir além de sua formação primeira e ampliar seus conhecimentos, uma vez que nesses casos específicos alguns conteúdos não proveem de disciplinas tradicionais integrantes dos currículos de formação dos licenciados.

O método usado na avaliação é outro ponto preocupante em nosso sistema educacional. A maneira como avaliamos, na melhor das hipóteses, parece tangenciar o problema atrelado à formação básica de nossos discentes, uma vez que as características das provas de avaliação podem definir, não só o que se aprende mais também como se aprende determinado conteúdo. (KULLOK, 2000).

Que o professor é mediador no processo de ensino, disso a grande maioria de pesquisadores não discorda. O problema está nas estratégias de ensino e na avaliação que são escolhidas. O trabalho com o desenvolvimento de competências tem se mostrado um caminho viável, no sentido de que a competência consista de uma intervenção eficaz nos diferentes âmbitos da vida do estudante. Isso pode ser alcançado por meio de ações que mobilizem ao mesmo tempo e de maneira inter-relacionada, componentes atitudinais, procedimentais e conceituais. (ZABA; ARNAU, 2010).

Até o presente momento enfatizamos a importância de se trabalhar e desenvolver competências. Mas afinal, como se deu a construção do conceito de competência? De que forma ela pode ser aplicada na educação? São indagações pertinentes que responderemos no decorrer dos próximos parágrafos.

[...] o conceito de competência surge de posições basicamente funcionais, ou seja, com relação ao papel que devem cumprir para que as ações humanas sejam o mais eficiente possível. (ZABALA; ARNAU, 2010, p.27).

Existem diversas maneiras para descrever o que devemos entender por competência. Diante da urgente necessidade em conceituá-la foram surgindo, no

decorso dos anos, definições que se complementavam e outras demasiadamente distintas.

Essas definições e interpretações ocorreram tanto no meio profissional, quanto na educação. Este último é de nosso maior interesse. A seguir mostraremos tais definições na visão de vários autores, a saber: McClelland (1973); Lloyd MecLeary (Cepeda, 2005); a OIT (2004); Ministério do Trabalho e Assuntos Sociais (1995); Dicionário Enciclopédico Larouse; INEM (1995); Trembaly (1994) e Le Botef (2000); todos eles trazem uma definição dentro do campo profissional (ZABALA; ARNAU, 2010).

Quando se trata de educação encontramos outras interpretações para o conceito de competências. Citaremos aqui as proferidas pelo Conselho Europeu (2001); pela Universidade Espanhola de Eurydice – CIDE (2002); pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2002); a que foi citada no documento-base para o Currículo Basco (AA.VV, 2005); pelo Conselho da Catalunha (2004); por Monereo (2005) e por Perrenoud (2001) *apud* Zabala e Arnau (2010).

Vamos agora analisar a definição dada por cada um deles, a começar pelas definições de natureza profissional. O que se sucede agora foi extraído da obra, Como aprender e ensinar competências, de Zabala e Arnau (2010).

MecClelland é apontado como criador do conceito de competência quando se trata da atuação profissional. A definição dada por ele está centrada na função da competência em si. Ele também faz uma relação entre a função e a qualidade dos resultados. MecClelland (1973) *apud* Zabala e Arnau (2010) definiu competência como uma forma de avaliar o que realmente causa um rendimento superior no trabalho.

Lloyd Mcleary (Cepeda, 2005) *apud* Zabala e Arnau (2010), definiu competência como:

[...] a presença de características ou a ausência de incapacidades as quais tornam uma pessoa adequada ou qualificada para realizar uma tarefa específica ou para assumir um papel definido (ZABALA; ARNAU, 2010, p.28).

A Organização Internacional do Trabalho ou dos Trabalhadores (OIT) define competência como a capacidade de realizar, de forma efetiva, a realização de

tarefas ele exalta o êxito no cumprimento das atribuições de um indivíduo no ambiente de trabalho. Segundo a OIT (2004) *apud* Zabala e Arnau (2010), em síntese, competência seria a Capacidade efetiva para realizar com êxito uma atividade laboral plenamente identificada.

Implicitamente a OIT refere-se à presença ou a ausência, no indivíduo, de condições necessárias para a realização de uma atividade em seu ambiente de trabalho, sendo atribuído a este as adjetivações, pessoa adequada ou qualificada para um papel explicitamente definido.

O Ministério do Trabalho e Assuntos Sociais (1995) *apud* Zabala e Arnau (2010), por meio do Decreto Real 797/1995 define competência como:

Capacidade de aplicar conhecimentos, habilidades e atitudes ao desempenho da ocupação em questão, incluindo a capacidade de resposta a problemas imprevistos, a autonomia, a flexibilidade e a colaboração como entorno profissional e com a organização do trabalho (ZABALA; ARNAU, 2010, p.29).

A definição anterior está centrada na realização de tarefas específicas, portanto, relaciona competência à habilidade e capacidade, bem como autonomia e flexibilidade para a realização de tarefas específicas.

O Dicionário Enciclopédico Larousse é enfático e defini competência dizendo que:

Nos assuntos comerciais e industriais, a competência é o conjunto de conhecimentos, qualidades, capacidades e aptidões que permitem discutir, consultar e decidir sobre o que diz respeito ao trabalho. Supõe conhecimentos específicos, uma vez que considera que não há competência completa se os conhecimentos teóricos não são acompanhados pelas qualidades e pela capacidade, as quais, por sua vez, permitem executar as decisões que essa competência sugere. (ZABALA; ARNAU, 2010, p.29).

Essa definição é estrutural uma vez que aponta as componentes intrínsecas às competências, são elas: conjunto de conhecimentos; habilidades; capacidades e aptidões. Nessa definição é transparente o esclarecimento que os conhecimentos devem ser aplicados.

INEM (1995) *apud* Zabala e Arnau (2010):

As competências profissionais definem o exercício eficaz das capacidades que permitem o desempenho de uma ocupação, ou seja, relacionam-se aos

níveis requeridos em um emprego. Trata-se de algo do conhecimento técnico, o qual faz referência ao saber e ao saber fazer. O conceito de competência engloba não apenas as capacidades requeridas para o exercício de uma atividade profissional, como ainda um conjunto de comportamentos, capacidade de análise, de tomada de decisão, transmissão de informação, etc., considerados necessários para o pleno desempenho. (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 29-30).

Para o INEM (1995) *apud* Zabala e Arnau (2010), competência é a eficácia na realização de determinada tarefa sob algumas condições bem definidas. Essas condições seriam, por exemplo, a capacidade de análise, tomada de decisão e transmissão de informação, essenciais para o pleno desempenho do estudante.

Tremblay *apud* Zabala e Arnau (2010) insere o conceito de esquemas operacionais, quando relaciona conhecimentos e procedimentos. O indivíduo é exposto a uma situação em que ele deve resolver, de forma eficaz, uma tarefa ou um problema.

Imaginem vocês a situação em que um professor de Física pretenda calcular, de maneira simples, a temperatura média global do planeta Terra. Exigir-se-á desse professor conhecimentos, principalmente, sobre a Radiação do Corpo Negro e sobre a Lei de Stefan-Boltzmann.

A situação hipotética, criada no parágrafo anterior, parece se adequar perfeitamente à definição dada por Le Boterf *apud* Zabala e Arnau (2010) sobre competência. Não cometeremos nenhum equívoco se pensarmos assim, já que Le Boterf mantém a ideia dos esquemas operacionais, mas amplia o conceito de competência quando faz referência aos recursos que são mobilizados, integrados em conhecimentos, redes de informação, redes de relação e o saber fazer.

Le Boterf *apud* Zabala e Arnau (2010), entende que:

Competência é a sequência de ações que combina diversos conhecimentos, um esquema operativo transferível a uma família de situações. (...) A competência é uma construção, o resultado de uma combinação relacionada a vários recursos (conhecimentos, redes de informação, redes de relação, saber fazer). (ZABALA; ARNAU, 2010, p.30).

Há três lições que podemos aprender sobre tudo que até agora foi explicitado. Primeira lição: as competências têm como finalidades a realização de tarefas eficazes ou excelentes. Segunda lição: as tarefas estão relacionadas às especificações de uma ocupação ou desempenho profissional claramente definido,

dentro de um contexto real de aplicação. Terceira lição: as competências implicam a realização prática de um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes.

O Quadro 12 mostra as definições de competência, no campo profissional.

Quadro 12. Definições de competência em âmbito profissional.

	Dimensão Semântica				Dimensão Estrutural
	O que é?	Para quê?	De que forma?	Onde?	Por meio de
McClelland	Aquilo	que realmente causa um rendimento superior		no trabalho	
McLeary	Presença de características ou ausência de incapacidades	Pessoa adequada para realizar tarefas específicas			
OIT	Capacidade efetiva	Realizar uma Atividade laboral plenamente identificada	Exitosamente		Capacidades, conhecimentos e atitudes
Ministério do Trabalho e Assuntos Sociais	Capacidade	O desempenho da ocupação de que se trate			Conhecimentos, habilidades e atitudes
Dicionário Larousse	Habilidade	Discutir, consultar e decidir		Sobre o que diz respeito ao trabalho	Conhecimentos, qualidades, capacidades e aptidões
INEM	O exercício das capacidades	Permitem o desempenho de uma ocupação	Eficamente	Relacionados aos níveis requeridos no emprego	Engloba as capacidades e um conjunto de competências
Tremblay	Capacidade	A identificação de tarefas-problema e sua resolução	Ação eficaz	Dentro de um grupo de situações	Conhecimentos conceituais e procedimentais organizados em esquemas operacionais
Le Boterf			Mobilização de recursos que somente são pertinentes em uma situação		Esquema operativo transferível a uma família de situações.

Fonte: Como aprender e ensinar competências (ZABALA; ARNAU, 2010, p.31)

É chegado o momento de discutirmos as definições sobre competência no âmbito educacional. Fizemos, pois, um apanhado das principais e mais profundas reflexões sobre o tema.

Começaremos pelo Conselho Europeu, que de forma breve e estrutural classifica competência como algo que depende da habilidade e do conhecimento do sujeito. Tais conhecimentos e habilidades estão atrelados ao conceito ambíguo características individuais.

Existe um documento, chamado de Marco Comum Europeu de referência para as línguas: aprendizagem, ensino, avaliação, no qual as competências estão assim definidas: “a soma de conhecimentos, habilidades e características individuais as quais permitem a uma pessoa realizar determinadas ações” (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 32).

A Unidade espanhola de Eurydice-CIDE (2002) *apud* Zabala e Arnau (2010), define competências como

[...] as capacidades, os conhecimentos e as atitudes que permitem uma participação eficaz na vida política, econômica, social e cultural da sociedade. (ZABALA; ARNAU, 2010, p.32).

Note que o indivíduo será competente se, por sua vez, for capaz de conviver em sociedade em todas as suas instâncias, compreendendo aqui a habilidade de se relacionar de maneira eficaz na vida política, econômica, social e cultural da sociedade a qual pertence.

A seguir, as definições estabelecidas pela Definição e Seleção de Competências (DeSeCo). A DeSeCo foi um projeto realizado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Nesse projeto, o termo competência recebe, respectivamente, duas definições, uma de natureza semântica e outra de caráter estrutural.

A natureza semântica expõe os elementos que caracterizam a competência, tais como: conhecimentos (incluindo conhecimentos implícitos) e habilidades práticas e motivação, que ajudam ao indivíduo responder com êxito situações complexas.

Motivação, valores éticos, atitudes, emoções e outros componentes sociais e comportamentais, são fatores que influenciam, positivamente ou negativamente nos resultados da aprendizagem. A seguir as definições dadas pela OCDE para competência, sendo a segunda um complemento da primeira.

A habilidade de cumprir com êxito as exigências complexas, mediante a mobilização dos pré-requisitos psicossociais. De modo que são enfatizados os resultados os quais o indivíduo consegue por meio da ação, seleção ou forma de se comportar conforme com as exigências. (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 32-33).

A definição anterior completa-se com a seguinte:

Cada competência é a combinação de habilidades práticas, conhecimentos (incluindo conhecimentos implícitos), motivação, valores éticos, atitudes, emoções e outros componentes sociais e comportamentais que podem se mobilizar conjuntamente para que a ação realizada em determinada situação possa ser eficaz. (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 33).

Não podemos deixar de notar a definição que aparece no Documento-base para o Currículo Basco. Esse documento, tal qual a DeSeCo, também estabelece

duas definições para competência, seguindo a mesma linha de raciocínio da anterior, isto é, uma definição semântica e outra puramente estrutural.

Vejamos primeiro a definição de cunho semântico, na qual competência é “a capacidade de enfrentar, com chances de êxito, tarefas simples ou complexas em um determinado contexto” (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 33).

Seu complemento diz que “uma competência se compõe de uma operação (uma ação mental) sobre um objeto (o que habitualmente chamamos “conhecimento”) para a obtenção de um determinado fim” (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 33).

Perceba que no conceito semântico esse documento acrescenta que a competência também nos ajuda, dentro de um contexto, a resolver tarefas menos complexas. Já a definição, sob a ótica estrutural, relaciona, de maneira procedimental, os elementos fundamentais da competência: saber; saber fazer e ser.

A intenção do sujeito está subordinada a uma ação mental, quando este galga a obtenção de um determinado fim, isto é, quando busca um resultado ou uma explicação para situações simples ou complexas.

Antes de iniciar sua vida escolar o aluno traz consigo uma gama de conhecimentos, estes resultam de suas experiências cotidianas. Ao agregarmos ao conhecimento acadêmico (interdisciplinar) às experiências vividas pelo discente, estamos atestando que a integração de conhecimento ajuda a solucionar vários problemas da vida real. (GHEDIN, 2012).

A Conselheira de Educação da Catalunha entende como competência básica,

A capacidade dos alunos para pôr em prática, de forma integrada, habilidades e atitudes de caráter transversal, ou seja, que integrem saberes e aprendizagens de diferentes áreas, que muitas vezes são aprendidos não somente na escola e que servem para solucionar problemas diversos da vida real. (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 34).

Até o presente momento aprendemos que habilidades, conhecimentos, capacidades, estratégias, procedimentos e características individuais são elementos estruturantes para o que se entende por competência.

Monereo *apud* Zabala e Arnau (2010) atribuiu um novo elemento a esse rol. Para ele a competência é a consequência de ações aprendidas, autorreguladas, contextualizadas e de domínio variável.

Monereo *apud* Zabala e Arnau (2010) define e diferencia estratégia e competência da seguinte maneira:

Estratégia e competência implicam repertórios de ações aprendidas, autorreguladas, contextualizadas e de domínio variável..., enquanto a estratégia é uma ação específica para resolver um tipo contextualizado de problemas, a competência seria o domínio de um amplo repertório de estratégias em um determinado âmbito ou cenário da atividade humana. Por tanto, alguém competente é uma pessoa que sabe “ler” com grande exatidão o tipo de problema que lhe é proposto e quais são as estratégias que deverá ativar para resolvê-lo. (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 34, grifos do autor).

Ele ainda diferencia competência de estratégia, pois, para ele, estratégia é uma ação específica para resolver um tipo contextualizado de problema. Para esse estudioso, estratégia é uma subcompetência que também integra os elementos atitudinais, conceituais e procedimentais.

Em Perrenoud (2001) *apud* Zabala e Arnau (2010) encontramos o conceito famílias de situações. Ele ampliou a definição de competência ao elencar os componentes: informações; valores; atitudes; esquemas de percepção; de avaliação e de raciocínio. Ele afirma que tais componentes se concretizam de maneira rápida, pertinente e criativa.

Nas palavras de Perrenoud *apud* Zabala e Arnau (2010)

Competência é a aptidão para enfrentar, de modo eficaz, uma família de situações análogas, mobilizando a consciência, de maneira cada vez mais rápida, pertinente e criativa, múltiplos recursos cognitivos: saberes, capacidades, microcompetências, informações, valores, atitudes, esquemas de percepção, de avaliação e de raciocínio (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 34).

O Quadro 13 mostra as concepções sobre competência no âmbito educacional.

**Quadro13. Definição de competência no âmbito educativo.**

	Dimensão Semântica				Dimensão Estrutural
	O que é?	Para quê?	De que forma?	Onde?	Por meio de
Conselho Europeu		Permitem realizar ações			Conhecimentos, habilidades e características individuais
Eurydice CIDE		Permitem participar, de modo eficaz, na vida política.			Capacidades, conhecimentos e atitudes.
Projeto DeSeCo OCDE	Habilidade	Cumprir com êxito exigências complexas			Pré-requisitos psicossociais, habilidades práticas, conhecimentos, motivações, valores, atitudes e comportamentos.
Currículo Basco (documento-base)	Capacidade	Para se enfrentar tarefas simples ou complexas	Com garantias de êxito	Em um contexto determinado	Operação (uma ação mental) sobre um objeto (é o que habitualmente chamamos "conhecimento") para a obtenção de um determinado fim.
Conselho da Catalunha		Para resolver problemas diversos da vida real			Conhecimentos, habilidades e atitudes de caráter transversal.
Monereo	Domínio	Resolução de problemas		Em determinado âmbito ou cenário da atividade humana	Ampla repertório de estratégias.
Perrenoud	Aptidão	Para enfrentar, de modo eficaz, uma família de situações análogas	Mobilizando a consciência e de maneira rápida, pertinente e criativa		Múltiplos recursos cognitivos: saberes, capacidades, micro competências, informações, valores, atitudes, esquemas de percepção, de avaliação e de raciocínio.

Fonte: Como aprender e ensinar competências (ZABALA; ARNAU, 2010, p.35)

Após analisar as mais variadas definições para o termo competência, sejam elas ou não de cunho educacional, acabamos por concordar com a ideia de Zabala e Arnau (2010), quando dizem que o indivíduo não é competente por si só, não é competente em si, uma vez que a competência é o conjunto de fatores internos e/ou externos a esse indivíduo e são esses fatores que contribuem na tomada de decisão e iniciativa do sujeito agente da ação.

Zabala e Arnau (2010), ainda apontam em sua obra as principais características presentes em todas as definições sobre competência, a saber:

- a) As competências são ações eficazes diante de situações e problemas de diferentes matizes, que obrigam a utilizar os recursos dos quais se dispõe.
- b) Para responder aos problemas que as situações apresentam, é necessário estar disposto a resolvê-lo com uma intenção definida, ou seja, com atitudes determinadas.
- c) Uma vez mostrados a disposição e o sentido para a resolução dos problemas propostos, com atitudes determinadas, é necessário dominar os procedimentos, as habilidades e as destrezas que a ação que se deve realizar exige.
- d) Para que as habilidades cheguem a um bom fim, devem ser realizadas sobre objetos de conhecimento, ou seja, fatos, conceitos e sistemas conceituais.

e) Tudo isso deve ser realizado de forma inter-relacionada: a ação implica integração de atitudes, procedimentos e conhecimentos (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 36).

O que de fato é competência? Se após tantas definições e exposições sobre o tema, ainda nos resta dúvidas, então, nos debruçemos sobre a próxima definição e sobre o Quadro 14, pois eles são bem didáticos em relação a esse assunto.

A competência consistirá na intervenção eficaz nos diferentes âmbitos da vida, mediante ações nas quais se mobilizam componentes atitudinais, procedimentais e conceituais de maneira inter-relacionada (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 36).

O Quadro 14 sintetiza o entendimento sobre competência.

Quadro 14. O que é competência?

<b>É a capacidade ou a habilidade</b>	<b>O que?</b>
A existência nas estruturas cognoscitivas da pessoa das condições e recursos para agir. A capacidade, a habilidade, o domínio e a aptidão.	
<b>Para realizar tarefas ou atuar frente a situações diversas</b>	<b>Para quê?</b>
Assumir um determinado papel; uma ocupação, em relação aos níveis requeridos; uma tarefa específica; realizar ações; participar na vida política, social, e cultural da sociedade; cumprir com as exigências complexas; resolver problemas da vida real; enfrentar um tipo de situação.	
<b>De forma eficaz</b>	<b>De que forma?</b>
Capacidade efetiva; de forma exitosa; exercício eficaz; conseguir resultados e exercê-los de modo excelente; participação eficaz; mobilizando a consciência e de maneira cada vez mais rápida, pertinente e criativa.	
<b>Em um determinado contexto</b>	<b>Onde?</b>
Uma atividade plenamente identificada; em um contexto determinado; em uma determinada situação; em um âmbito ou cenário da atividade humana.	
<b>É necessário mobilizar atitudes, habilidades e conhecimentos</b>	<b>Por meio de quê?</b>
Diversos recursos cognitivos; pré-requisitos psicossociais; conhecimentos, habilidades e atitudes; conhecimentos, e características individuais; conhecimentos, qualidades, capacidades e atitudes; os recursos que mobiliza; conhecimentos teóricos e metodológicos; atitudes, habilidades e competências mais específicas, esquemas motores, esquemas de percepção, avaliação, antecipação e decisão; comportamentos, motivação, valores éticos, atitudes, emoções e outros componentes sociais; amplo repertório de estratégias. Operações mentais complexas, esquemas de pensamento; saberes, capacidades, micro competências, informações, valores, atitudes, esquemas de percepção, de avaliação e de raciocínio.	
<b>Ao mesmo tempo e de forma inter-relacionada</b>	<b>Como?</b>
De forma integrada; orquestrada.	

Fonte: Como aprender e ensinar competências (ZABALA; ARNAU, 2010, p.37)

O que são competências no âmbito educacional? De repente os profissionais da educação abraçaram esse termo como símbolo de uma nova causa, pela qual lutam na esperança de uma educação de qualidade, de um mundo melhor para o dia de amanhã. Mas, o que há de novo quando se trata de competências?

Para Sacristán (2011), as competências não podem ser instrumentalizadas, não podem se transformar em normas reguladoras através das quais basta, apenas, as entidades educacionais seguirem seus passos para lograrem êxito. Devemos observar as divergências encontradas nos sistemas de ensino no mundo inteiro. Há de respeitar as individualidades de cada nação e junto com ela suas dificuldades e origem do próprio sistema de educação, com suas particularidades, problemas, fracassos e sucessos.

A educação moderna parece girar em torno das competências, habilidades e aprendizagem significativa. É preciso lembrar que o discurso utilizado para defender o uso indiscriminado do termo competência pode, na verdade, estar camuflando um problema antigo ressurgido, como algo novo, no termo supracitado. (SACRISTÁN, 2011).

Escolher o discurso é escolher a lente para olhar e em que terreno vamos nos mover. Não é indiferente, por exemplo, falar de esforço e motivação na hora de focar o diagnóstico da falta de qualidade no ensino ou fazê-lo em termos de formação deficiente dos alunos. Não é a mesma coisa diagnosticar o fracasso, explicá-lo e tentar resolvê-lo como se a causa fosse a falta de esforço e motivação, por exemplo.

Com essa perspectiva, cabe deduzir que utilizar as competências no discurso educacional é optar por um discurso, por uma forma de entender os problemas, de ordená-los, condicionar o que faremos e também pode ser uma arma contra outros discursos, um motivo para ocultar certos problemas e desqualificar outras estratégias pedagógicas e políticas que ficam escondidas ou são excluídas. É optar por uma tradição, mesmo pensando se tratar de algo completamente novo. (SACRISTÁN, 2011, p. 16).

Estamos por décadas assistindo às avaliações, sobre a situação educacional, realizadas por instituições de renome. Elas indicam os problemas, os desafios e apontam quais rumos devemos tomar para alcançarmos um ensino de qualidade tão desejado por todos nós educadores.

Ficamos, sabendo sobre as decisões tomadas e as medidas que devem ser adotadas, através de relatórios. Esses relatórios parecem tangenciar o problema da educação de cada país. Eles mostram uma visão global dos diagnósticos, o que contribui para nos distanciarmos cada vez mais de um enfoque real dos problemas.

Antes do interesse em se melhorar a educação de um país há o interesse político. Nos demos ao desfrute de aqui citar exemplos de alguns desses relatórios. Em 1973 foi elaborado pela UNESCO o Relatório *Faure (Aprender a ser)*, nele relatavam-se os progressos e as dificuldades em que se encontrava a educação, além disso, advertia sobre os desafios de uma nova situação social. Também apontavam as consequências do desenvolvimento científico e tecnológico. No entanto, as cidades foram postas como entes educadores solidários. (ZABALA; ARNAU, 2010).

Por fim, nosso intuito, nesse tópico, foi o de mostrar o quanto é complexo e delicado incorporar, na prática do professor, metodologias que proporcionem o desenvolvimento de habilidades e competências. Embora o objetivo seja o de

convergir e apontar soluções, existem muitas definições, muitos entendimentos sobre o significado de aprendizagem significativa, competências e habilidades.

Diante do que foi discutido até o presente momento é possível elencar algumas competências e habilidades específicas e necessárias ao ensino de FMA quanto à discussão da Unidade Didática que é produto desta Dissertação. São competências específicas: (1) Analisar a importância do Sol para a vida em nosso planeta. (2) Investigar como se calcula a temperatura média da superfície da Terra com e sem a ação da atmosfera (efeito estufa). (3) Investigar quais são as causas do Aquecimento Global e do Efeito Estufa. (4) Investigar sobre os gases de efeito estufa. (5) Investigar a relação entre o Efeito Estufa e o Aquecimento Global.

As habilidades específicas referem-se a: (1) Capacidade de trabalhar em equipe. (2) Capacidade de interpretar gráficos e dados estatísticos sobre clima. (3) Compreensão textual. (4) Capacidade de interpretar e realizar cálculos de gradiente de pressão e temperatura atmosféricas.

# [CAPÍTULO 3]

## INTERAÇÃO SOL-TERRA

---

Este capítulo sugere alguns conteúdos que podem ser trabalhados em FMA. Trata-se de um material de apoio didático e instrucional para professores desta disciplina. A intenção foi a de oferecer um material que norteasse o professor na elaboração de aulas sobre a interação do Sol com a Terra e que a partir dessa interação pudesse ensinar sobre os fenômenos aquecimento global e efeito estufa. Sendo assim, um suporte teórico para a Unidade Didática que pretendemos elaborar para a disciplina Física do Meio Ambiente.

Aqui trouxemos objetivamente um estudo sobre fusão nuclear; energia solar; mancha solar, ejeção de massa coronal; vento solar e os já citados efeito estufa e aquecimento global, baseado nos estudos de Baccaro (2009); Moschetti (2006); Ricci e Carneiro (2005); Rosa (2004) e Maruyama (2009).

### 3.1 O SOL E SUA ATIVIDADE

A vida no planeta Terra depende exclusivamente da energia emanada pelo Sol. Essa energia possibilita o desencadeamento orgânico de todas as espécies que aqui habitam. Tomemos como exemplo o fato de que a energia proveniente do Sol na forma de luz solar é armazenada em glicose por organismos vivos através da fotossíntese<sup>4</sup>.

A disciplina FMA tem como objeto de estudos o ambiente natural, ela está fundamentada em pressupostos teóricos da Física do Clima e da Física da Atmosfera. Por essa razão, será fundamental entendermos, *a priori*, como a energia do Sol é gerada em seu interior; como se irradia pelo espaço interplanetário e depois como se distribui em nossa atmosfera, nos fornecendo luz e calor que são essenciais para a existência e manutenção da vida do nosso planeta. Também é importante conhecermos o estudo das propriedades físicas do interior do Sol e de

---

<sup>4</sup> Fotossíntese é um processo físico-químico, a nível celular, realizado pelos seres vivos clorofilados (plantas), que utilizam dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O), para obter glicose através da energia da luz solar.  $12\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \rightarrow 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

suas diferentes camadas atmosféricas, uma vez que tal estudo é essencial para melhor caracterizarmos os fenômenos solares.

Observamos que atualmente existem, no Universo, centenas de bilhões de galáxias e nessas centenas de bilhões de estrelas. Nós habitamos uma dessas galáxias, a Via Láctea (DELERUE, 2002). De todas as estrelas existentes em nossa galáxia a mais importante, para nós, é o Sol; ele é gerado a partir de uma nebulosa (nuvem de gás) e está circundado por oito planetas, satélites e asteroides que juntos constituem o que conhecemos por Sistema Solar. (POWELL, 2013).

Os planetas giram ao seu redor descrevendo órbitas elípticas, umas mais e outras menos acentuadas. Existe uma grandeza que nos diz se uma elipse é mais acentuada de que outra intrínseca, a excentricidade<sup>5</sup>. Elipses muito acentuadas possuem grande excentricidade. As menos acentuadas apresentam baixa excentricidade, como mostra a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Excentricidade dos planetas do Sistema Solar.

Planeta	Excentricidade da Elipse
Mercúrio	0,20
Vênus	0,079999
Terra	0,02
Marte	0,09
Júpiter	0,05
Saturno	0,06
Urano	0,05
Netuno	0,009

Fonte: Física 1 (DOCA; BISCOLOLA; VILAS BÓAS, 2010, p. 208).

Chama-se excentricidade da elipse a grandeza adimensional  $e$  dada por:

$$e = \frac{f}{E} (0 \leq e < 1) \quad \text{Eq. (1)}$$

Dentre os planetas do Sistema Solar, Mercúrio é o que descreve órbita de maior excentricidade. Os demais planetas, incluindo a Terra, realizam órbitas praticamente circulares, como se pode observar na Tabela 1. É preciso lembrar que

<sup>5</sup> A excentricidade de uma elipse é um número real positivo ( $e > 0$ ) que é definida como o quociente entre a metade da distância focal e a metade da medida do eixo maior da elipse.

o fato de existirem órbitas praticamente circulares não invalida, contudo, a 1ª Lei de Kepler<sup>6</sup>, já que a circunferência é um caso particular de elipse.

Uma evidência de que a órbita da Terra é praticamente circular é a de que, quando observamos o Sol, este aparenta ter o mesmo “tamanho” em qualquer época do ano. Se a órbita terrestre fosse uma elipse de grande excentricidade, visualizaríamos o Sol muito grande quando o planeta percorresse a Região do Periélio<sup>7</sup> e muito pequeno quando percorresse a Região do Afélio<sup>8</sup>.

Além disso, na passagem da Terra pela Região do Periélio, sentiríamos um calor insuportável e a Terra ficaria sujeita a marés devastadoras. No entanto, na passagem do nosso planeta pela Região do Afélio seríamos submetidos a fenômenos opostos: sentiríamos um frio glacial e as marés seriam amenas, provocadas quase que exclusivamente pela influência da Lua.

Nossa estrela ocupa uma posição periférica e se encontra a 33.000 anos-luz do centro da Via Láctea. Essa distância corresponde a aproximadamente 67% do raio da galáxia. Nossa galáxia possui vários braços espirais e o Sol está num desses braços, o chamado braço de Orion, como ilustra a Figura 1.

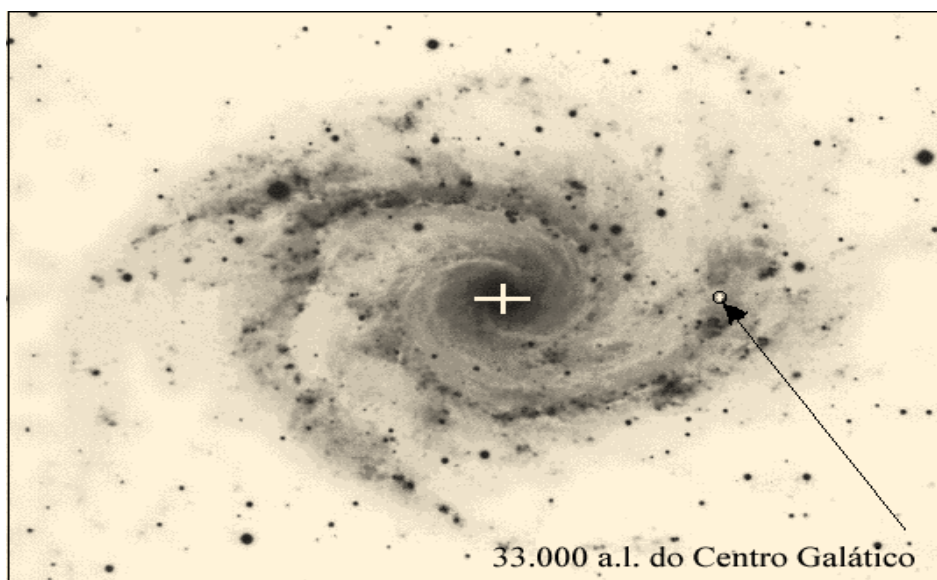


Figura 1. Localização do Sol na Galáxia.

Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/sistema-solar/sol.html>

<sup>6</sup> A Primeira Lei de Kepler afirma que a órbita dos planetas ao redor do Sol é elíptica, estando o Sol num dos focos da elipse.

<sup>7</sup> Em Astronomia, o periélio (ou perélio), que vem de *peri* (à volta, perto) e *hélio* (Sol), é o ponto da órbita de um corpo, seja ele planeta, planeta anão, asteroide ou cometa, que está mais próximo do Sol.

<sup>8</sup> Em Astronomia, o afélio (do latim "aphelium", derivado do latim "apos", que quer dizer longínquo), é o ponto da órbita em que um planeta ou um corpo menor do sistema solar está mais afastado do Sol.

O Sol, assim como os planetas, possui núcleo e atmosfera. De acordo com Delizoicov *et al* (2011), o núcleo do Sol é muito quente e também muito denso. Neste a temperatura pode alcançar valores aproximadamente iguais a  $2.10^7$  de graus Kelvin e sua massa chega a ser 50% da massa total. Para Costa *et al* (2011), o gradiente de pressão<sup>9</sup> e a temperatura, no núcleo do Sol, são altíssimos o suficiente para contrabalançar a compressão gravitacional<sup>10</sup> ou o peso das camadas externas.

A atmosfera solar está dividida em quatro camadas; são elas: a fotosfera, a cromosfera, a região de transição (cromosfera-coroa) e a coroa (corona). Os principais elementos químicos presentes na atmosfera solar são o hidrogênio e o hélio. O hidrogênio é mais abundante e ocupa mais de 90%, enquanto o hélio é responsável por pouco mais de 8% da atmosfera solar. (PINHEIRO, 2010).

Devido a sua alta temperatura, não existe no Sol matéria líquida ou sólida. Em seu interior existem apenas gases densos e quentes, como mencionamos anteriormente. O hidrogênio e o hélio são os gases mais abundantes, mas existem outros como ilustra a Tabela 2.

**Tabela 2. Elementos químicos do Sol.**

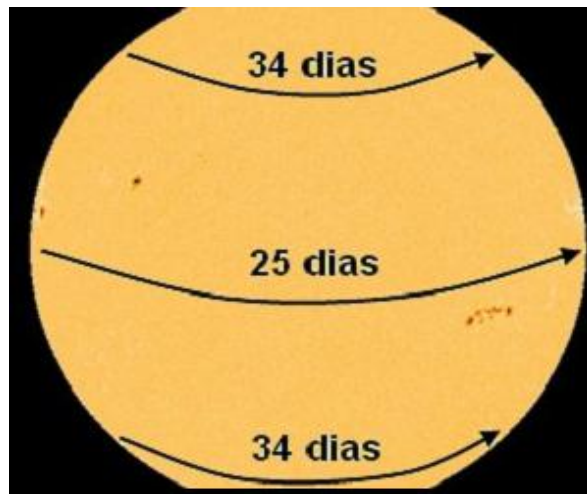
Elemento	Número de átomos (percentual)	Percentual da massa total
<b>Hidrogênio</b>	91,2	71
<b>Hélio</b>	8,7	27,1
<b>Oxigênio</b>	0,078	0,97
<b>Carbono</b>	0,043	0,40
<b>Nitrogênio</b>	0,0088	0,096
<b>Silício</b>	0,0045	0,099
<b>Magnésio</b>	0,0038	0,076
<b>Neônio</b>	0,0035	0,058
<b>Ferro</b>	0,030	0,014
<b>Enxofre</b>	0,015	0,040

**Fonte:** *Discovering the Universe, Eighth Edition. 2008 W. H. Freeman and Company.*  
(Tradução nossa).

<sup>9</sup> Em ciências atmosféricas (meteorologia, climatologia e campos relacionados), o gradiente de pressão é uma quantidade física que descreve em que direção e a que taxa a pressão muda mais rapidamente em torno de um determinado local. O gradiente de pressão é uma quantidade dimensional expressa em unidades de pressão por unidade de distância. Sua unidade no Sistema Internacional de Unidades é o pascal por metro (Pa/m).

<sup>10</sup> A compressão gravitacional é um fenômeno no qual a gravidade, atuando sobre a massa de um objeto, comprime-o, reduzindo seu tamanho e aumentando a sua densidade. No centro do planeta ou estrela, a compressão gravitacional produz calor pelo Mecanismo de Kelvin-Helmholtz.

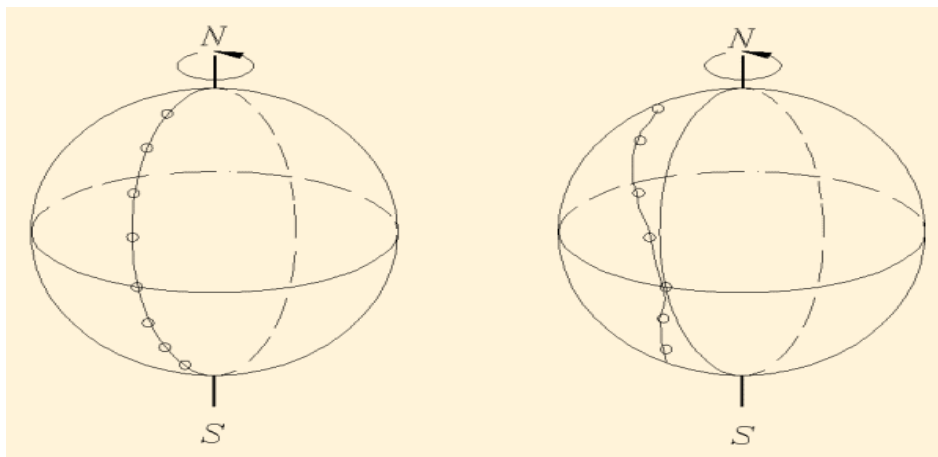
Tavares (2000) nos explica que, sendo o Sol constituído, praticamente por plasma e gás, isso influencia em seu movimento rotacional. A velocidade de rotação do Sol varia de acordo com a latitude. No Equador essa velocidade é máxima e chega a ser de 2 km/s, o que corresponde a um período rotacional de 25,03 dias. Nos polos a velocidade é mínima e possui período rotacional de 30 dias. Os períodos registrados no Equador e nos polos podem apresentar uma diferença até mais de 10 dias, como se pode notar na Figura 2.



**Figura 2.** Rotação Diferencial do Sol.

Fonte: <http://bussoladeplasma.wordpress.com/2012/11/30/periodo-de-rotacaodo-sol/>

Os cientistas conseguiram determinar essa rotação diferenciada graças aos estudos e informações obtidas sobre as manchas solares. A Figura 3 abaixo ilustra a rotação diferenciada da nossa estrela.



**Figura 3.** Esquema da Rotação Diferenciada.

Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/sistema-solar/sol.html>

Apesar de ser considerada uma estrela de médio porte (quinta grandeza), a massa do Sol corresponde a 99,86% de toda a massa presente em nosso Sistema Solar. É uma massa realmente considerável, uma vez que fazem parte desse sistema todos os planetas, com seus respectivos satélites e anéis, cometas e asteroides. (MOSCHETTI, 2006).

Baccaro (2009) afirma que o Sol é grande o suficiente para que a energia gerada e liberada em seu interior leve por volta de 1,5 milhões de anos, até conseguir, através de vários processos de absorção e emissão, chegar à própria superfície.

### **3.1.1 Fontes de Energia do Sol**

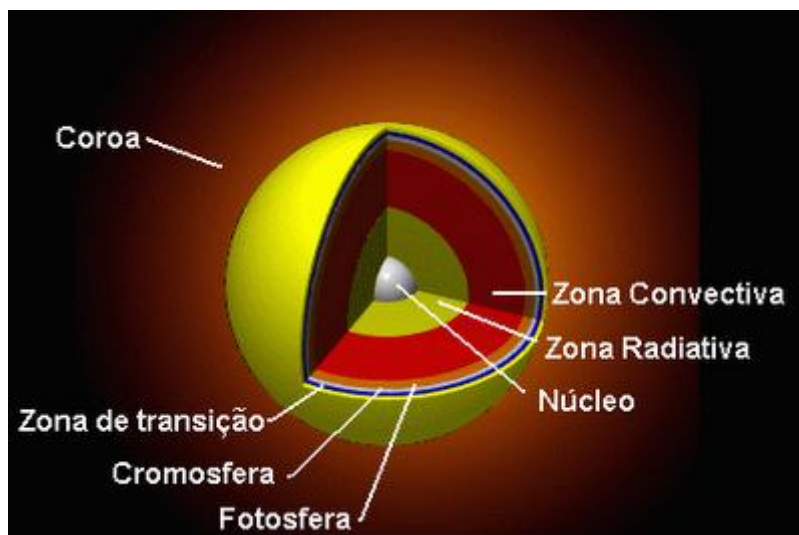
A seguir falaremos sobre a fusão nuclear no interior do Sol, posto que a Literatura aponta que durante décadas, cientistas defenderam a hipótese de que a energia gerada no interior de uma estrela, como o Sol, era o resultado de um processo de combustão através de reações químicas. Se isso fosse verdade o Sol viveria apenas algumas centenas de anos, no entanto, sabemos que a idade de nossa estrela gira em torno de 4,5 bilhões de anos, o que contraria tal hipótese. (ALMEIDA, 2001).

Esse processo de geração de energia é muito mais complexo do que se imaginava e, de acordo com Costa Júnior *et al* (2011), só foi compreendido após a descoberta da energia nuclear no século XIX. Cientistas como Roentgen; Henri Becquerel; Pierre Currie; Maria Sklodowska Curie; Enrico Fermi contribuíram para essa descoberta. Portanto, o Sol e as demais estrelas geram energia nuclear. Para explicarmos como acontece a geração e irradiação dessa energia dividiremos nosso estudo em duas partes. A primeira dará conta de explicar o funcionamento da estrutura interna do Sol e a segunda parte explicará o funcionamento da estrutura externa da estrela.

### **3.1.2 Estrutura Interna do Sol**

A estrutura interna do Sol está dividida em três partes, são elas: a) núcleo; b) zona de irradiação (zona radiativa); e c) zona de convecção (zona convectiva).

A estrutura externa é mais complexa e se divide em quatro partes, a saber: fotosfera; cromosfera; região de transição e coroa solar. A Figura 4 sintetiza muito bem o que dissemos até agora.



**Figura 4.** Estrutura do Sol  
Fonte: [www.astro.iag.usp.br/~aga210](http://www.astro.iag.usp.br/~aga210)

### a) Núcleo

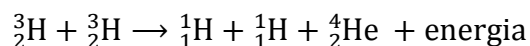
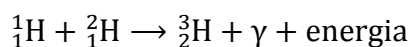
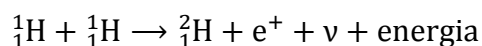
O núcleo do Sol é constituído por gás e plasma, nele ocorre uma reação denominada fusão nuclear, na qual átomos de hidrogênio são transformados em átomos de hélio. Tal reação acontece num ambiente onde a pressão, temperatura e densidade são altíssimas. Estima-se que a temperatura do núcleo solar seja de aproximadamente  $2.10^7$  K (DELIZOICOV *et al*, 2011).

A fonte de energia do Sol vem da fusão de átomos de hidrogênio que são transformados em hélio. O nome fusão nuclear<sup>11</sup> é apropriado porque esse processo ocorre no núcleo, mas o termo fusão termonuclear também é adequado.

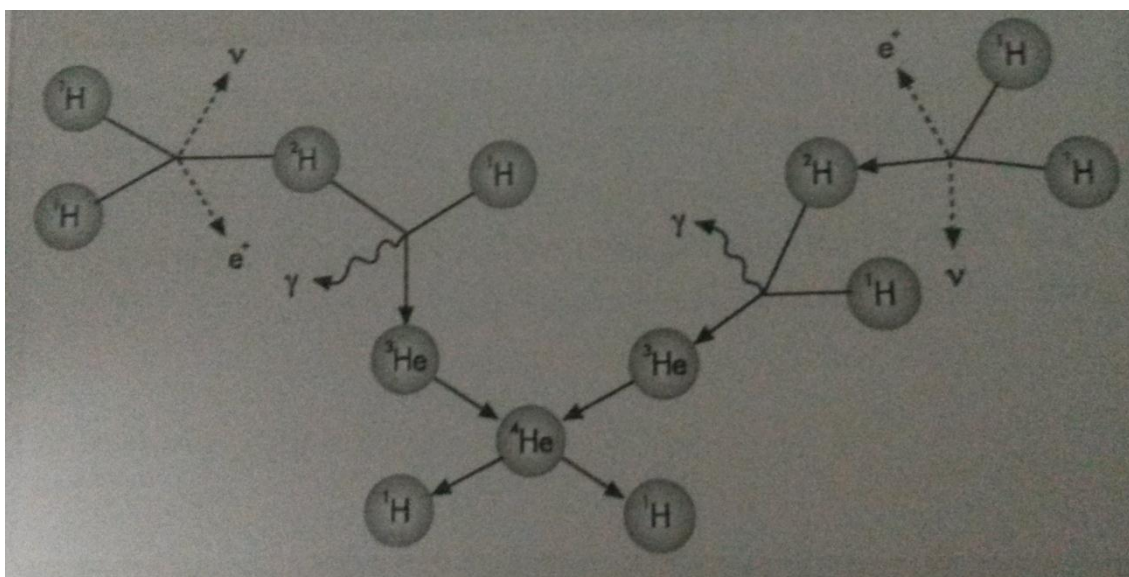
Delizoicov *et al* (2011) nos ensina que as reações nucleares mais importantes que ocorrem no Sol podem ser descritas pelo seguinte modelo de cadeias de reações:

---

<sup>11</sup> Fusão nuclear é o processo no qual dois ou mais núcleos atômicos se juntam e formam um outro núcleo de maior número atômico. A fusão nuclear requer muita energia para acontecer, e geralmente libera muito mais energia que consome.



Inicialmente, dois núcleos de hidrogênio – dois prótons ( ${}^1_1\text{H}$ ) – reagem, formando um átomo de hidrogênio ( ${}^2_1\text{H}$ ), um pósitron ( $e^+$ ), que é um “elêtron” de carga positiva, e um neutrino ( $\nu$ ). Um átomo de hidrogênio funde-se com outro próton, formando isótopo de hélio ( ${}^3_2\text{He}$ ) e fótons  $\gamma$ . Finalmente esses núcleos de hélio se fundem, formando o núcleo do isótopo normal (estável) de hélio ( ${}^4_2\text{He}$ ) e liberando também prótons ( ${}^1_1\text{H}$ ) para novas fusões. A Figura 5 ilustra o que acabamos de explicar.



**Figura 5.** Representação esquemática do hidrogênio em hélio.  
 Fonte: DELIZOICOV *et al*, 2011, p. 232.

O neutrino ( $\nu$ ), partícula sem carga elétrica (de massa de repouso nula, à semelhança do fóton), interage fracamente com a matéria e emerge do Sol, levando cerca de 10% da energia emitida. O pósitron ( $e^+$ ), partícula igual ao elétron (com carga de mesmo módulo, porém positiva) pode interagir com o elétron, dando origem a dois fótons  $\gamma$  e aniquilando-se. Essa é uma reação de partículas produzindo energia de radiação, no interior do Sol. A radiação  $\gamma$  produzida interage com a matéria solar (que contém átomos até mesmo de elementos pesados, como o ferro, em pequena proporção). Ao chegarem à superfície, os fótons já não são mais do tipo  $\gamma$ , pois perderam energia nas interações internas. Eles constituem essencialmente frequências na faixa do visível (luz), além do infravermelho e do ultravioleta. Essa radiação atinge a

Terra depois de viajar cerca de oito minutos, dando origem a outras formas de energia. (DELIZOICOV *et al*, 2011, p. 233).

Para Costa Júnior *et al* (2011), o estudo sobre a fusão nuclear no interior de estrelas foi desenvolvido por Hans Albrecht Bethe (1906-2005). Foi ele que criou, no ano de 1938, a teoria explicando como era possível produzir, a partir da fusão termonuclear, a energia que faz as estrelas brilharem.

Esta teoria lhe rendeu o prêmio Nobel de 1967 e seu trabalho foi publicado num artigo intitulado A Produção de Energia nas Estrelas, de 1938, no *Physical Review*, vol. 55, p. 434. Hans explicou que, para ocorrer a fusão nuclear, as partículas precisariam vencer uma barreira repulsiva entre elas, a qual denominou de barreira Coulombiana – Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) – obtida pela expressão,

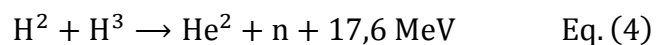
$$V = \frac{KZ_1Z_2e^2}{R} = 1,44 \frac{Z_1Z_2}{R(\text{fm})} \text{ MeV} \quad \text{Eq. (2)}$$

A distância entre as partículas é da ordem de  $10^{-15}m$  (1 fermi ou fentometro), enquanto a energia cinética delas corresponde à energia térmica. Essa energia térmica é determinada pela Lei de Distribuição de Velocidades de Maxwell-Boltzmann, cujo valor é,

$$kT \approx 10 \text{ KeV} \quad \text{Eq. (3)}$$

Em 1937, Hans Albrecht propôs a fonte aceita para a energia do Sol, as reações termonucleares, onde basicamente quatro prótons são fundidos em um núcleo de hélio, liberando energia. (COSTA JÚNIOR *et al*, 2011, p. 2-3).

No núcleo do Sol ocorrem vários processos de fusão termonuclear, mas o que predomina mesmo é aquele em que dois núcleos leves, um de deutério e outro de trítio, reagem e formam um núcleo mais pesado, o núcleo do átomo de hélio. Esse processo é denominado ciclo próton-próton como se nota logo abaixo.



Para obter energia a partir da fusão é preciso aquecer os núclídeos a uma temperatura suficientemente elevada para que as reações de fusão ocorram em consequência de colisões aleatórias. (TIPLER; LLEWELLYN, 1999, p. 383).

A energia liberada, por quilograma, nessa reação é superior àquela liberada numa reação de fissão nuclear. Porém, a tecnologia necessária para fazer da fusão uma fonte prática de energia ainda não está disponível. (TIPLER; LLEWELLYN, 1999).

De acordo com Rosa (2004), sabe-se atualmente que a temperatura média da nossa estrela é praticamente constante. Daí alguns cientistas afirmarem estar o Sol em equilíbrio térmico. Esse equilíbrio é mantido por causa da energia gerada constantemente no núcleo da estrela, conforme já descrevemos anteriormente.

No entendimento de Ricci e Carneiro (2005), a energia do Sol é gerada sob pressão que pode chegar a bilhões de atmosferas, mas à medida que nos afastamos do núcleo em direção à superfície, os valores da temperatura e da pressão decrescem exponencialmente, devido ao transporte de energia durante os processos de convecção e irradiação no interior da estrela.

## **b) Zonas de Irradiação – Processo Radiativo**

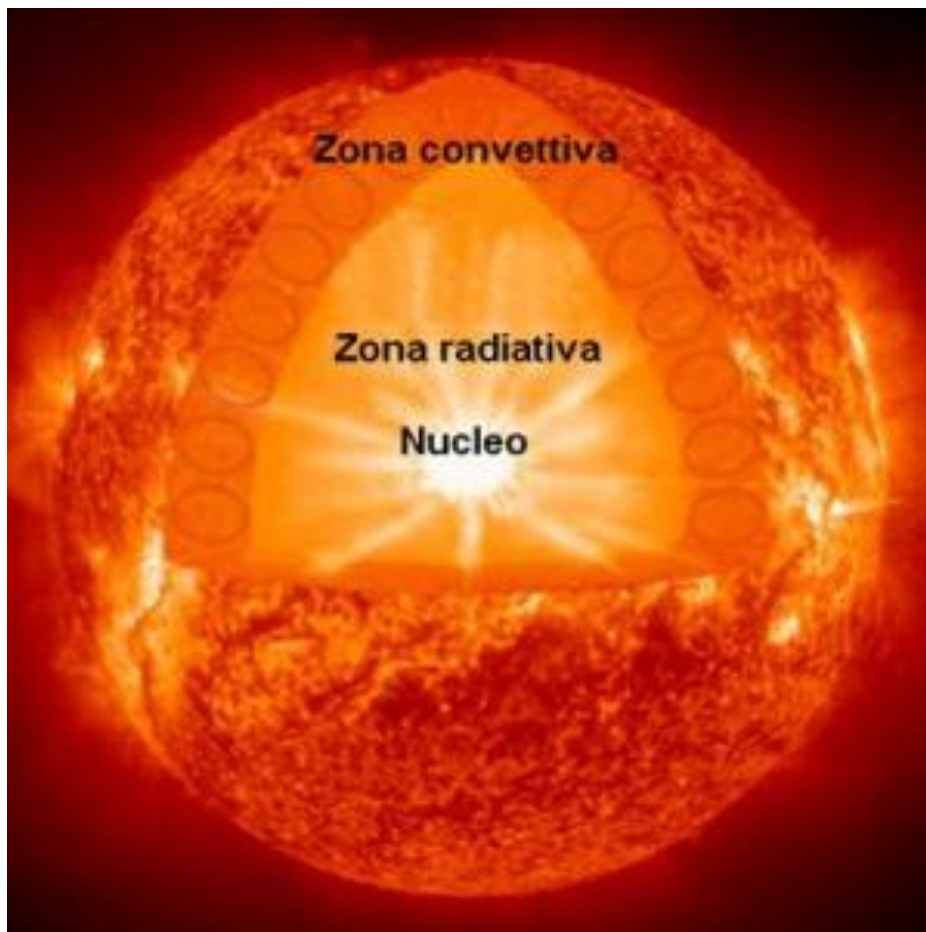
Para Machado e Brito (2006), no Sol existem mecanismos que facilitam o transporte de energia entre o núcleo e às partes externas. Os principais mecanismos são o radiativo (radiação) e o convectivo (convecção). Zona radiativa é aquela que envolve o núcleo, nela ocorre transporte de energia por radiação. O transporte é feito por meio dos fenômenos de absorção e reemissão de energia. A matéria existente nesse local não impede a propagação, ela apenas atenua a intensidade da energia irradiada.

A temperatura na zona de radiação varia significativamente entre as partes, inferior e superior. À medida que subimos nessa zona verificamos um decréscimo de temperatura. Na região inferior a temperatura pode chegar a 7000.000 de graus Celsius ( $7 \times 10^6$  °C), enquanto na região superior esse valor diminui para 2000.000 de graus Celsius ( $2 \times 10^6$  °C). A densidade varia entre  $20 \text{ g/cm}^3$ , similar à densidade do ouro, e  $0,2 \text{ g/cm}^3$ , inferior à densidade da água, [...] Entre a zona radiativa e a zona convectiva existe uma região chamada de tacóclina, na qual ocorrem mudanças abruptas no padrão de velocidade do plasma. É nesta interface que parte do processo do dínamo

solar opera e, conseqüentemente, o campo magnético do Sol é gerado (PINHEIRO, 2010, p. 1).

### c) Zona de Convecção – Zona Convectiva

Na zona convectiva ou zona de convecção ocorre o transporte de energia por meio da convecção. O gás aquecido, portanto, menos denso, deixa a base da zona convectiva e se desloca até à superfície do Sol. Ao perder calor esse gás se torna mais denso e retorna à base, iniciando todo o processo. Veja a Figura 6.



**Figura 6.** Estrutura do Sol, mostrando as principais camadas: núcleo e zonas radiativa e convectiva.

Fonte: sandcarioca.wordpress.com

Pesquisadores como Pinheiro (2001) e Baccaro (2009) dizem que é dessa forma que o Sol vem emitindo energia desde a sua formação há, aproximadamente, 4,5 bilhões de anos e deverá continuar por mais 5 bilhões de anos até que todo o combustível (hidrogênio) se esgote de suas reservas naturais.

Para Machado e Brito (2006), cinco bilhões de anos é uma estimativa, uma vez que o Sol não emite energia em fluxo constante. Esse fluxo varia de valores mínimos a valores máximos comparados ao valor médio do fluxo de energia. É o que se chama, respectivamente, de “Sol calmo e Sol ativo”.

O estudo sobre a estrutura interna do Sol é importante para que o estudante aprenda como a energia solar é gerada e o quanto essa energia é importante para que exista vida, unicelular e pluricelular, no planeta Terra. Além disso, é possível também estudar os processos de transferência de calor, principalmente por radiação e convecção.

### **3.1.3 Estrutura Externa do Sol**

A estrutura externa do Sol que é constituída pela fotosfera, cromosfera, região de transição (cromosfera-coroa) e a coroa (corona). Essas provocam fenômenos incríveis que devem ser vistos com muita atenção, são eles: manchas solares; vento solar e ejeção de massa coronal.

#### **a) Fotosfera**

De acordo com Tavares (2000), a palavra fotosfera origina-se do grego e significa esfera de luz. Não era para menos, pois brilha com uma temperatura média de 6.000 K. Ela representa a superfície do Sol e possui uma espessura de 500 km. Sua densidade corresponde a 0,01% da atmosfera terrestre. É sem dúvida a camada mais visível.

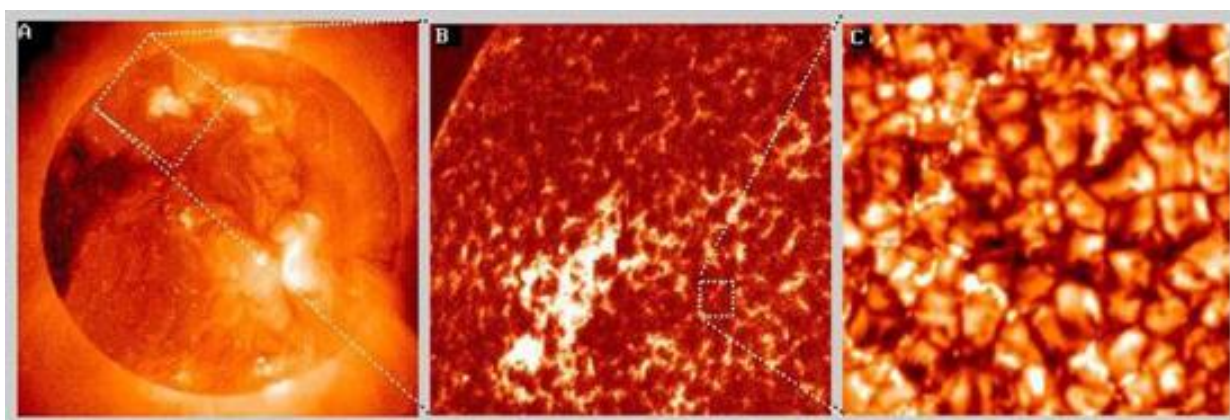
Para Machado e Brito (2006), embora a fotosfera não seja totalmente transparente à luz visível é dela que recebemos grande parte da luz visível. Existem partes da fotosfera que são opacas à luz solar, isso se deve à formação de pequenas estruturas hexagonais chamadas de grânulos e à presença de manchas presentes na superfície do Sol. O aparecimento e desaparecimento dessas manchas solares parece obedecer a um ciclo, cuja periodicidade é regular e ocorre, praticamente, a cada 11 anos.

Na fotosfera observamos um fenômeno conhecido por obscurecimento do limbo. Isso acontece porque as bordas da fotosfera (limbo) são mais escuras, então

é comum enxergarmos regiões mais escuras e outras mais claras na fotosfera. O que provoca esse fenômeno? Em que situação isso acontece?

Conforme nos explica Moschetti (2006), o que enxergamos são regiões da superfície solar à diferentes temperaturas e profundidades. Quando essa superfície é vista sob luz branca aparece amarelada, lisa, com manchas escuras e superpostas (manchas solares).

Este mesmo autor nos diz que imagens obtidas em alta resolução permitem observar irregularidades na superfície solar, ou seja, as granulações fotosféricas. Os astrofísicos estimam que a diferença de temperatura entre os grânulos e as regiões mais escuras da fotosfera pode chegar a 1000 K (Figura 7).



**Figura 7.** Granulação fotosféricas.  
Fonte: [www.cienciamao.usp.br](http://www.cienciamao.usp.br)

## **b) Cromosfera**

Tavares (2000) nos ensina que, a palavra cromosfera também se origina do grego e quer dizer esfera colorida. Estamos falando de uma camada logo acima da fotosfera e que só é visível durante os eclipses, pois ela é estreita, rarefeita e tem espessura de 1.000 km.

A cromosfera é transparente para a maioria dos comprimentos de onda da luz visível, além disso, expelle grandes jatos de gases que se elevam acima da fotosfera. Durante um eclipse total do Sol a cromosfera aparece, circundando a Lua, com uma espessura de 2.000 km e coloração rosa. (TAVARES, 2000).

Assim como acontece com a fotosfera, a cromosfera também apresenta protuberâncias gasosas. Também apresenta regiões escuras e claras. Essas

protuberâncias são chamadas de espículas. O topo dos grânulos constitui as regiões mais escuras, enquanto os gases mais quentes das espículas configuram as regiões mais claras. Esses jatos de gases (espículas) duram por poucos minutos e podem alcançar até 10.000 km de altura acima da borda (MOSCHETTI, 2006).

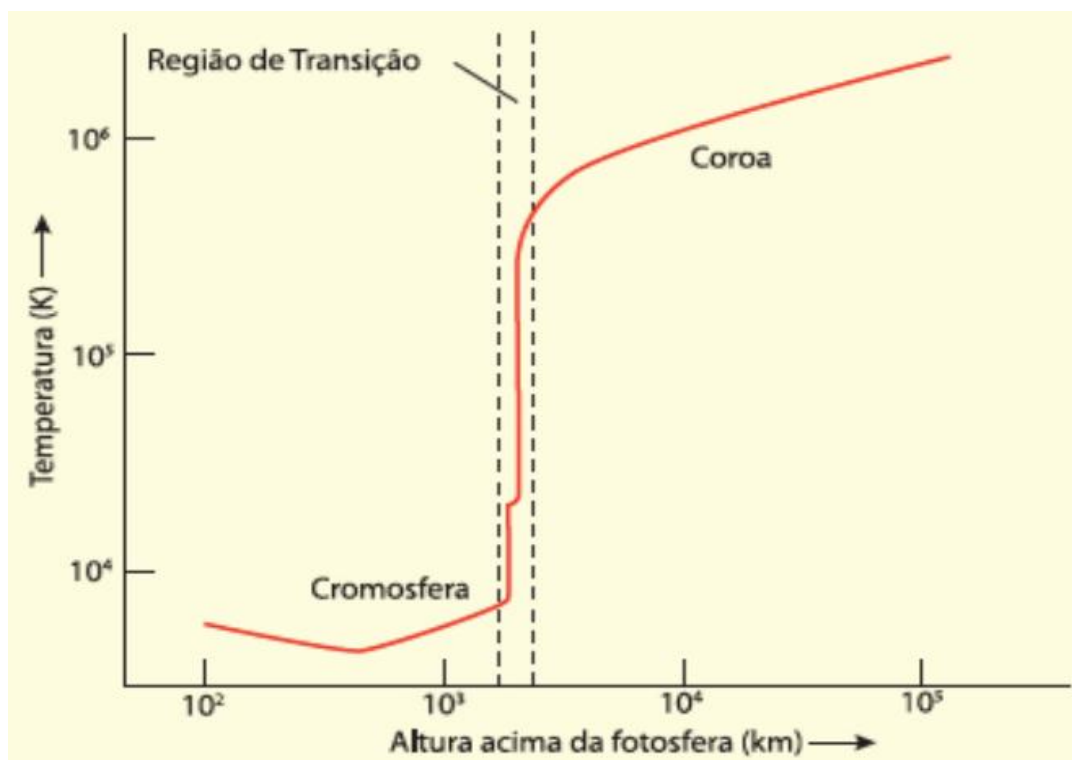
Costa *et al* (2011), afirmam que a parte inferior da cromosfera possui temperatura de 4.000 K e a superior pode chegar a 40.000 K. Segundo este mesmo autor, os cientistas acreditam que a cromosfera seja aquecida pelo processo de convecção de calor que ocorre dentro da fotosfera subjacente.

Acredita-se que a fonte de energia para esse aumento de temperatura sejam campos magnéticos variáveis formados na fotosfera e transportados para a coroa por correntes elétricas, perdendo parte de sua energia na cromosfera. (COSTA, *et al*, 2011, p. 2).

Já existe um instrumento que simula o eclipse solar total e permite ao usuário visualizar a cromosfera. O instrumento chama-se cronógrafo e nada mais é que um telescópio preparado com filtros e obstáculos especiais que só permitem a passagem da luz oriunda da cromosfera e da coroa solar.

### **c) Região de Transição (Cromosfera – Coroa)**

Tavares (2000) explica que essa região é constituída por uma fina camada que separa a cromosfera da coroa solar. No Gráfico da Figura 8 vemos que em apenas algumas centenas de quilômetros a temperatura sobe de 10.000 K a 50.000 K. Ela pode chegar, na coroa, a 1 milhão de grau Kelvin.



**Figura 8.** Transição entre a cromosfera e a coroa solar.  
 Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.htm>

#### d) Coroa

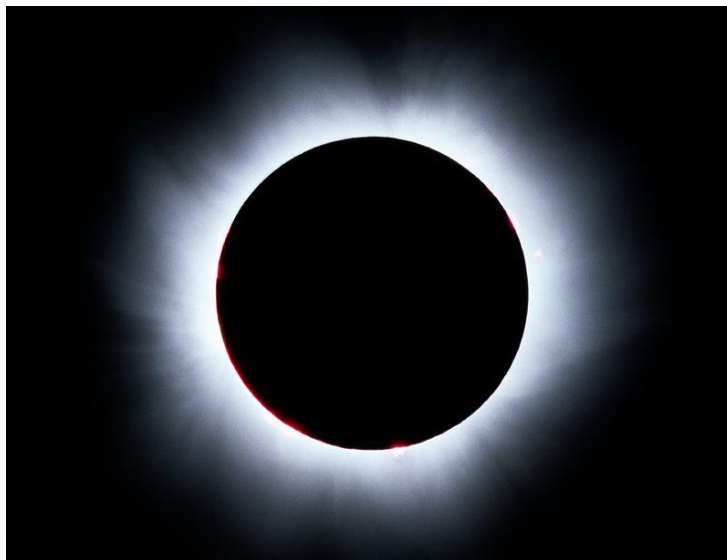
Trata-se da camada mais extensa do Sol, ela é dividida em três partes: coroa interna; coroa intermediária e coroa externa. Não pode ser vista a olho nu, pois emite luz numa intensidade milhares de vezes inferior do que a emitida pela fotosfera, portanto, fora do espectro de luz visível. (ALMEIDA, 2001).

A coroa interna possui, a partir da cromosfera, uma espessura de 1,3 raios solares, enquanto a coroa intermediária apresenta espessura que varia de 1,3 a 2,5 raios solares. Finalmente, temos a coroa externa, que é mais extensa e sua espessura varia de 2,5 a 24 raios solares.

Nosso planeta realiza o movimento de translação imerso na coroa e assim somos bombardeados continuamente e constantemente pela radiação contida nessa camada do Sol. Na atmosfera solar, a coroa é estruturada por fortes campos magnéticos. (TAVARES, 2000a, p. 79).

A coroa é uma região densa da atmosfera solar, ela emite um feixe de plasmas, chamado vento solar, que afeta o sistema solar inteiro. O vento solar é um

gás totalmente ionizado proveniente de explosões ininterruptas. (TAVARES, 2000b, p. 497).



**Figura 9.** Coroa na luz branca.  
Fonte: [www.cienciamao.usp.br](http://www.cienciamao.usp.br)

Nos parágrafos seguintes falaremos de alguns fenômenos que ocorrem na superfície do Sol, são eles: a) Mancha Solar; b) Ejeção de Massa Coronal ou Erupção Solar; c) Vento Solar.

### **a) Mancha Solar**

De acordo com Moschetti (2006), na China há registros de observações sobre o Sol que remontam a antiguidade, tais observações foram realizadas em épocas de máxima atividade solar. No entanto, as manchas solares só puderam ser observadas e registradas a partir do século XVII, período em que, segundo este autor, surgiu a luneta<sup>12</sup>. Galileu foi o primeiro a observar e realizar registros periódicos sobre as manchas solares e conseqüentemente sobre a rotação solar.

A disputa sobre a possibilidade de se conhecer a essência das manchas solares evidencia uma das mais importantes diferenças entre Galileu e seus opositores tradicionalistas: enquanto Scheiner pretende descrever a essência das manchas, Galileu não acredita que ela seja acessível para

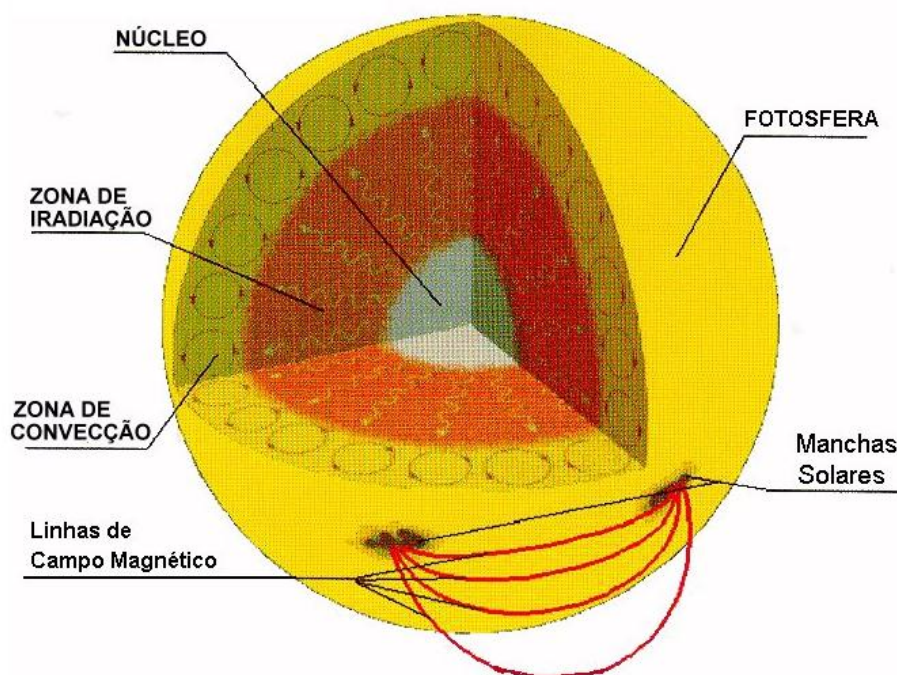
---

<sup>12</sup> Um telescópio ou luneta astronômica é um instrumento que permite estender a capacidade dos olhos humanos de observar e mensurar objetos longínquos. Pois, permite ampliar a capacidade de enxergar longe, como seu nome indica [Do Grego "Tele" = Longe + Scopio = Observar].

nós. Para ele, apenas afecções – lugar, figura, movimento, grandeza, opacidade, mutabilidade, produção, dissolução – podem ser observadas e conhecidas. Entre as afecções, aquelas quantificáveis (futuramente chamadas por outros filósofos de “qualidades secundárias”) são as que realmente permitem o conhecimento da natureza. (MOSCHETTI, 2006, p. 324, grifos do autor).

Ainda não se conhece muito sobre a formação das manchas solares, contudo, a formação delas está intimamente relacionada com o campo magnético do Sol. A intensidade do campo magnético solar é, em média, de 1 Gauss<sup>13</sup>, mas, nas manchas solares essa intensidade chega a milhares de Gauss. (MOSCHETTI, 2006).

Baccaro (2009), afirma que o campo magnético é gerado pela movimentação de plasmas<sup>14</sup> no interior do Sol. As linhas de campo saem por uma mancha solar e entram por outra, Figura 9, gerando um campo magnético na mancha solar, em média, cinco mil vezes mais intenso do que o campo magnético terrestre.

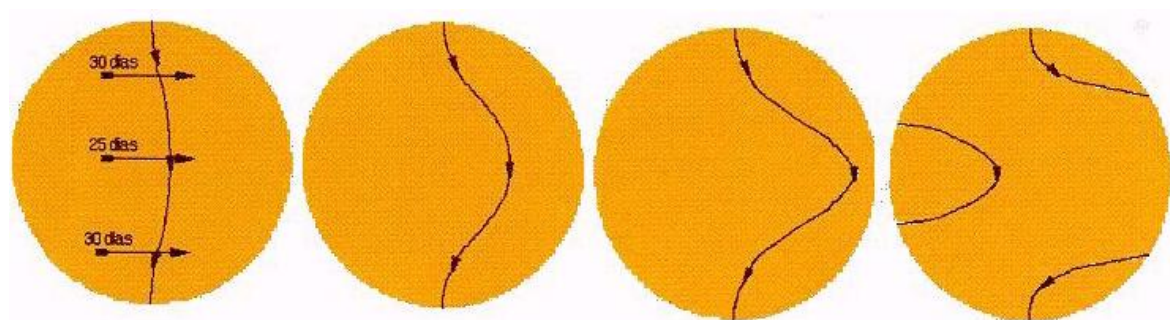


**Figura 10.** Representação esquemática do Sol e de suas manchas solares.  
Fonte: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/producao/sbpc94/fems-04.jpg>.

<sup>13</sup> O Gauss, simbolizado com a letra G, é a unidade CGS de densidade de fluxo magnético ou indução magnética (B), nomeado em homenagem ao matemático e físico alemão Carl Friedrich Gauss.

<sup>14</sup> Plasmas são gases altamente aquecidos e ionizados.

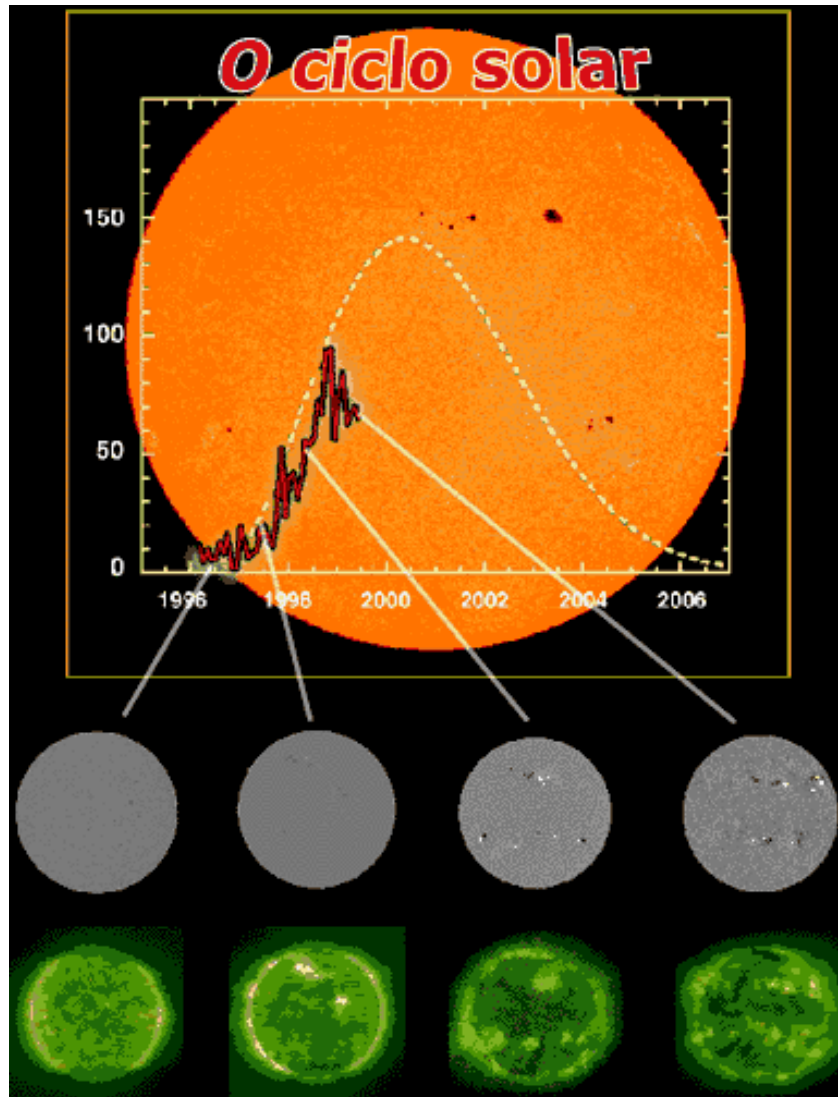
Existem várias teorias sobre a origem das manchas solares e a mais aceita pelos cientistas aponta a rotação diferencial do Sol como fator principal para a formação das manchas solares. Segundo Tavares (2000), a rotação no equador demora 25 dias e arrasta lateralmente as linhas do campo magnético. Por isso, as manchas solares são facilmente encontradas em latitudes superiores a 40°. Nos polos essa rotação leva 30 dias para acontecer. A Figura 11 ilustra bem o que dissemos.



**Figura 11.** Distorção das Linhas de Campos Magnético causadas pela Rotação Diferencial do Sol.  
Fonte: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/producao/sbpc94/fems-03.jpg>.

As manchas solares estão na fotosfera e sua temperatura média é de 4.300 K. Elas são formadas por uma região central denominada *umbra* e um contorno acinzentado chamado *penumbra*. Estas manchas sofrem variações periódicas, fato observado por Henrich Schwabe em 1843, e dependendo do seu estágio de evolução seu tamanho pode variar de 1500 a 100.000 km. (BACCARO, 2009).

Segundo Baccaro (2009), Henrich também observou que o Sol apresenta um ciclo, a cada 11 anos, de atividade mínima e máxima. A atividade das manchas solares ocorre como parte desse ciclo de atividade solar. Segundo a NASA, o século XXI será de máxima atividade solar. Veja a Figura 12 abaixo.

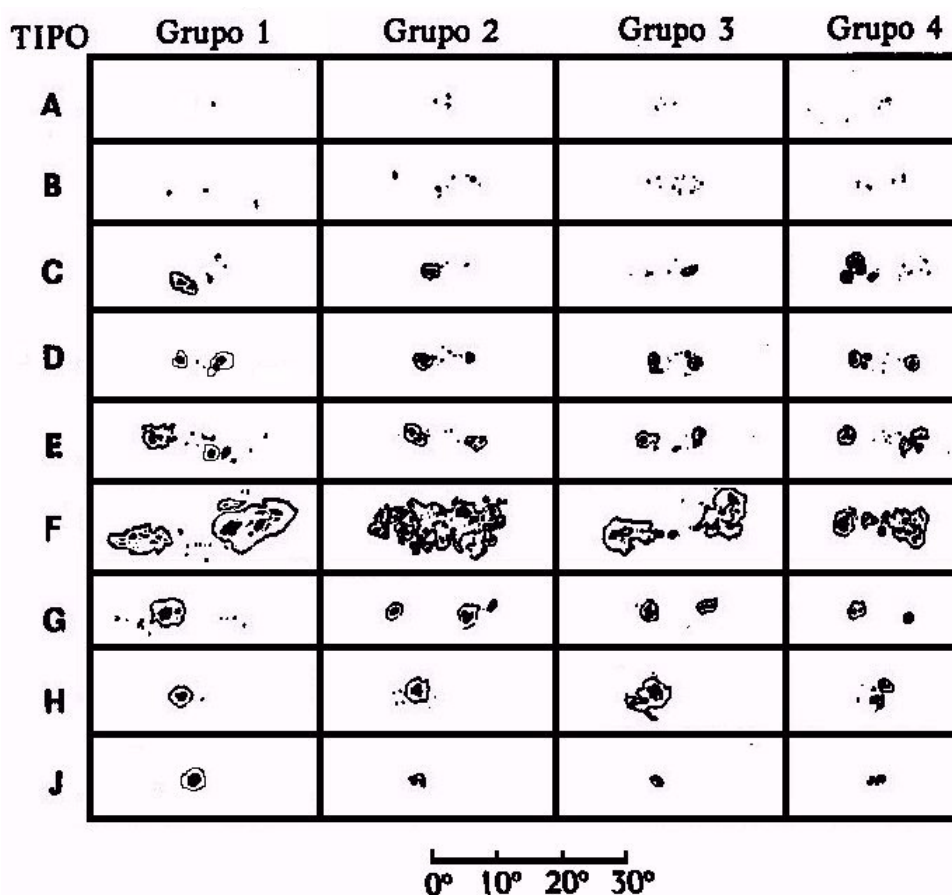


**Figura 12.** O ciclo solar de 11 anos refletido por uma série de manchas solares registradas até o momento e projetadas (linha pontilhada). São mostradas as imagens do magnetograma do MDI (em cinza) e do EIT em 195 ângstroms (em verde). Neste ciclo, o Sol passa por um período de atividade (máximo solar) seguido de um período de calma (mínimo solar).

Fonte: Foto cedida pelo consórcio SOHO. O SOHO é um projeto de cooperação internacional entre a ESA e a NASA ([www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)).

Os astrônomos perceberam que as manchas solares aparecem, na maioria das vezes, agrupadas. Eles afirmam que manchas solares isoladas também formam grupos. Existe uma classificação das manchas solares desenvolvida por Waldemeier (Figura 13), ela é muito importante no estudo sobre a atividade solar cíclica<sup>15</sup>.

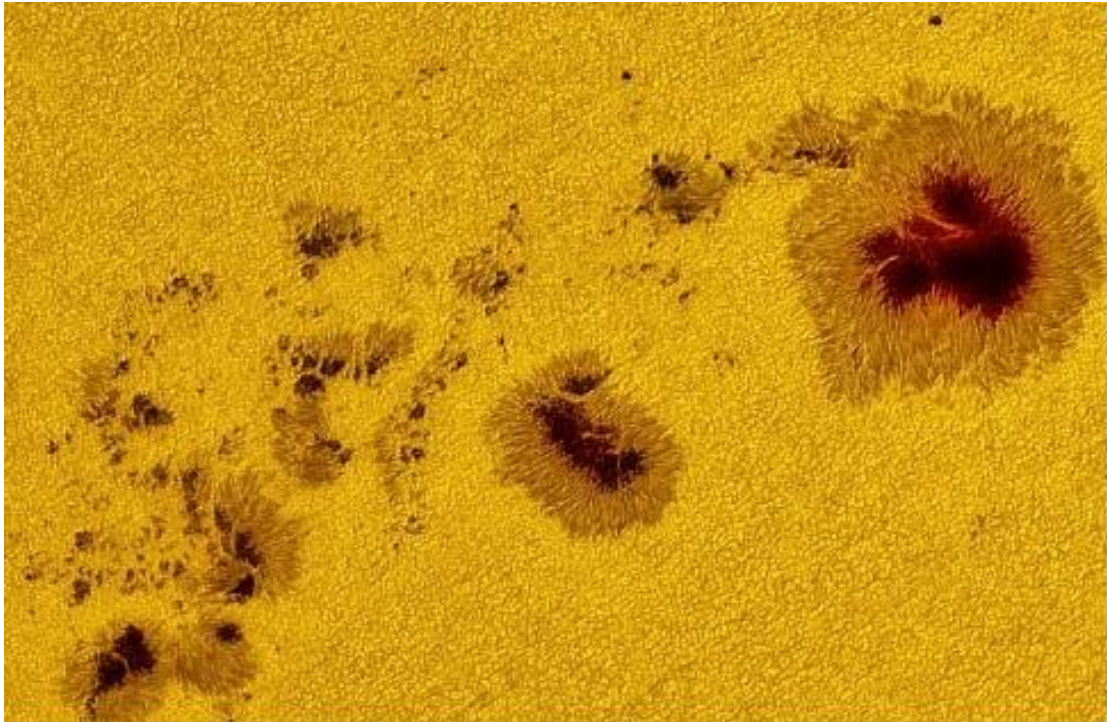
<sup>15</sup> O ciclo solar, também conhecido como ciclo solar de Schwabe é o ciclo que mostra a atividade do Sol em intervalos de aproximadamente 11 anos.



**Figura 13.** Esquema de classificação de Waldemeier para as manchas solares.  
 Fonte: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/producao/sbpc94/fems-05.jpg>.

A máxima atividade solar provoca interferências tanto nas telecomunicações, quanto nas radiocomunicações. Isso acontece porque o Sol emite radiações que provocam mudança na densidade das camadas superiores da atmosfera, em particular da ionosfera. Objetos próximos das camadas externas da atmosfera (satélites) podem perder altura e sofrer desintegração.

A NASA publicou as imagens de gigantescas manchas solares observadas entre os dias 19 e 20 de fevereiro de 2014. De acordo com a NASA (2014), elas apareceram em grupo, de tal forma que, se enfileiradas formariam uma área capaz de conter, aproximadamente, dez planetas Terra em seu interior.



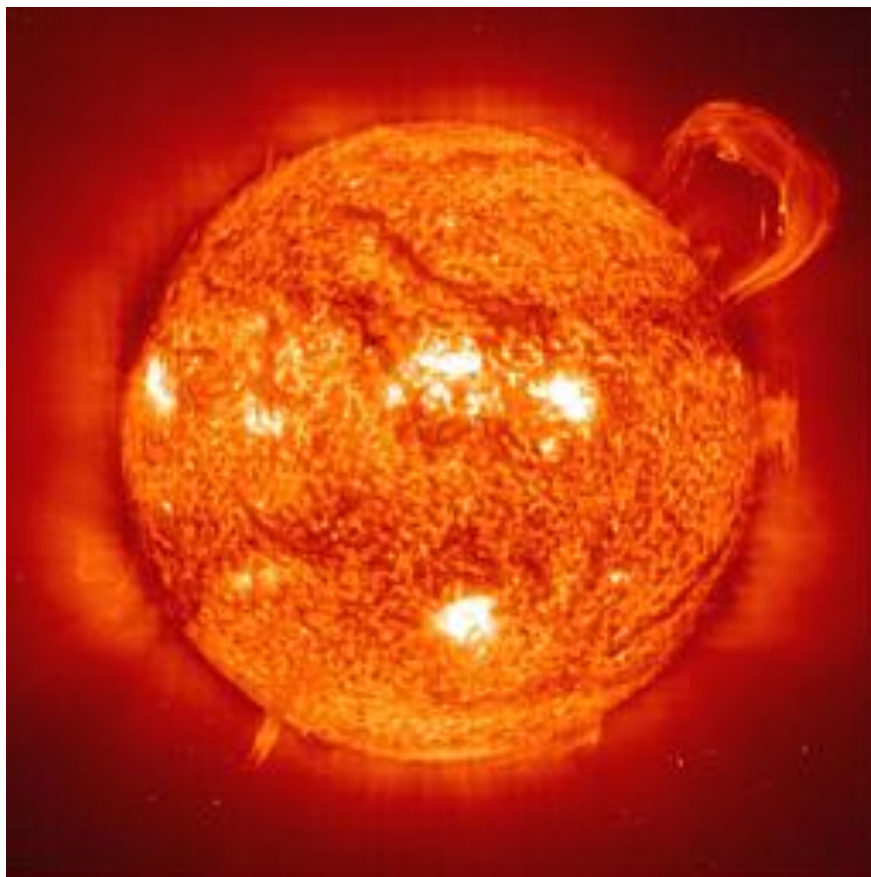
**Figura 14.** Mancha Solar AR1944.

Fonte: [http://www.galeriadometeorito.com/2014/01/tempestade-solar-deve-atingir-a-terra-  
hoje.html](http://www.galeriadometeorito.com/2014/01/tempestade-solar-deve-atingir-a-terra-hoje.html).

## **b) Ejeção de Massa Coronal ou Erupção Solar**

Ricci e Carneiro (2005) explicam que, na coroa solar ocorre ejeção instantânea de gás, elétrons, luz visível, raios ultravioleta e raios X. Os gases expelidos parecem ter formato de balões; são expelidos com altíssima velocidade e em grande quantidade; chegando a dois trilhões de toneladas de matéria com velocidade de  $1,4 \times 10^6$  km/h. Esse fenômeno é conhecido como ejeção de massa coronal.

As partículas provenientes dessas ejeções são prejudiciais aos seres humanos. Também podem danificar satélites, provocar o fluxo de gases da atmosfera da Terra para o espaço interplanetário, perturbar as comunicações via rádio, além de reduzir o transporte de energia elétrica nas redes de transmissão. (BACCARO, 2009).



**Figura 15.** Ejeção de Massa Coronal (EMC)  
Fonte: astro.if.ufrgs.br

Sendo assim, é possível corroborar a afirmativa de Baccaro quando informa que:

Fenômenos solares despertam o interesse da comunidade científica desde sempre: um exemplo é a existência das manchas solares. As observações de manchas solares datam do início do século XVII e proeminências foram notadas durante eclipses do Sol por muitos anos. Quase quatro séculos depois um fenômeno eruptivo foi descoberto por observações feitas por satélites e estas eram as EMCs<sup>16</sup> (BACCARO, 2004, p. 33).

### **c) Vento Solar**

O vento solar é formado por partículas carregadas que atravessam o Sistema Solar, além disso possui baixa densidade e tem origem nas manchas solares. Ele é capaz de transportar mais de um milhão de toneladas de matéria aquecida, aproximadamente, a 100.000 K. Esse material é constituído, principalmente, de prótons e elétrons, átomos ionizados e campos magnéticos. (ALMEIDA, 2001).

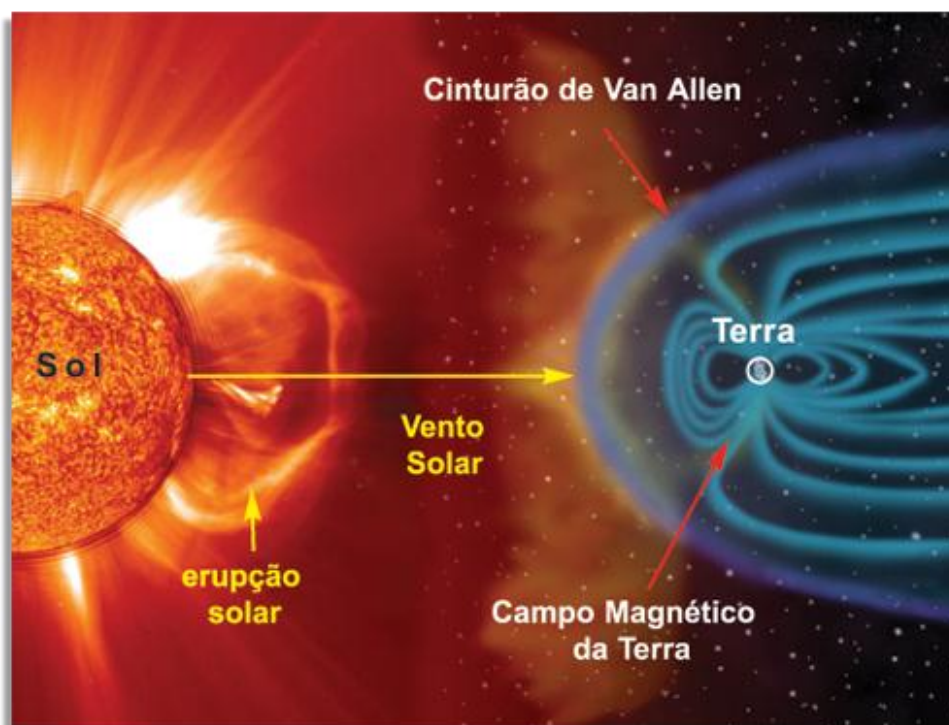
---

<sup>16</sup>EMCs é a abreviação para Ejeções de Massa Coronal.

Machado e Brito (2006) afirmam que o vento solar pode alcançar velocidades e distâncias surpreendentes. A Voyager<sup>17</sup> 1 conseguiu detectar vento solar a uma distância de 85 UA (Unidade Astronômica). A velocidade desse vento pode variar de 300 a 800 km/s e a densidade está entre 1 e 10 partículas/cm<sup>3</sup>. O Sol irradia, continuamente, um fluxo de partículas na forma de vento solar em todas as direções.

O Vento Solar foi inicialmente postulado para explicar a aurora, perturbação geomagnética, e a inclinação das caudas dos cometas, e foi observado diretamente pela primeira vez pela espaçonave Russa Luna 2 em 1959 e Explorer 10 em 1961. (RICCI; CARNEIRO, 2005, p. 5).

As variações de velocidade e densidade do vento solar são responsáveis por distorções permanentes nas linhas do campo geomagnético. (ALMEIDA, 2001, p. 7). O vento solar também pode produzir torque capaz de afetar o desempenho de sensores ou a comunicação terra-satélite.



**Figura 16.** Vento Solar.  
Fonte: [www.portalobjetivo.com.br](http://www.portalobjetivo.com.br)

<sup>17</sup> Voyager 1 é uma sonda espacial norte-americana lançada ao espaço em 5 de setembro de 1977 para estudar o Sistema Solar exterior e, posteriormente, o espaço interestelar.

A Tabela 3 mostra as propriedades do vento solar a uma distância de 1 UA no plano eclíptico<sup>18</sup>.

Tabela 3. Propriedades do Vento Solar Calmo a 1 UA no plano da Eclíptica.

Propriedade	Valor	Propriedade	Valor
Velocidade média na Eclíptica	$3,0 - 3 \times 10^5$ m/s	Temperatura média dos prótons	$4 \times 10^4$ K
Velocidade não radial típica na Eclíptica	$1,8 \times 10^4$ m/s	Campo magnético	5 nT
Velocidade média perpendicular à Eclíptica	$1,8 \times 10^4$ m/s	Densidade do Fluxo de Momento Médio na Eclíptica	$2,3 \times 10^{-9}$ kg/ms <sup>2</sup>
Densidade de Prótons = Densidade de Elétrons	$8,7 \times 10^6$ /m <sup>3</sup>	Componente não radial Típica da densidade do fluxo de Momento na Eclíptica	$2,3 \times 10^{-9}$ kg/ms <sup>2</sup>
Temperatura média dos elétrons	$1,5 \times 10^5$ K	Densidade do Fluxo do Momento médio perpendicular à Eclíptica	$2,3 \times 10^{-9}$ kg/ms <sup>2</sup>

Fonte: INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (RICCI; CARNEIRO, 2005, p. 6).

Observamos assim que:

Todos os fenômenos solares perturbam o meio interplanetário, mas o vento solar é o responsável pela formação da magnetosfera terrestre, a região ao redor da terra controlada pelo campo magnético. O vento solar deforma o dipolo magnético da terra comprimindo-o na parte de frente para o sol e formando uma cauda na parte de trás da terra (MACHADO; BRITO, 2006, p. 20).

Calculamos a temperatura média global do planeta Terra a partir da radiação emitida pelo Sol. Esse cálculo é realizado admitindo que tanto o Sol, quanto a Terra se comportam como um Corpo Negro. Isso porque a temperatura de superfície de ambos é praticamente constante. Sendo assim, é fundamental o estudo sobre a radiação emitida por um Corpo Negro. Este estudo será quantificado pela Lei de Stefan-Boltzmann e pela Lei do Deslocamento de Wien. Também, é impossível dissociarmos o nascimento da Mecânica Quântica do estudo sobre o Corpo Negro. Por essa razão falaremos, brevemente nos parágrafos seguintes, sobre: a) O

<sup>18</sup> É um plano imaginário formado pela órbita da Terra em torno do Sol.

Nascimento da Mecânica Quântica; b) Radiação Térmica; c) Radiação do Corpo Negro; d) Lei de Stefan-Boltzmann; e) Lei do Deslocamento de Wilhelm Wien. Também falaremos sobre quais pesquisadores dedicaram tempo e esforços nessa empreitada.

### **a) O Nascimento da Mecânica Quântica**

Para Rosa (2004), o nascimento da Mecânica Quântica está associado ao trabalho de Max Planck. Trata-se de um artigo publicado por ele em 14 de dezembro de 1900. Nesse artigo Planck discute sobre a distribuição de energia no espectro normal. Esse trabalho foi intitulado “Sobre a Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espectro Normal”. Inicialmente os trabalhos da Física Quântica, basicamente, davam conta de apontar falhas ou problemas não solucionados pela Física Clássica. Seria a Física Quântica uma generalização da Física Clássica? Ao que sabemos ela é dividida em Antiga Teoria Quântica e Teoria Quântica Moderna, conforme veremos a seguir no entendimento de outros dois pesquisadores.

Megiollaro e Betz (2012) dizem que na Teoria Quântica Antiga, estão os trabalhos de Wien, Stefan-Boltzmann e o estudo sobre a radiação do corpo negro. Na Teoria Quântica Moderna discute-se os trabalhos de Maxwell, Planck, Einstein e Schrödinger. A Física Quântica Moderna ganhou os moldes, de como a conhecemos hoje, a partir do trabalho de Erwin Schrödinger.

Para alguns pensadores do século XIX a Física havia alcançado um patamar de compreensão da natureza em que não restava mais nada para ser compreendido. Hoje, em pleno século XXI, sabemos que isso não passa de um grande equívoco. O físico inglês Lord Kelvin (William Thomson; 1824-1927), em 1900, chegou a afirmar que a Física havia atingido o seu limite e que somente duas nuvens negras ameaçavam seu horizonte; apenas dois fenômenos ainda estavam sem explicação: o experimento de Michelson e Morley (que procurava determinar a velocidade da Terra em relação ao hipotético éter<sup>19</sup>) e a distribuição de energia da luz na radiação do corpo negro. (MEGIOLLARO; BETZ, 2012).

---

<sup>19</sup> O éter é uma hipotética substância, postulada pela maior parte dos cientistas até o início do século XX, que em síntese defendiam a ideia da inexistência do vácuo na natureza. Essa linha de raciocínio foi apontada como causa, por exemplo, da falta do desenvolvimento abstrato do numeral zero (0) pelos ocidentais que seguiam a tradição greco-romana. Pela teoria científica, o Éter seria o meio de propagação da luz, assim como o ar é o

No entanto, foram justamente estas duas nuvens negras e as tentativas de explicação de seus resultados experimentais que levaram à elaboração de duas novas teorias. Estas novas teorias alterariam profundamente a física como era conhecida até então, e passaram a ser denominadas: Teoria da Relatividade e Teoria Quântica. (ROSA, 2013, p. 2).

Mas, afinal, qual o campo de estudo/investigação da Física Quântica? A Física Quântica responde pelos fenômenos que acontecem em pequenas dimensões. Essas dimensões estão representadas numa escala microscópica; estamos falando do universo atômico. Planck estava tentando explicar as propriedades da irradiação térmica de um corpo a partir do estudo da matéria em estado condensado (sólido ou líquido), já que nessas condições a matéria apresenta espectro contínuo de radiação. Tal fato se evidencia ainda mais quando a matéria é aquecida. (ROSA, 2004).

Outro dado importante, percebido por Planck, é que os detalhes do espectro não dependem do material que constitui o corpo, mas dependem diretamente da temperatura absoluta do corpo. O objetivo de Planck era estudar corpos com luminosidade própria, ou seja, corpos em que 90% da radiação por eles emitida estaria no espectro do infravermelho, portanto, invisível aos nossos olhos. Então, ele começou analisando os corpos negros. (ROSA, 2004).

## **b) Radiação Térmica**

Radiação térmica é um termo genérico para radiação eletromagnética emitida por um corpo devido a sua temperatura, ou seja, essa energia é proporcional à própria temperatura absoluta do corpo. Sendo assim, quanto maior a energia irradiada, maior a temperatura.

Pierre Prévost, físico e filósofo franco-suíço (1751-1839), no ano de 1791, mostrou que todos os corpos irradiam calor, sejam eles quentes ou frios, desde que estejam numa temperatura superior ao zero absoluto. Nas palavras de Prévost observamos que, todos os corpos emitem radiação térmica ao mesmo tempo em que também a absorvem devido aos corpos vizinhos.

---

meio de propagação do som. Atualmente, contudo, a existência de tal substância é rejeitada pela maior parte da comunidade científica, embora novas descobertas como a energia escura volta e meia motivem a retomada da ideia da existência do Éter ou não-vácuo cósmico.

Quando um corpo recebe do meio ambiente uma quantidade de energia que compense exatamente a energia por ele emitida, o seu estado físico caracterizar-se-á por apresentar uma temperatura constante (equilíbrio térmico). Quando não há equilíbrio entre a energia emitida e a energia absorvida pelo corpo, ocorrem as variações de temperatura. O espectro da radiação térmica emitida pelos corpos sólidos ou líquidos é contínuo.

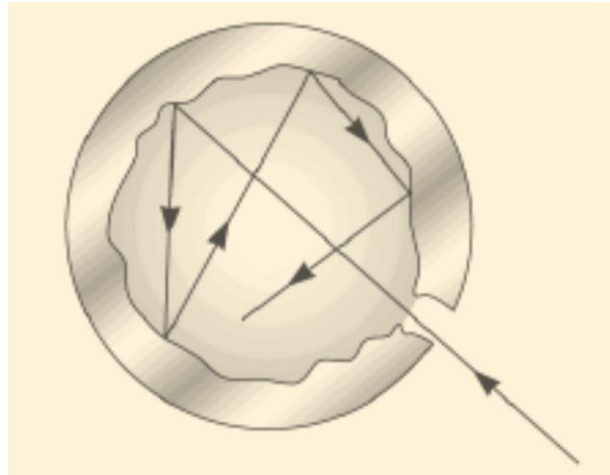
### **c) Radiação do Corpo Negro**

Rosa (2004) nos explica que, os estudos sobre radiação do corpo negro tiveram início em 1859, com os trabalhos de Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887). Para Kirchhoff, corpo negro seria um sistema ideal, no qual, o corpo absorve toda a radiação que incide sobre ele. Tal idealização permite o estudo clássico da radiação térmica. As estrelas podem ser consideradas, com boa aproximação na teoria clássica, como um corpo negro. Portanto, podemos considerar o Sol como sendo um corpo negro.

Normalmente, a natureza da superfície (por exemplo, o material de que é composta) influi na emissão de radiação. No entanto, através de um argumento termodinâmico, analisando vários corpos em equilíbrio térmico, provou que o fluxo de radiação emitido por suas superfícies é independente do material. Além disso, em uma situação de equilíbrio térmico, o fluxo de radiação absorvida é igual ao fluxo de radiação emitida. Por isso, se uma superfície for totalmente negra, no sentido de absorver toda a radiação que incide sobre ela (absorção máxima), ela será também, na situação de equilíbrio térmico, o melhor emissor de radiação. (ROSA, 2004, p. 7).

Corpos negros emitem, a uma dada temperatura, espectros idênticos, independentemente de sua composição. Essa característica intrigante o tornou alvo de grande interesse por parte dos físicos teóricos, cujo trabalho consistia em deduzir uma equação que permitisse calcular a energia emitida pelo corpo negro correspondente a cada um dos comprimentos de onda do espectro da luz por ele emitida.

Um objeto com uma cavidade e um pequeno orifício, como ilustra a Figura 17 é, no modelo termodinâmico clássico, um bom exemplo de corpo negro. Quando a cavidade possui uma temperatura interna  $T$ , a radiação emitida por essa cavidade é refletida, internamente, várias vezes. Uma ínfima fração dessa radiação interna poderá escapar pelo orifício da cavidade.



**Figura 17.** Objeto com cavidade e um pequeno orifício.

Fonte: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/quanta/mq-unid2-textocompl-1.pdf>, acesso em 18 de setembro de 2013>

Isso significa que, praticamente, toda radiação que for emitida será absorvida e remetida novamente internamente. Assim, é possível afirmar que a radiação dentro da cavidade tem propriedades de radiação de um corpo negro.

Kirchhoff estabeleceu uma relação matemática entre a densidade de energia  $u$ , dentro da cavidade, e o fluxo de energia  $\phi$ , que era emitido pelo orifício, através da equação:

$$u = \frac{4\phi}{c} \quad \text{Eq. (5)}$$

onde  $c$  não representa a velocidade da luz, e sim, uma propriedade geométrica da cavidade. A densidade seria proporcional ao fluxo de energia, portanto, para uma mesma cavidade, o aumento no fluxo de energia potencializaria um aumento quatro vezes maior na densidade de energia. A Eq. (5) nos mostra que se o fluxo de energia for mantido constante, a densidade de energia diminuirá na mesma proporção em que ocorra um aumento nas dimensões dessa cavidade.

#### **d) Lei de Stefan-Boltzmann**

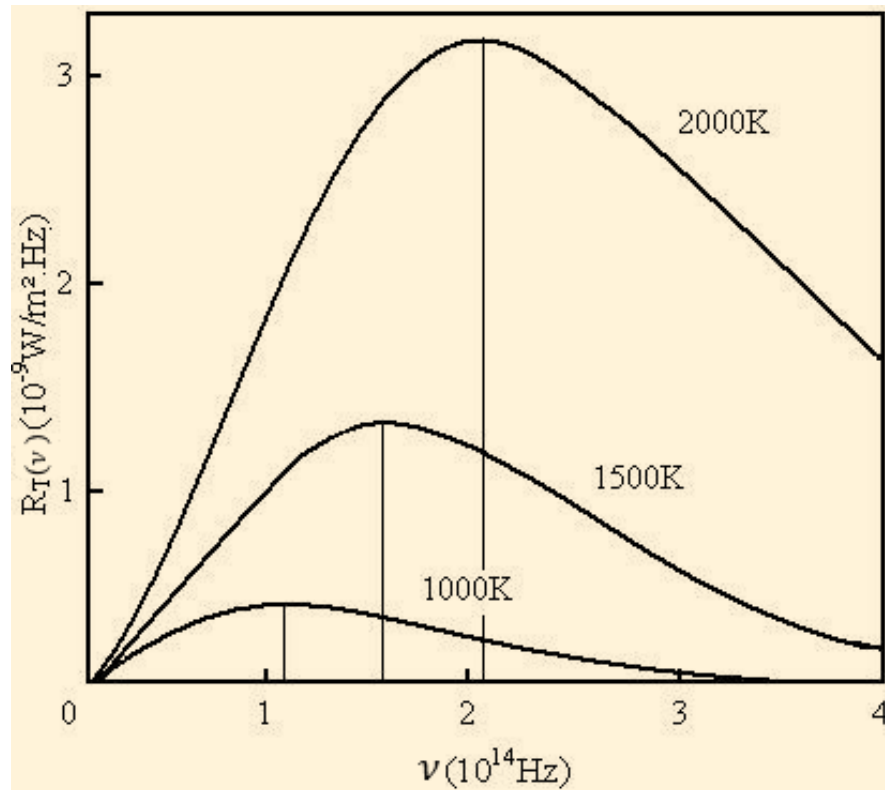
Outro personagem importante, no estudo sobre corpo negro numa cavidade, foi o esloveno Joseph Stefan (1835-1893). Em 1879, ele analisou as medidas

realizadas, pelo físico inglês, John Tyndall (1820-1893). Tyndal havia, em 1865, estudado sobre a emissão de radiação por um fio de platina em duas temperaturas diferentes. (ROSA, 2004, p. 3).

Para compreendermos a distribuição espectral da radiação do corpo negro, usamos uma grandeza denominada radiância espectral. No ano de 1899 Lummer e Pringsheim realizaram, com grande precisão, as primeiras medições da radiância espectral. Eles conseguiram mensurar tal grandeza utilizando um instrumento que possuía lentes e prismas transparentes à radiação térmica de frequência relativamente baixa.

A radiância espectral,  $R_T(\nu)d\nu$ , está em função da energia emitida por unidade de tempo em radiação de frequência, compreendida no intervalo de  $\nu$  a  $\nu + d\nu$  por unidade de área de uma superfície à temperatura absoluta  $T$ . O gráfico da Figura 2 mostra a relação entre a frequência da radiação  $\nu$  em função da temperatura absoluta  $T$ , bem como a proporcionalidade existente entre potência irradiada  $R_T$  em função da temperatura absoluta  $T$ .

Quando a frequência de radiação  $\nu$  permanece invariável, então, a radiância espectral  $R_T(\nu)$ , que é um tipo de frequência de distribuição, assume uma relação de proporcionalidade com a temperatura  $T$ , como mostra o gráfico da Figura 18. Nesse gráfico fica claro que um aumento na temperatura provoca um aumento na radiância espectral.



**Figura 18.** A radiação espectral de um corpo negro em função da frequência da radiação, mostrada para temperaturas de 1000 K, 1500 K e 2000 K.  
 Fonte: Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas (EISBERG; RESNICK, 1979, p. 21, adaptada).

A radiação espectral  $R_T(\nu)d\nu$  será obtida, no intervalo de frequência  $\nu$  a  $\nu + d\nu$ , pela seguinte integração:

$$R_T = \int_0^{\infty} R_T(\nu)d\nu \quad \text{Eq. (6)}$$

Nessas condições ela é denominada de energia total emitida por um corpo negro a uma temperatura  $T$ , por unidade de tempo por unidade de área. Dessa discussão teórica resultou uma equação empírica, enunciada pela primeira vez em 1879. Ela ficou conhecida como Lei de Stefan. A equação foi assim escrita,

$$R_T = \epsilon\sigma T^4 \quad \text{Eq. (7)}$$

onde  $\sigma$  chama-se constante de Stefan-Boltzmann e vale  $5,670 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$  e  $T$  indica a temperatura termodinâmica (em Kelvin).

A radiação térmica emitida por corpos aquecidos depende em geral da composição e da geometria do corpo emissor. Para os corpos negros, no entanto, observou-se experimentalmente que os espectros correspondentes dependem exclusivamente da temperatura: uma mesma temperatura, um mesmo espectro de radiação.

Para um corpo negro  $\varepsilon = 1$ , pois seu poder de absorver a energia nele incide, é máximo, logo a Eq. (7) será escrita assim:

$$R_T = \sigma T^4 \quad \text{Eq. (8)}$$

Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906) foi capaz de explicar, matematicamente, a equação empírica de Stefan, por essa razão a equação leva o nome de ambos. Utilizando a teoria eletromagnética Boltzmann afirmou que a radiação deveria exercer, sobre as paredes da cavidade, uma pressão  $P$ , denominada pressão de radiação. Essa pressão seria proporcional à densidade de energia e escrita sob a forma,

$$P = \frac{u}{3} \quad \text{Eq. (9)}$$

A frequência da radiação, como vocês podem notar, tem seus valores deslocados no gráfico. Esse deslocamento foi objeto de estudo e ficou conhecido pelo nome de Lei do Deslocamento de Wien. A proporcionalidade existente, entre a frequência da radiação e a temperatura absoluta, é dada pela equação,

$$\nu_{\text{máx}} \propto T \quad \text{Eq. (10)}$$

Na Eq. (10) é possível perceber que aumentando a temperatura absoluta  $T$  teremos um menor comprimento de onda da energia radiante emitida. Isso é coerente, visto que a frequência  $\nu$  e o comprimento de onda  $\lambda$  são grandezas inversamente proporcionais. Porém, do produto entre  $\lambda T$  resulta uma constante, cujo valor é representado por  $b = 2,898 \times 10^{-3} \text{mK}$ .

A Eq. (11) representa outra maneira de expressarmos a Lei do Deslocamento de Wien. Vejamos:

$$\lambda_{\text{máx}}T = b \quad \text{Eq. (11)}$$

### e) Lei do Deslocamento de Wilhelm Wien

A Lei de Wien relaciona o comprimento de onda máximo da radiação de um corpo negro com a temperatura por ele emitida. Então, quanto maior for a temperatura desse corpo, maior será sua energia emitida por radiação e consequentemente menor será seu comprimento de onda.

Através de um gráfico, como o da Figura 19, é possível perceber que devido ao aumento de temperatura do corpo negro, a potência irradiada (intensidade de radiação) apresenta uma concentração de energia (pico) que se desloca para comprimentos de onda cada vez menores.

O comprimento de onda máximo pode ser obtido usando a Eq. (11). Essa equação, como já dissemos, é o resultado de um trabalho experimental.

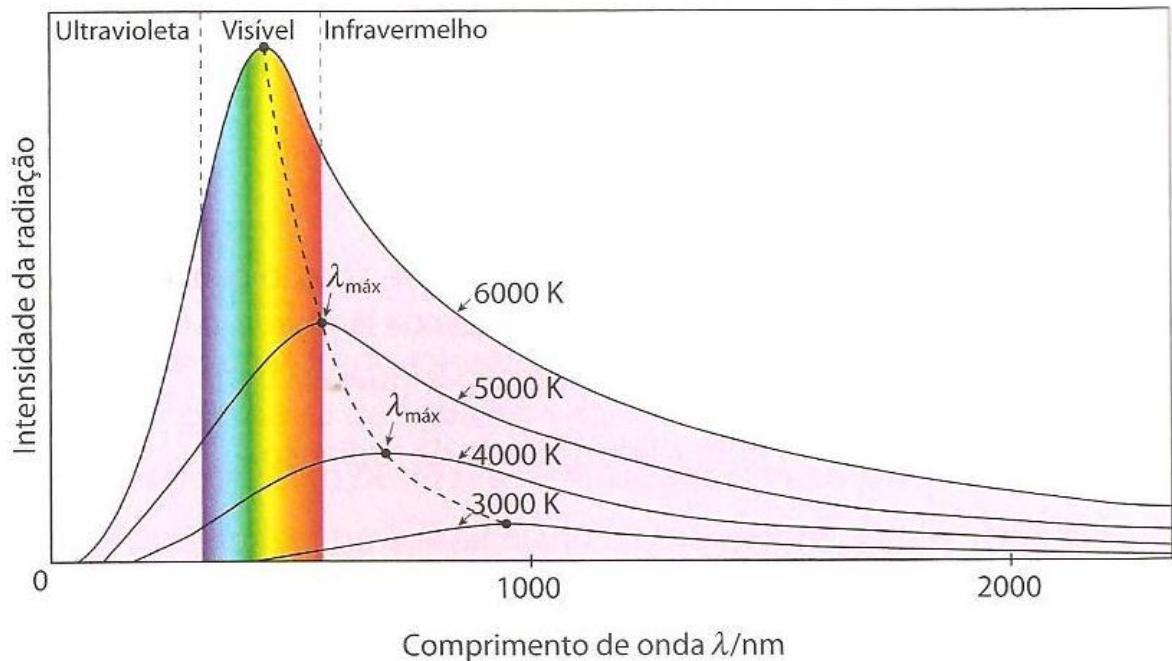
$$\lambda_{\text{máx}}T = 2,898 \times 10^{-3} \text{ mK} \quad \text{Eq. (12)}$$

Devemos observar que:

A teoria clássica não previa a existência de um máximo no brilho para um comprimento de onda finito, e sim um crescimento arbitrário do brilho com a diminuição do comprimento de onda. Esta previsão, *a priori* absurda, foi alcunhada por alguns físicos de “catástrofe ultravioleta”, por ocorrer em regiões de frequências elevadas – comprimentos de onda curtos – (MEGIOLLARO; BETZ, 2012, p.2, grifos do autor).

A Figura 19 (intensidade de radiação x comprimento de onda) representa um resultado típico de corpo negro. Wien examinou detalhadamente essa característica da radiação de corpo negro e concluiu que, quanto maior a temperatura de um corpo negro, menor será o comprimento de onda na qual ele emite radiação térmica mais intensamente.

Usando a Lei de Wien é possível demonstrar que a cor da luz emitida por um corpo se modifica à medida que sua temperatura também se modifica. Sendo assim, cada cor possui um comprimento de onda e uma frequência associadas à ela.



**Figura 19.** Intensidade de radiação x comprimento de onda para emissão de radiação de um corpo negro.  
 Fonte: (ARIEIRO *et al*, 2013, p. 120).

### 3.2. AQUECIMENTO GLOBAL E EFEITO ESTUFA

Pode-se olhar a interação do homem com o meio ambiente sob diversas perspectivas. As interações físicas são as mais curiosas, pois elas se efetuam a partir de diversos sensores existentes no corpo humano. A pele é um bom sensor de temperatura, sendo capaz de operar em faixas relativamente grandes de temperatura; por essa razão, nos permite interpretar muito bem as sensações térmicas a que nos submetemos nos mais diversos ambientes.

O olho humano também é um ótimo sensor, pois opera na faixa de máxima intensidade do espectro solar, ou seja, no visível. O olho humano é um bom exemplo de adaptação evolutiva do corpo ao ambiente terrestre. Por sua vez, segundo Hargreaves (1995) o ambiente terrestre adaptou-se muito bem ao geo-espaço, quer dizer, às peculiaridades do meio interplanetário e seu clima. Por fim, não poderíamos deixar de falar sobre o ouvido, ele constitui um sistema que detecta ondas sonoras.

A partir de Maruyama (2009) compreendemos que, desde tempos imemoriais o homem se preocupa com o clima. No entanto, nos dias atuais virou modismo falar sobre efeito estufa e aquecimento global, e o pior é que isso tem sido

feito indiscriminadamente por alguns “cientistas”, cujas afirmações, não se sustentam em comprovações científicas, além disso, beiram ao absurdo e porque não dizer às fábulas.

Também virou moda os pesquisadores, defensores do aquecimento global, se fundamentarem cegamente nos dados fornecidos pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), ou na boa Língua Portuguesa, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Trata-se de um órgão intergovernamental, composto por pouco mais de quatro mil membros. Mais de 90% dessa equipe trabalha com serviços burocráticos, físicos, químicos, biólogos, meteorologistas, paleoclimatologistas, são praticamente raros. Então, pergunta-se: o que há de ciência, política ou economia em/nas declarações do IPCC sobre o clima? Maruyama, nos responde assim,

Colaboram com o IPCC cerca de quatro mil pesquisadores, que fazem levantamento de trabalhos alheios publicados em revistas e de relatórios científicos alheios, ou seja, eles não são cientistas e não distinguiriam pressupostos distorcidos. Portanto, as análises e interpretações do IPCC também poderiam ser distorcidas, pois dos quatro mil pesquisadores, 450 são redatores e cerca de 30 organizam o relatório e, no final, duas ou três pessoas ficam incumbidas da última redação. Parece ser bastante temerário acreditar que o relatório do IPCC represente algo absoluto. (MARUYAMA, 2009, p. 13).

No que concerne à ciência, as afirmações científicas do IPCC são no mínimo: desastrosas, distorcidas e sem o lastro teórico suficiente para discutir de forma responsável sobre as mudanças climáticas ocorridas ao longo da história da humanidade. Ignorar as flagrantes distorções nos dados anunciados pelo IPCC constitui uma impostura científica. Como exemplo, Maruyama (2009) cita a seguinte passagem sobre o documentário de Al Gore.

A Corte Suprema da Inglaterra fez uma advertência em relação aos cuidados necessários ao se exibir o filme de Gore, pela falta de comprovação científica, como o relato de que as grandes tempestades sobre os oceanos Atlântico e Pacífico teriam aumentado cerca de 1,5 vezes de intensidade e durabilidade desde 1970, segundo o Massachusetts Institute of Technology (MIT). No entanto, nos relatórios do Instituto Massachusetts de Tecnologia, não há registro desse dado (MARUYAMA, 2009, p. 12).

Tal qual nos dias atuais, podemos, exemplificar os falsos alardes, citando um episódio ocorrido no século passado. Nos anos 30 do século XX, na “bacia das poeiras”, camponeses dos Grandes Planaltos viveram momentos difíceis, foi um período de seca e intenso calor. Sobre este acontecimento havia uma preocupação, em particular dos climatologistas. Mas, logo o que se viu foram as discussões científicas perderem espaço para a histeria popular e o alarmismo infundado. A ignorância e a irracionalidade tomaram conta, conseqüentemente as discussões sobre o fenômeno em questão perderam o seu conteúdo científico. (LEROUX, 2008).

Tem sido recorrente a discussão, principalmente em nosso cotidiano, sobre o tema efeito estufa. Nossa preocupação está voltada para a maneira como esse fenômeno vem sendo divulgado em jornais, revistas e na televisão. Os equívocos são vários e contribuem para a disseminação e cristalização de erros conceituais junto à população.

Em toda discussão científica há sempre mais de uma versão para o mesmo problema. Não se trata de atestar quem está certo ou errado, e sim, de verificar a coerência dos resultados a partir dos dados analisados sob a ótica da ciência. Infelizmente, não parece ser isso o que vem acontecendo quando os fenômenos analisados são - o efeito estufa e o aquecimento global.

As informações sobre tais fenômenos são difundidas, principalmente na mídia, como se fosse um dogma ou um postulado, quando na verdade os noticiários estão divulgando hipóteses e incertezas. Os “cientistas” do apocalipse afirmam: o planeta está aquecendo e ponto final. Aquele que tem posicionamento contrário é estereotipado como louco ou mal intencionado. (LEROUX, 2008).

Pesquisadores que atuam no campo da Paleoclimatologia; da Geologia e da Meteorologia têm feito as seguintes perguntas: (1) como são coletados os dados que comprovam as afirmações de que está havendo o aquecimento global? (2) Quais comprovações científicas esclarecem que as ações humanas intensificam o efeito estufa (efeito antrópico)? (3) O CO<sub>2</sub> é realmente o maior responsável pelo efeito estufa e o conseqüente aquecimento global? (4) Quais as técnicas e métodos utilizados? (5) Aonde se encontram os estudos qualitativos e quantitativos que evidenciam o aquecimento global?

Nenhuma resposta coerente, do ponto de vista científico, parece ter sido apresentada para estas e outras indagações de mesma natureza. E então, o aquecimento global é uma realidade ou não passa de uma falácia? De uma fraude?

Poderíamos, se fosse o caso, fazer uma reflexão a respeito das convenções internacionais sobre mudanças climáticas, tais como Conferência de Estocolmo; Protocolo de Kyoto; Eco 92; Rio+10; Rio+20 e tantas outras. Porém, os estudos sobre tais conferências parecem, em todas elas, convergir para interesses políticos e econômicos em detrimento das discussões científicas.

### **3.2.1 O que estão falando sobre clima e modelos climáticos**

Nas pesquisas de Bindshadler e Bentley (2003), os modelos climáticos utilizados pelos defensores do aquecimento global alertam para uma catástrofe iminente. O mais curioso é que esses mesmos modelos ocultam, em seus gráficos e cálculos estatísticos, os períodos de “frio”, pelos quais o planeta passará, por consequência de uma variabilidade natural, ou seja, os mesmos modelos apresentam previsões de resfriamento e aquecimento, no entanto, só anunciam o aquecimento.

Por serem estudos parciais os “cientistas” adequam tais modelos às suas previsões catastróficas sobre o aquecimento global. Tal parcialidade é tão prejudicial à racionalidade humana que chega a ser, no mínimo, inadmissível. É notória a intenção de sempre condicionar o aumento de temperatura ao aumento das emissões de GEE<sup>20</sup>. Mas ainda não explicaram se os GEE são a causa ou a consequência do aumento de temperatura. (TEODORO; AMORIM, 2008).

Segundo Leroux (2008), para convencerem a população de que o CO<sub>2</sub> é o principal responsável pelo aumento de temperatura do planeta, alguns pesquisadores usam o paralelismo das variações de temperatura do ar e do teor atmosférico em GEE fornecidos pelos cilindros de gelo do ártico, que são retirados da Estação Vostock<sup>21</sup>.

Para Leroux (2008) é uma astúcia ideal querer que o passado e o futuro sejam diretamente comparáveis, pois a possibilidade disso ser possível equipara-se

---

<sup>20</sup> GEE – Gases de Efeito Estufa.

<sup>21</sup> A Estação Vostok (Станция Восток, em russo) é uma estação de pesquisas russa localizada no interior da Antártida, fundada em 16 de dezembro de 1957 por V. S. Sidorov.

ao de um cidadão conhecer e compreender os parâmetros orbitais de radiação demonstrados por Milankovitch.

A covariação geral dos parâmetros (deutério, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Ca, etc. e a temperatura correspondente deduzida) no decurso de mais de 400 mil anos resulta de um "forçamento" exterior à própria Terra. Resultou de quatro ciclos principais que revelam a influência da "excentricidade da órbita terrestre" (ciclos de 100 000 anos). No interior de cada grande ciclo glaciário-interglaciário as variações mais breves são conjuntamente associadas à variação da inclinação do eixo dos pólos e à precessão dos equinócios. Estes parâmetros orbitais da radiação foram demonstrados por Milankovitch, em 1924. Todos os parâmetros covariam (e estão portanto estatisticamente correlacionados). Mas a evolução da temperatura a esta escala de tempo não depende dos GEE. Pelo contrário, são as taxas de crescimento destes que dependem (mais ou menos directamente) da temperatura. Por consequência, apesar dos resultados notáveis das análises dos cilindros de gelo para o conhecimento dos climas passados, a referência sistemática aos paleoambientes (mais exactamente à "química isotópica") não faz qualquer sentido no debate (...) E tanto menos sentido quanto as teorias meteorológicas convencionais utilizadas pelos modelos não propõem um esquema de circulação geral válido a esta escala paleoclimática (LEROUX, 2008, p. 7, grifos do autor).

Os ciclos de Milankovitch prescrevem a alteração dos parâmetros orbitais da Terra em periodicidades específicas: a mudança da excentricidade da órbita de translação terrestre em ciclos de 105 mil anos, a mudança do eixo de inclinação da rotação terrestre em relação ao plano orbital em ciclos de 41 mil anos, e a precessão terrestre (movimento semelhante a de um peão diminuindo sua energia cinética) em ciclos de 21 mil anos. Segundo Oliveira (2008), a teoria de Milankovitch teria tido sucesso em explicar as glaciações dos últimos 650.000 anos, mas seria inadequada para explicar as alterações climáticas ao longo dos últimos 100 anos, posto que os parâmetros orbitais são praticamente constantes neste intervalo de tempo (OLIVEIRA, 2008 *apud* BARBOSA, 2010, p. 38).

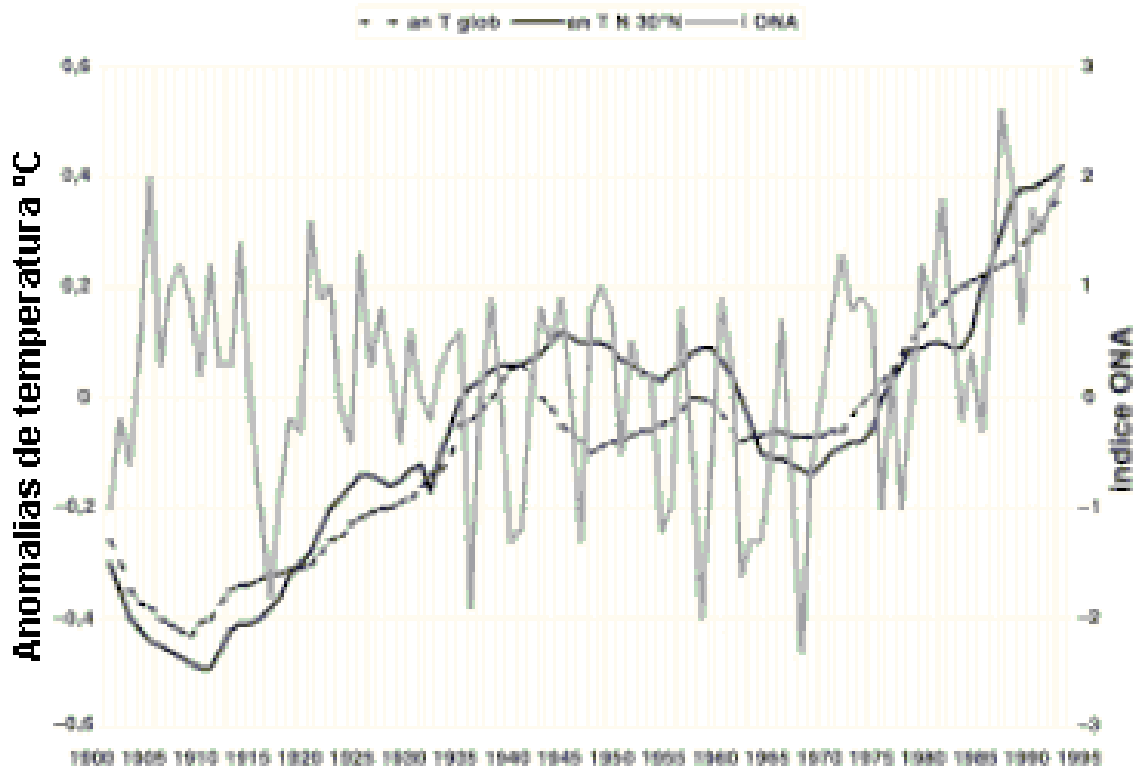
Um outro dado curioso e motivo de debate tem sido a afirmação do IPCC de que a temperatura média do planeta aumentou de 0,6 °C ± 0,2 °C no período de 1860-2000. Neste período, vale notar, tivemos a Revolução Industrial que proporcionou o aumento de indústrias e consequentemente o aumento da poluição. (BARBOSA, 2010).

Seguindo a argumentação do IPCC, feita no parágrafo anterior, chegaremos a seguinte conclusão: o aumento da poluição significa aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera; o CO<sub>2</sub> é um GEE, logo a intensificação do CO<sub>2</sub> provocou essa elevação de temperatura, ou seja, de 0,6 °C ± 0,2 °C. Se esta conclusão estiver correta, então, as variações de temperatura num intervalo de 50 anos, dentro do período de 1860 a 2000, deveriam ser inferiores a 0,6 °C (LEROUX, 2008).

De acordo com Leroux (2008), de 1961 a 1990 as temperaturas registradas entre Nice e Marselha ou entre Marselha e Perpignan, foram respectivamente 14,2 °C a 14,8 °C e 14,5 °C a 15,1 °C. Notem que as variações de temperatura são exatamente iguais a 0,6 °C. Parece-nos curiosa a maneira como o IPCC prevê as variações de temperatura média global. Mais curiosa ainda é a previsão variacional, de temperatura média global, que o IPCC tem feito para 2100.

Mantenha-se o bom senso: comparada com a variação “real” de 0,6 °C de subida no período de 1860-2000, uma variação de temperatura prevista pelo IPCC entre 2 °C a 6 °C (ou de 1,4 °C a 5,8 °C com uma margem de incerteza de 1 a 3,5 °C) para um ano tão afastado como o de 2100 tem verdadeiramente algum significado? Só com muito boa vontade! (LEROUX, 2008, p. 9, grifo do autor).

Os modelos climáticos usados pelo IPCC, e, diga-se de passagem, modelos sofisticados, não conseguem de fato explicar que o aquecimento global começou, tão somente especular usando como argumento uma interpretação equivocada, como a que é feita, no **Gráfico 11**.



**Gráfico 11.** Evolução do índice ONA<sup>22</sup> e das anomalias da temperatura “reconstituída” global (a norte da latitude 30° N) de 1900 a 1995.

Fonte: [http://www.resistir.info/climatologia/impostura\\_cientifica.html](http://www.resistir.info/climatologia/impostura_cientifica.html)

<sup>22</sup> ONA – Oscilação do Norte do Atlântico.

Segundo Leroux (2008), a curva descrita no Gráfico 11 corresponde a um aquecimento localizado e não global como insinua o IPCC.

O pretendido aquecimento dito global atribuído ao efeito de estufa antropogénico é com efeito regional e limitado. Relewa no essencial do factor dinâmico e, portanto, de uma alteração do modo de circulação geral a partir dos anos 70, desvio climático principal que é, recordemos, ignorado pelos "modelos" e pelos "experts", nomeadamente, os ditos "cientistas" do IPCC. (LEROUX, 2008, p. 7, grifo do autor).

Ficamos estarecidos face às declarações de dois "cientistas" que defendem as teorias do IPCC sobre o aquecimento global. São verdadeiras pérolas e em hipótese alguma poderíamos deixar passar despercebido. Os distintos cavalheiros são Le Treut e Jancovici. Alguns escritos destes revelam que:

A modelação permitiu traçar um feixe de futuros possíveis onde o clima parece inevitavelmente que vai mudar. (p. 45).  
Um eventual aumento da variabilidade [...] pode afetar as temperaturas, aumento dos gelos tardios da Primavera. (p. 59).  
Um aumento da mortalidade, consequência possível de um aumento das temperaturas (p. 61). (LE TREUR; JANCOVICI, 1996 *apud* LEROUX, 2008, p. 9).

Com pesquisadores assim o IPCC poderia até pensar em mudar seu campo de atuação. A primeira afirmativa diz que, o clima inevitavelmente vai mudar, de fato, isso tem acontecido desde sempre.

Na segunda afirmativa, em destaque, vem a revelação de que, em pleno cenário de aquecimento global, estamos ameaçados pelos gelos tardios. Não nos parece preocupante. Para finalizar, uma afirmação um tanto, quanto estranha; a de que nós iremos morrer devido ao aumento de temperatura. Aos defensores do IPCC nos resta informá-los que frequentemente, na Europa, pessoas têm morrido por consequência dos longos períodos de frio intenso.

Chegarmos vivos a esse ponto da discussão nos dá o direito de fazermos a seguinte reflexão: se continuarmos a alimentar e a disseminar esse tipo de absurdo, a comunidade científica estará seriamente ameaçada de ser acometida de algum tipo de inércia mental ou até mesmo de uma inanição intelectual. (LEROUX, 2008).

O lado positivo dessa história é que também existem pesquisadores comprometidos com a ciência. Um exemplo claro disso são os autores Teodoro e Amorim (2008). Estes autores dizem que:

Atualmente, as mudanças climáticas representam um dos temas mais contraditórios no meio científico, pois não existem, até o presente momento, decisões contundentes sobre o grau de participação dos elementos responsáveis (naturais e antrópicos) pelas alterações globais, mesmo com todos os avanços tecnológicos, nos últimos tempos. Tais contradições se agravam, ainda mais, pelo caminho das mudanças no clima: aquecimento global ou nova era glacial? (TEODORO; AMORIM, 2008, p. 26).

Os modelos climáticos atuais não explicam com exatidão as variações climáticas globais. Na verdade, há imprecisão, também, quando se mede a variação de temperatura numa escala local. Sendo assim, parece ser imprudente fazer afirmações contundentes sobre o clima global a partir desses modelos climáticos.

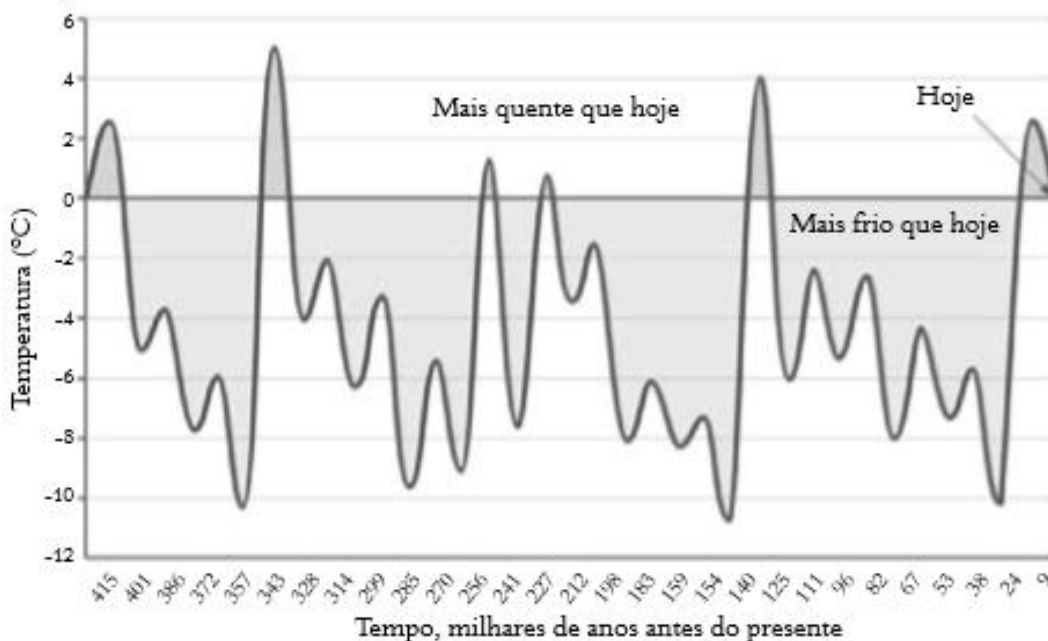
Estima-se que a idade do nosso planeta seja de 4,55 bilhões de anos. Durante esse tempo o clima da Terra passou por inúmeras mudanças, sempre alternando entre períodos quentes e frios, desde a Era Mesozóica<sup>23</sup> ao século XXI (SILVA; PAULA, 2009).

Silva e Paula (2009) explicam que na Era Mesozóica (225 milhões de anos a 65 milhões de anos), a temperatura da Terra atingiu de 30 a 33 °C, e mesmo nas regiões polares, as temperaturas variaram de 8 °C a 10 °C. As análises feitas em registros de gelo da Antártica mostraram que, desde 415 mil anos até o presente, o planeta já passou por cinco breves períodos interglaciais<sup>24</sup>. Veja a Figura 20.

---

<sup>23</sup> O nome Mesozóico é de origem grega e refere-se a "meio animal", sendo também interpretado como "a idade medieval da vida". Esta Era é especialmente conhecida pelo aparecimento, domínio e desaparecimento dos dinossauros.

<sup>24</sup> Um período interglacial ou fase interglaciar é um intervalo geológico caracterizado por temperaturas médias mais quentes que separam os períodos glaciares. Os períodos glaciais são caracterizados pelo frio intenso, conhecido também pelo nome Era do Gelo.



**Figura 20.** Ciclos climáticos nos últimos 415.000 anos (Salamantin *et al.* 1998)

Fonte: SILVA, Robson Willians da Costa; PAULA, Lima de Penha. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural, 2009, p. 48.

No entanto, estudos realizados nas amostras de gelo da Groenlândia revelaram que o planeta passou por cinco períodos quentes no intervalo de 1450 a.C a 2010 d.C. Dos quais escolhemos os três ocorridos depois do nascimento de Cristo (Calendário Juliano)<sup>25</sup>. Estes eventos se estendem do ano 800 a 2010.

Do ano 800 a 1100 tivemos o chamado Período Quente Medieval, a “Pequena Idade do Gelo” se estendeu de 1650 a 1850, enquanto o período Quente do Século XX foi de 1900 a 2010. Alguns cientistas acreditam que estamos no Período Holocénico<sup>26</sup>, no qual o clima é considerado relativamente estável. Os registros glaciares evidenciam o aquecimento global decorrente do fim da última glaciação, seguidos de novos períodos de arrefecimento de menor amplitude. (SILVA; PAULA, 2009).

O século XX foi quase tão quente como os séculos do Período Quente Medieval. O recente período quente 1976-2000 parece ter chegado ao fim; astrofísicos que estudam o comportamento das manchas solares prognosticam que os próximos 25-50 anos poderão compor um período frio semelhante ao Mínimo de Dalton, ocorrido entre as décadas de 1790 e 1820 (EVANS, 2007 *apud* SILVA; PAULA, 2009, p. 47)

<sup>25</sup>O calendário juliano foi implantado pelo imperador romano Júlio César, no ano 44 a.C. O nascimento de Cristo é o marco zero nesse calendário, então os eventos são registrados em antes de Cristo (a.C) ou depois de Cristo (d.C). Até chegar a data zero os anos são contados em ordem decrescente e a partir do zero em ordem crescente.

<sup>26</sup> O Período Holocénico teve início há 11,5 mil anos e se estende até o presente.

As informações sobre o clima apontam para o crescente aumento de temperatura. Este aumento tem sido diretamente relacionado ao aumento na emissão de CO<sub>2</sub> antropogênico na atmosfera. No entanto, o que estes autores estão querendo dizer é que as variações climáticas globais são cíclicas e o aumento de temperatura não é consequência única e exclusiva do aumento de CO<sub>2</sub> antrópico. Pois, se o século XX foi tão quente quanto o Período Medieval, então no Período Medieval deveria existir emissão de CO<sub>2</sub> antrópico e natural numa proporção similar à do século XX, e isso não é verdade.

A julgar pelas variações climáticas globais ocorridas ao longo dos séculos, Silva e Paula (2009) entendem que estamos prestes a entrar num período climático de resfriamento, contrapondo-se à ideia de aquecimento global tão difundida em todos os meios de comunicação.

### **3.2.2 Compreendendo o efeito estufa**

Entender o efeito estufa requer um estudo mais profundo sobre a dinâmica da atmosfera terrestre. Faremos a seguir uma breve discussão sobre essa temática, mas, com a devida cautela em obedecermos as normalidades e as formalidades da ciência. Então, o que é o efeito estufa?

De acordo com os estudos de Xavier e Kerr (2004), a superfície do Sol emite radiação num espectro, parecido com o de um corpo negro, a uma temperatura de superfície estimada em ~ 6.000 K. Essa radiação possui pequeno comprimento de onda, algo da ordem de 0,2 a 4 µm; são as chamadas ondas curtas, com máximo na região da luz visível.

Este tipo de radiação passa, com certa facilidade, pela atmosfera terrestre que é composta, praticamente, por gases (dióxido de carbono, ozônio, metano, óxido nitroso, vapor d'água) transparentes à radiação solar.

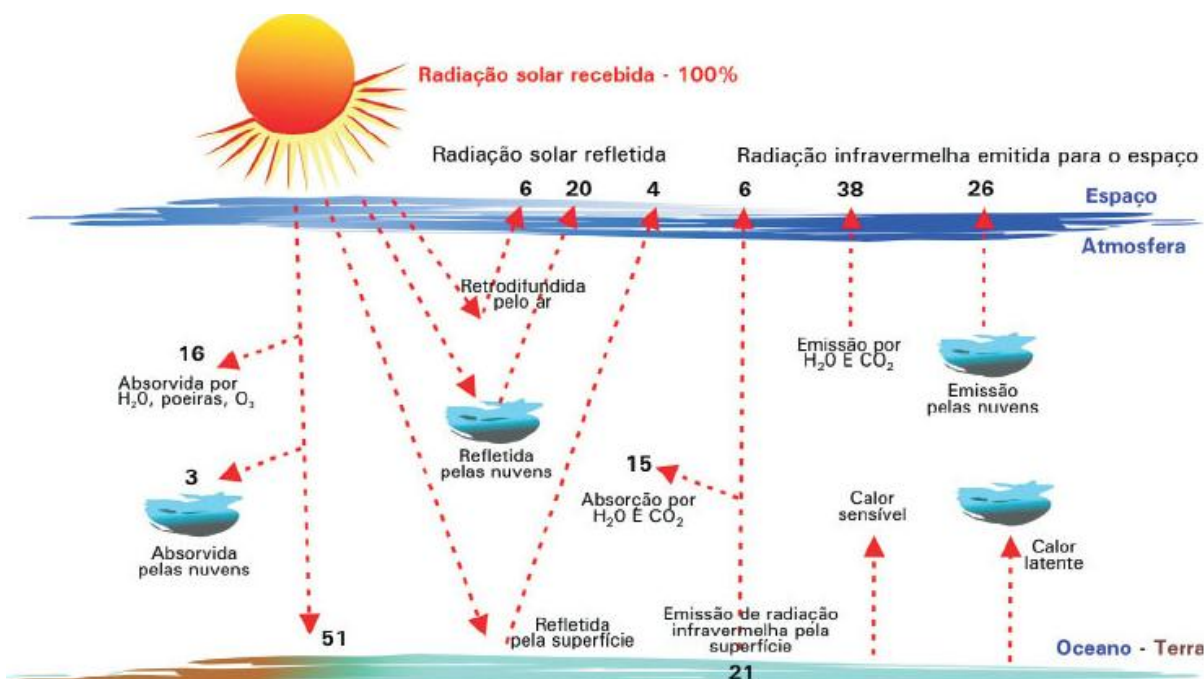
Grande parte da radiação emitida pela superfície da Terra é absorvida em sua própria atmosfera, por causa da existência dos gases (dióxido de carbono, ozônio, metano, óxido nitroso, vapor d'água). Estes gases são chamados de gases estufa porque retêm com grande eficiência a radiação emitida pela superfície da Terra, no entanto, absorvem pouca radiação emitida pelo Sol. (XAVIER; KERR, 2004).

O planeta Terra emite radiação, num espectro parecido com o de um corpo negro, a uma temperatura em torno de 300 K. Esta radiação está no espectro do infravermelho. São ondas longas, cujo comprimento de onda está no intervalo de 4 a 100  $\mu\text{m}$  (COSTA, 2007).

Costa (2007), simplifica a compreensão de efeito estufa natural da Terra com as seguintes palavras:

No Caso da Terra, ocorre o seguinte: de toda energia do Sol que atinge o planeta, cerca de 30% são imediatamente refletidos de volta ao espaço, outros 20% são absorvidos por elementos da atmosfera (principalmente moléculas) e os 50% restantes alcançam a superfície do planeta (terra firme e oceanos). Desses 50%, uma parte é absorvida e outra é refletida de volta à atmosfera. A maior parte da radiação refletida pela superfície do planeta é absorvida pela atmosfera ou é de novo refletida para a superfície; apenas uma pequena fração escapa para o espaço. O efeito líquido desse zigzague da radiação é o aquecimento da atmosfera e da superfície do planeta – daí o nome efeito estufa. (COSTA, 2007, p. 78).

Esses gases emitem radiação quando são aquecidos. Parte dessa radiação vai para a Terra, parte para o espaço. O aquecimento adicional da superfície terrestre, nesse processo, é denominado Efeito Estufa. A Figura 21 a seguir representa o que dissemos até agora.



**Figura 21.** Representação esquemática do efeito estufa.

Fonte: <http://www.biodieselbr.com/credito-de-carbono/mdl/index.htm>

### 3.2.3 Compreendendo o aquecimento global

Segundo Costa (2007), no ano de 1957 os cientistas, Roger Revelle e Hans Suess, publicaram na revista sueca *Tellus*, um artigo sobre o aquecimento global. Neste artigo, também discutiram sobre as possíveis alterações na composição química da atmosfera terrestre, devido à excessiva liberação de CO<sub>2</sub> resultante das atividades humanas.

Roger e Hans afirmaram que a excessiva liberação de dióxido de carbono poderia provocar alterações na composição química da atmosfera terrestre. A publicação desse artigo na *Tellus* provocou a incorporação do aquecimento global à agenda científica. (COSTA, 2007).

O aquecimento global seria o resultado do incremento de calor na atmosfera terrestre, ou seja, o resultado da intensificação de origem antropogênica de um mecanismo natural chamado efeito estufa. Silva e Paula (2009) ampliam a definição de aquecimento global, quando nos ensinam que:

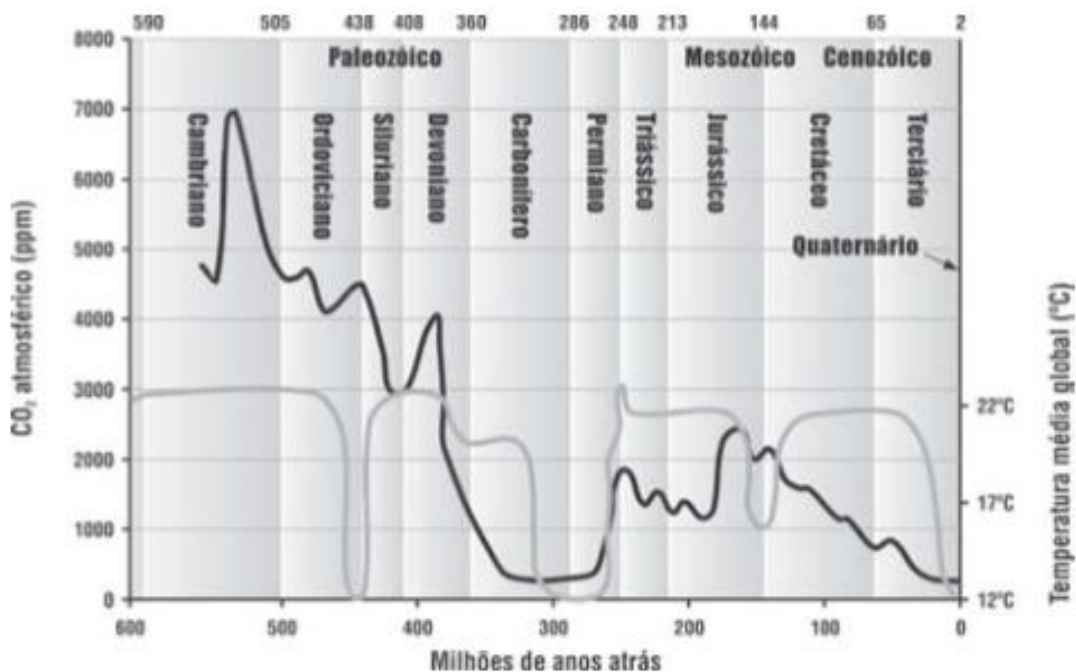
O aquecimento global é um fenômeno de larga extensão, ou seja, um aumento da temperatura média superficial global, provocado por fatores internos e/ou externos. Fatores internos são complexos e estão associados a sistemas climáticos caóticos não lineares, isto é, inconstantes, devido a variáveis como a atividade solar, a composição físico-química atmosférica, o tectonismo e o vulcanismo. Fatores externos são antropogênicos e relacionados a emissões de gases-estufa por queima de combustíveis fósseis, principalmente carvão e derivados de petróleo, indústrias, refinarias, motores, queimadas etc. (SILVA; PAULA, 2009, p. 43).

Trouxemos as definições de efeito estufa e aquecimento global para mostrar que, apesar de se relacionarem entre si, não são sinônimos nem devem ser confundidos. São fenômenos distintos, mas, a existência de um (aquecimento global) é consequência do outro (efeito estufa).

Até o presente momento não existem evidências ou explicações que provem ser o aquecimento global uma causa natural ou antrópica.

As evidências que vinculam as emissões de CO<sub>2</sub> antropogênicas ao presente aquecimento se limitam a uma correlação entre concentrações de CO<sub>2</sub> e temperaturas, que só se verifica no período 1976-2000. As tentativas de se elaborar uma teoria holística, pela qual o CO<sub>2</sub> atmosférico controla o balanço de radiação da Terra e, portanto, determina as temperaturas médias globais, não foram bem sucedidas. (SILVA; PAULA, 2009, p. 47).

O **Gráfico 12** levanta dúvidas se o aumento de emissões antrópicas de CO<sub>2</sub> na atmosfera terrestre é mesmo a causa do aumento de temperatura média global. Este gráfico mostra as variações naturais das temperaturas e concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no decurso dos últimos 550 milhões de anos.



**Gráfico 12.** Concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico durante as eras geológicas.  
 Fonte: Adaptado da Fundação Argentina de Ecologia Científica *apud* SILVA, Robson Willians da Costa; PAULA, Lima de Penha. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural, 2009, p. 48.

A curva mais escura representa a temperatura, enquanto a mais clara representa a concentração de CO<sub>2</sub>. Na interpretação de Silva e Paula (2009), as duas curvas são relativamente independentes, o que descaracteriza as teorias sobre o CO<sub>2</sub> antropogênico.

O planeta já sofreu, ao longo de sua existência de aproximadamente 4,55 bilhões de anos, processos de resfriamentos e aquecimentos extremos. Está comprovado que houve alternância de climas quentes e frios, sendo este um fenômeno corrente na história do planeta. Por isso, as evidências causais estão nas características do atual aquecimento em relação aos anteriores, como o percentual e o tempo de retroalimentação do vapor de água na atmosfera, a atividade solar, concentração na atmosfera de gases provenientes de desastres naturais – metano pelo degelo de áreas pantanosas, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono por erupções vulcânicas e queimadas. As simulações climáticas referentes ao início do século passado (1900 a 1950) podem ser explicadas somente pelos fatores internos e naturais, mas o aquecimento ocorrido após a metade do século passado até o momento, para ser explicado, necessita dos fatores externos como as emissões de gases de origem antropogênica, responsáveis pelo

efeito estufa. Essa explicação é devida principalmente ao tempo de permanência desses gases na atmosfera, em sua maioria acima de cem anos, e a velocidade do aumento da temperatura global nas últimas décadas. Os fatores externos estão sendo incorretamente incorporados aos modelos climáticos como, por exemplo, a retroalimentação do vapor de água na atmosfera, gerando assim resultados superestimados (SILVA; PAULA, 2009, p. 47-49).

Sendo assim, as questões relacionadas aos fatores, internos e externos (antrópico), que contribuem para o aquecimento global forem esclarecidas e respondidas com precisão, então, será possível responder se o aquecimento global é de origem natural ou antropogênica, bem como fazer, durante o século XXI, projeções mais seguras sobre os climas do futuro.

### **3.2.4 Cálculo da temperatura média da superfície terrestre**

Achamos oportuno mostrar como calcular a temperatura média da superfície da Terra. Num primeiro momento, utilizamos um procedimento (Procedimento 1) para calcularmos essa temperatura sem levarmos em conta o efeito estufa natural, assim obtendo uma temperatura média de, aproximadamente, menos dezoito graus Celsius ( $\sim -18^{\circ}\text{C}$ ).

Num segundo momento apresentamos mais dois procedimentos para se calcular a temperatura média da superfície terrestre, mas dessa vez, levando em conta o efeito estufa natural e desconsiderando o albedo planetário<sup>27</sup>. A fim de darmos uma continuidade na leitura chamaremos esses dois procedimentos, respectivamente, de Procedimento 2 e Procedimento 3.

No Procedimento 2 utilizamos um artifício matemático, a partir do Teorema de Tales, aplicado à geometria espacial de um cone (Figura 21); logo em seguida utilizamos a Equação de Stefan-Boltzmann e o Princípio da Conservação de Energia.

O Procedimento 3 foi realizado com maior rigor científico, através do qual fizemos uso da Lei do Deslocamento de Wien, bem como da Lei de Stefan-Boltzmann, uma vez que estamos a considerar tanto o Sol, quanto a Terra se comportando como corpos negros.

---

<sup>27</sup> É a fração de radiação refletida pela superfície e atmosfera terrestres. Essa fração costuma ser representada em porcentagem.

### a) Procedimento 1

De acordo com Xavier e Kerr (2004), a potência irradiada por unidade de área para um corpo negro é dada pela seguinte equação:

$$E_B = \sigma T^4 \quad \text{Eq. (13)}$$

na qual  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann e  $T$  a temperatura absoluta do corpo.

A Terra absorve a radiação solar a uma taxa de:

$$E_A = S(1 - \alpha)/4 \quad \text{Eq. (14)}$$

na qual:

- **S** é a taxa de radiação solar que chega ao topo da atmosfera terrestre, chamada de constante solar. Sua medida por satélites varia entre 1365 a 1372  $\text{Wm}^{-2}$ ;
- **$\alpha$**  é a fração de radiação refletida pela superfície e atmosfera terrestres (albedo);
- o fator 1/4 deve-se à distribuição dessa energia sobre a superfície terrestre. Veja que o disco da Terra que intercepta a radiação solar tem área  $\pi R^2/4\pi R^2=1/4$  (RAMANATHAN *et al.*, 1989 *apud* XAVIER; KERR, 2004, p. 329).

Xavier e Kerr (2004) afirmam que se considerarmos um ciclo onde a Terra tem uma temperatura média constante, então, este planeta estará em equilíbrio térmico. Segundo esses autores, isso é, aproximadamente, o que ocorre num ciclo anual), nos permitindo igualar a eq.14 com a eq.13, ou seja,

$$S(1 - \alpha)/4 = \sigma T^4 \quad \text{Eq. (15)}$$

Como o albedo terrestre vale aproximadamente 0,30, a temperatura calculada pela eq.15 é de 255 K, ou seja  $\sim -18^{\circ}\text{C}$ . (XAVIER; KERR, 2004, p. 329). Esse resultado foi obtido admitindo-se, apenas, o equilíbrio radioativo Sol-Terra. Esses mesmos autores ainda afirmam que o valor obtido anteriormente é cerca de 33 K menor que o observado ( $\sim 15^{\circ}\text{C}$ ), mostrando que apenas o equilíbrio radioativo Sol-Terra não basta para explicar a temperatura média da superfície terrestre.

## **b) Procedimento 2**

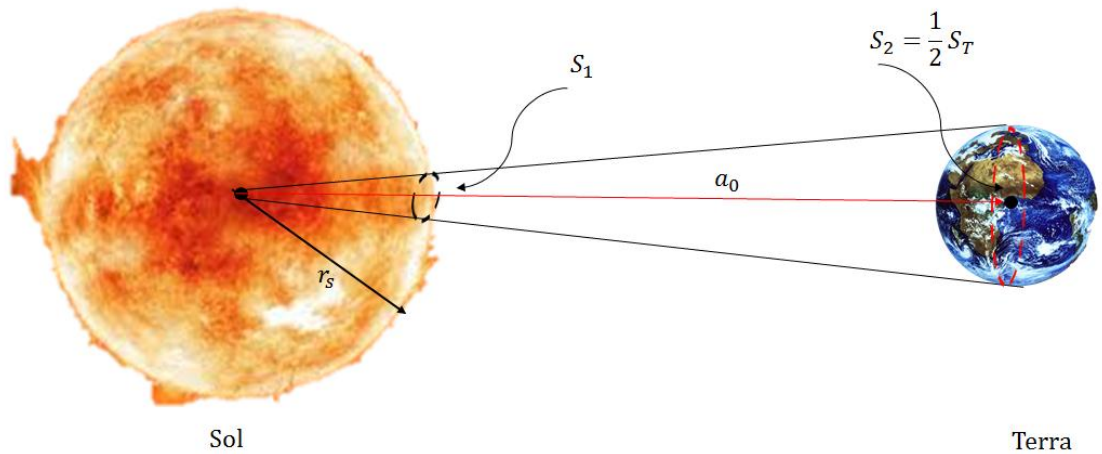
O cálculo da temperatura média da superfície terrestre, que é feito levando em conta o efeito estufa natural e o princípio da conservação de energia, pode ser realizado, de forma simplificada, a partir da seguinte equação:

$$T_E = T_S(r_S/2a_0)^{1/2} \quad \text{Eq. (16)}$$

onde:

- $T_E$  representa a temperatura média da superfície terrestre;
- $T_S$  representa a temperatura da superfície do Sol;
- $r_S$  representa o raio do Sol;
- $a_0$  representa a distância entre o centro do Sol e o centro da Terra.

Antes de efetuarmos esse cálculo mostraremos como deduzir a eq.16 a partir do Teorema de Tales; da equação de Stefan-Boltzmann e do Princípio da Conservação de Energia.



**Figura 22.** Interação Sol-Terra.  
Fonte: Elaboração do autor.

A Figura 22 mostra a formação geométrica de dois cones, o primeiro tem base de área semiesférica  $S_1$  e uma altura que corresponde ao raio solar  $r_s$ . O segundo cone tem base de área semiesférica  $S_2$  (corresponde a aproximadamente metade da área quase esférica da Terra), cuja altura corresponde à distância entre o centro do Sol e o centro da Terra.

Usando o Teorema de Tales como artifício matemático para relacionar esses dois cones, teremos  $S_1/r_s^2 = S_2/a_0^2$ , mas quando isolamos o termo  $S_1$ , encontramos:

$$S_1 = (r_s/a_0)^2 \times S_2 \quad \text{Eq. (17)}$$

A energia por unidade de tempo (potência), emitida pelo Sol ( $S_1$ ) atinge a semiesfera ( $S_2$ ) da Terra e pode ser calculada, a partir da Lei de Stefan-Boltzmann, pela expressão,

$$(\text{Pot})_{\text{Sol-Terra}} = \sigma T_s^4 \times S_1 \quad \text{Eq. (18)}$$

substituindo eq.17 na eq.18, encontramos:

$$(\text{Pot})_{\text{Sol-Terra}} = \sigma T_s^4 \times (r_s/a_0)^2 \times S_2 \quad \text{Eq. (19)}$$

Aplicando o princípio da conservação de energia teremos que: a energia, por unidade de tempo, que é recebida pela Terra subtraída pela energia, por unidade de

tempo, que é emitida pela Terra é igual a energia líquida, por unidade de tempo, da Terra.

Noutras palavras podemos dizer que a potência da radiação recebida pela Terra, menos a potência de radiação emitida pela Terra é igual a potência líquida de radiação da Terra. Matematicamente demonstramos assim:

$$\sigma T_s^4 (r_s/a_0)^2 \cdot S_2 - \sigma T_E^4 \cdot (2S_2) = \sigma T_E^4 \cdot (2S_2) \therefore T_s^4 (r_s/a_0)^2 = 4T_E^4 \Rightarrow T_E^4 = T_s^4 (r_s/2a_0)^2$$

logo:

$$T_E = T_s (r_s/2a_0)^{1/2} \quad \text{Eq. (20)}$$

Considerando  $r_s = 6,95 \times 10^8$  m;  $a_0 = 1,5 \times 10^{11}$  m;  $T_s = 6000$  K e aplicando na eq.20 encontraremos, aproximadamente, dezesseis graus Celsius positivos ( $\sim 16^\circ\text{C}$ ). Esse valor é muito próximo daquele sugerido por Xavier e Kerr.

### c) Procedimento 3

Parte-se do pressuposto de que a Terra tem com o Sol como sua única fonte de energia, também admite-se que o Sol e a Terra comportam-se como se fossem um corpo negro. Além disso, também estamos supondo que o Sol está em equilíbrio térmico. Diante dessas suposições podemos aplicar a Lei de Wien e a Lei de Stefan-Boltzmann.

Para a Lei de Stefan-Boltzmann, a energia irradiada por unidade de tempo por unidade de área por uma superfície **A** de um corpo cresce com a quarta potência de sua temperatura. Portanto, se  $W_{\text{rad}}$  é a potência irradiada pela superfície **A**, então teremos:

$$W_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma A T^4 \quad \text{Eq. (21)}$$

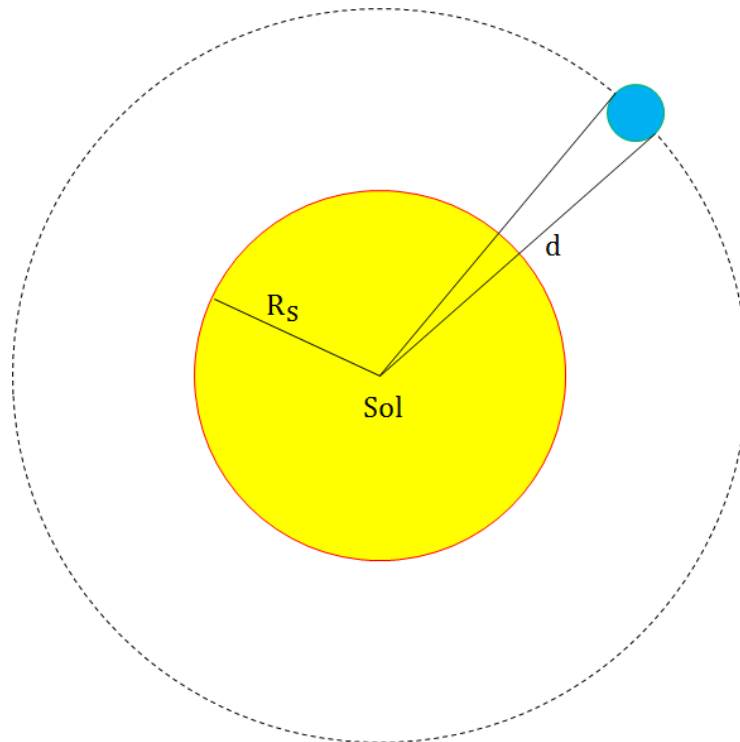
onde  $\varepsilon$  e  $\sigma$  são, respectivamente, a emissividade e a constante de Boltzmann ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ). No caso do corpo negro a emissividade é ( $\varepsilon = 1$ ). Substituindo esse valor em eq.21, a potência irradiada pelo Sol será:

$$W_{\text{rad}} = \sigma A_{\text{Sol}} T^4 \quad \text{Eq. (22)}$$

A Terra se encontra a uma distância **d** do Sol, portanto, a potência que o Sol emite para o espaço chegará à Terra com uma intensidade inversamente proporcional ao quadrado da distância, ou seja, a uma distância **d** do Sol essa potência será de,

$$W_{\text{rad}} = \sigma A_{\text{Sol}} T^4 / 4\pi d^2 \quad \text{Eq. (23)}$$

A eq.23 representa a intensidade de cada ponto de um esfera centrada na superfície do Sol e com raio **d**, conforme ilustra a Figura 23 a seguir.



**Figura 23.** Representação gráfica da interação Sol-Terra.  
Fonte: Elaboração do autor.

Ao multiplicarmos eq.23 por uma superfície circular de raio igual ao da Terra, teremos a potência que chega ao nosso planeta. Então, essa potência será,

$$W_{\text{rad}} = (\sigma A_{\text{Sol}} T^4 / 4\pi d^2) \times \pi R_{\text{Terra}}^2 \quad \text{Eq. (24)}$$

Seguindo a nossa suposição inicial, essa quantidade de energia será absorvida e reemitida pela Terra, sendo assim, teremos:

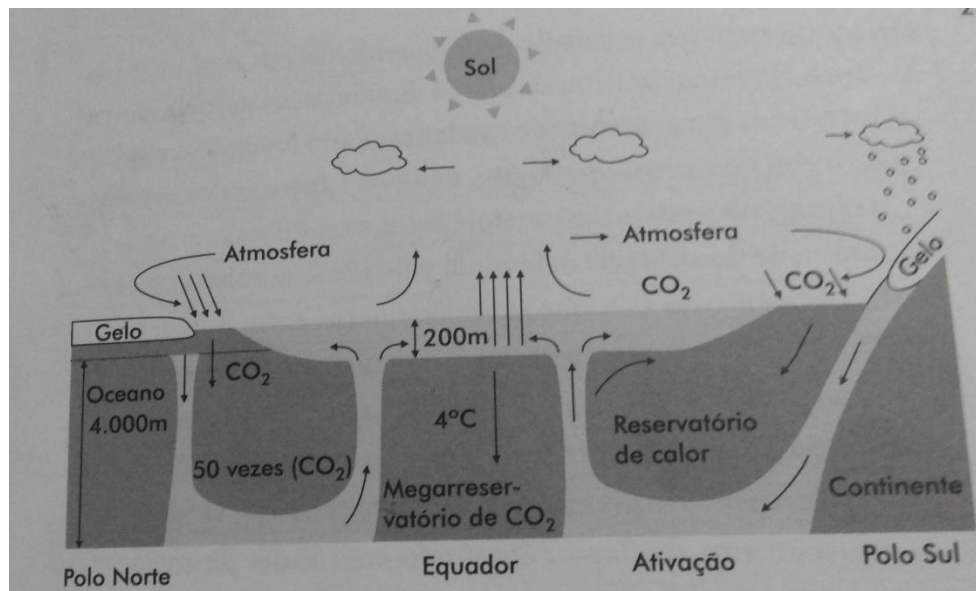
$$W_{Terra} = \sigma A_{Terra} T_{Terra}^4 \quad \text{Eq. (25)}$$

Das equações eq.24 e eq.25 tiramos a seguinte relação,

$$(T_T/T_S)^4 = 1/4 \times (R_S/d)^2 \quad \text{Eq. (26)}$$

Aplicando-se em eq.26 os mesmos dados fornecidos nas discussões anteriores, encontraremos  $T_T \cong 288,7 \text{ K}$ , ou seja, aproximadamente  $16^\circ\text{C}$ .

Para o pesquisador Maruyama (2009), não é possível ocorrer o descontrole total da natureza como foi e tem sido apontado na mídia. Os pesquisadores do IPCC parecem ignorar um princípio natural básico, a Conservação de Energia. Segundo este autor, a própria natureza se encarregará de manter as coisas em equilíbrio, pois nela existem estruturas que impedem efeitos descontrolados, um exemplo dessas estruturas é o Efeito de Amortecimento de Choque (Figura 24).



**Figura 24.** Mecanismo de amortecimento de choque da natureza, para manter constante a temperatura da superfície terrestre.  
Fonte: MARUYAMA, 2009, p. 21.

Desse modo, Maruyama observa que:

Em relação ao efeito descontrolado (segundo o IPCC), a natureza reage com o “efeito de amortecimento de choque”. Um aumento de CO<sub>2</sub> corresponde a um aumento de suprimento de vegetais fotossintetizadores, com o correspondente aumento de fitoplâncton, que poderá esgotar o suprimento. Sem o suprimento, o fitoplâncton morre. Os vegetais e corais são os seres vivos que absorvem o CO<sub>2</sub>, a ponto de reduzi-lo da atmosfera. Isso significa que a natureza aciona um mecanismo de ação contrária – é o efeito de amortecimento de choque (MARUYAMA, 2009, p. 20, grifos do autor).

Finalizamos esse capítulo levantando o seguinte questionamento: O Planeta Terra está prestes a passar por um período de aquecimento ou de resfriamento? Para Maruyama (2009), a Terra passará por um período de resfriamento que começará a partir de 2035.

## [CAPÍTULO 4]

### PROPOSTA DE UMA UNIDADE DIDÁTICA

---

Este capítulo aborda a metodologia problematizadora utilizada na proposta da Unidade Didática sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global, trata-se do Método do Arco de Charles Maguerez.

Para Libâneo (1994, p. 234):

Uma unidade didática tem como características: formar um todo homogêneo de conteúdos em torno de uma ideia central; ter uma relação significativa entre os tópicos a fim de facilitar o estudo dos alunos; ter um caráter de relevância social, no sentido de que os conteúdos se tornem “vivos” na experiência social concreta dos alunos.

Nessa perspectiva, escolhemos como ideia central discutir a Interação Terra-Sol, por meio do estudo do Efeito Estufa e Aquecimento Global porque são questões ambientais de relevância social e que nos possibilitam estudar sobre Atividade Solar e a interação do Sol com a Terra como discutidos no capítulo anterior.

Efeito Estufa e Aquecimento Global são objetos de discussão e de grande preocupação ambiental da humanidade no século XXI. Os espaços formais de educação têm frequentemente abordado este tema. Porém, estas questões ambientais, tanto na escola quanto na mídia de um modo geral, têm sido amplamente difundidas de maneira controversa, carecendo, portanto, de uma discussão mais criteriosa do ponto de vista científico.

Os tópicos da Unidade Didática são os seguintes:

- a) Fusão Nuclear na geração de Energia Solar.
- b) Mancha Solar.
- c) Ejeção de Massa Coronal.
- d) Vento Solar.
- e) Radiação do Corpo Negro.
- f) Lei de Stefan-Boltzmann.
- g) Lei do Deslocamento de Wien.
- h) Efeito Estufa.

i) Aquecimento Global.

No primeiro momento, descreveremos as etapas do Método e, ainda, apontaremos as vantagens e desvantagens, quanto ao seu uso.

Na sequência propomos uma Unidade Didática, cujo objetivo é debater sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global utilizando tal Método do Arco de Charles Maguerez.

Por fim, situamos as etapas do Método do Arco na Unidade Didática proposta.

#### 4.1 O MÉTODO DO ARCO DE CHARLES MAGUERIZ<sup>28</sup>

No Método do Arco a realidade é o ponto de partida, onde na medida do possível procura-se trabalhar com elementos presentes na vida e no cotidiano do estudante. Charles Maguerez escrevia textos que posteriormente se transformaram em livros didáticos. Estes livros foram chamados de Estratégias de Ensino-Aprendizagem e utilizados na formação de professores (BERBEL, 1998).

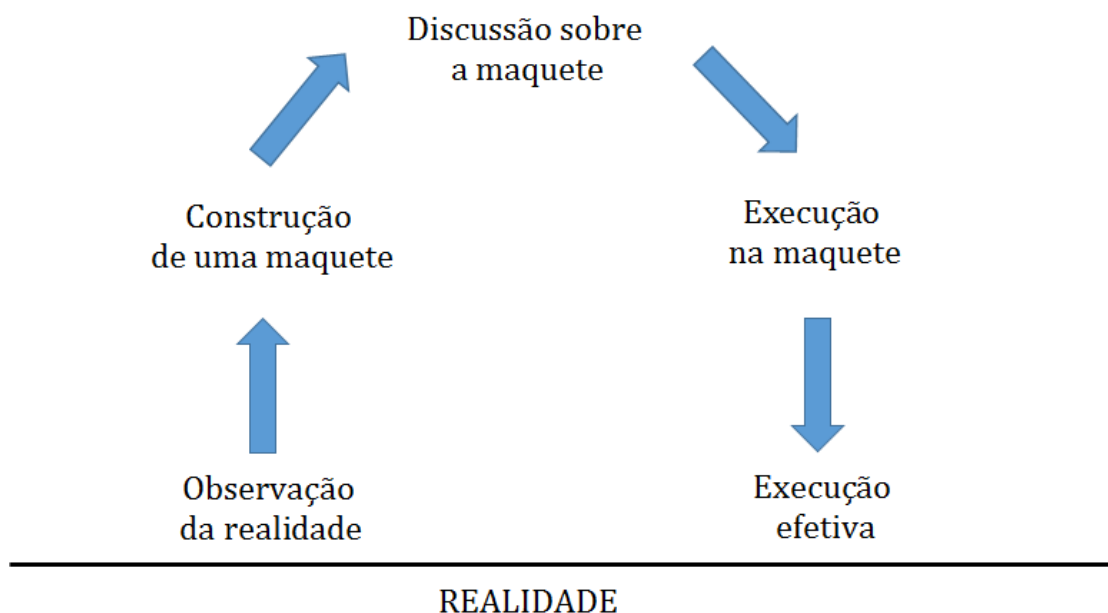
A Unidade Didática para a disciplina FMA foi construída a partir de uma metodologia problematizadora, pois entendemos ser esse o caminho mais fértil para o desenvolvimento de habilidades e competências no aluno e por garantir a ele uma aprendizagem mais significativa. Temos como propósito com esse estudo, mostrar o potencial metodológico de uma abordagem problematizadora, mas sem deixar de apontar seus pontos positivos e negativos.

Essa análise foi feita a partir da reflexão sobre os trabalhos de educadores, pesquisadores, estudantes e profissionais envolvidos com o desenvolvimento de práticas problematizadoras do ensino-aprendizagem. Este tópico do capítulo 4 é o produto de uma pesquisa baseada na revisão de literatura relacionada à análise da metodologia educacional em questão. Começaremos, pois, a falar sobre a aprendizagem baseada em problemas no Método do Arco de Maguerez.

---

<sup>28</sup> Maguerez foi um educador francês que trabalhou na África com operários que não falavam a sua língua nem eram alfabetizados. Ele descobriu um método de ensinar que posteriormente foi, confirmado pela Teoria de Piaget.

A metodologia da problematização, apesar de seu pragmatismo, não surgiu primeiramente num contexto acadêmico. Ela teve início na década de 1970 quando Charles Maguerez desenvolveu um método de ensino-aprendizagem denominado “Arco”, veja a Figura 25.

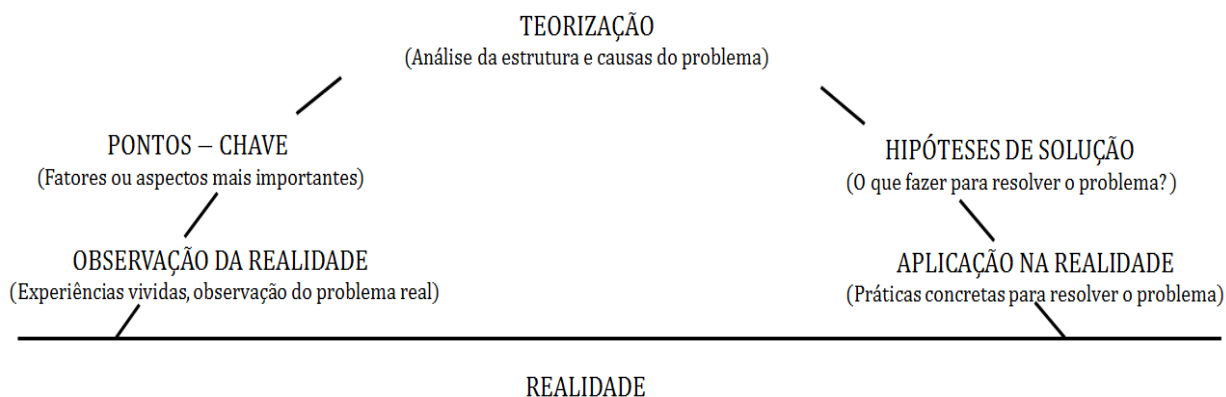


**Figura 25.** Representação do Método do Arco de Charles Maguerez.  
Fonte: BORDENAVE; PEREIRA, 2007, p. 49.

Sabemos que:

Na década de 1970, um educador chamado Charles Maguerez desenvolveu um método de ensino-aprendizagem sistematizado na forma de “arco”, como produto de seu trabalho de consultoria aos técnicos do Serviço de Extensão Rural do Estado de São Paulo. Tal processo de aprendizagem tinha como propósito motivar trabalhadores rurais – até então resistentes às inovações técnicas para o aprendizado e a incorporação das novas tecnologias e práticas agrícolas (BORDENAVE, 2005 *apud*, ARAÚJO; SASTRE, 2009, p. 181, grifos do autor).

No ano de 1988, Bordenave e Pereira (2007) renomearam, sistematicamente, algumas etapas do Método de Maguerez. Após realizar tais modificações, Juan Díaz Bordenave aplicou o Método do Arco no ensino superior no Instituto Superior de Relações Públicas do Paraguai. A Figura 26 mostra como ficou o Método do Arco de Maguerez, após as modificações de Bordenave.



**Figura 26.** Representação do esquema de arco adaptado por Bordenave e Pereira.  
Fonte: BORDENAVE, 2005, p. 3.

A literatura nos ensina que vários países vêm discutindo os benefícios de se adotar, em seus currículos escolares, uma metodologia baseada em situações-problema, dentre estes países podemos mencionar, *a priori*, Holanda, África do Sul e o Brasil. No Brasil, essa abordagem vem ganhando, lentamente, espaço nas discussões pedagógicas de vários centros de ensino, porém ainda encontra muita resistência. (BOMFIM, 2011).

Para os autores Araújo e Sastre (2009), no Brasil, apesar dos diferentes contextos em que ela foi desenvolvida, a metodologia baseada em problemas surgiu de forma bem pragmática, principalmente por causa de experiências profissionais dos educadores que criticavam vários aspectos do ensino tradicional.

No Brasil a metodologia da problematização foi adotada pioneiramente como metodologia educacional para as profissões da saúde mediante o empenho e a dedicação da Dra. Neusi Berbel. Desde 1992, a educadora e seus colaboradores vêm desenvolvendo, descrevendo, investigando e analisando os aspectos gerais, históricos e filosóficos dessa metodologia, bem como seus processos e resultados. Mas, apesar da extraordinária produção científica dos últimos anos, a literatura relativa à metodologia da problematização ainda é consideravelmente pouco extensiva. (ARAÚJO; SASTRE, 2009, p.182).

Toda e qualquer proposta metodológica é fundamentada numa teoria condizente. As raízes teóricas e filosóficas que alicerçam a metodologia da problematização encontra fortes conexões com os princípios e as ideias de Paulo Freire. Nas palavras de Batista (2005),

A problematização encontra nas formulações de Paulo Freire um sentido de inserção crítica na realidade para dela retirar os elementos que conferirão

significado e direção às aprendizagens. No movimento ação-reflexão são elaborados os conhecimentos, considerando a rede de determinantes contextuais, as implicações pessoais e as interações entre os diferentes sujeitos que aprendem e ensinam (BATISTA, *et al.*, 2005, p. 2).

A “problematização” tem nos estudos de Freire [...] uma formulação que enfatiza a percepção de que os problemas, os temas a serem estudados, partem de um cenário real, em que educação e investigação temática são momentos de um mesmo processo. (CYRINO; RIZZATO, 2004, p. 62 *apud* ARAÚJO; SASTRE, 2009, p. 183).

Paulo Freire é um revolucionário no âmbito da educação, sobretudo, quando se trata de aprendizagem. Foi ele o criador de um método de ensino para alfabetização de adultos, esse método foi usado no Nordeste, mais precisamente, em Angicos, na década de 1950.

Em 1968, Freire sintetizou suas ideias e reflexões, sobre “relações dialógicas”, “consciência crítica”, “educação bancária” dentre outras, no manuscrito *Pedagogia do Oprimido*. Este manuscrito transformou-se num livro e, a partir de 1970, numa referência básica da pedagogia crítica.

Uma abordagem baseada na Metodologia da Problematização não exige, da escola, mudanças materiais e físicas significativas. As maiores alterações ocorrem na programação da disciplina, onde os professores e alunos passam a dar um tratamento mais crítico e reflexivo aos temas a serem estudados (BORILLE *et al.*, 2012).

Quando adotamos a metodologia problematizadora, na construção da Unidade Didática, tivemos plena consciência das vantagens (pontos positivos) e desvantagens (pontos negativos) intrínsecas a esse tipo de metodologia. Não pretendemos esgotar aqui todos os pontos positivos e negativos, mas achamos prudente citar os principais.

Destacamos como pontos positivos suas características, pressupostos e consequências diferenciadas que são provocadas pelo discurso e pela prática dos docentes que passam a apreciar as novas maneiras de ensinar e aprender. São dois os pontos negativos, o primeiro diz respeito a resistência natural de muitos docentes às mudanças que inevitavelmente acontecerão no ensino.

O segundo, e não menos grave, ocorre quando alguns professores fazem pequenas mudanças em suas práticas tradicionais e acham que promoveram uma abordagem problematizadora. O resultado não é o esperado por eles, na maioria

das vezes é desastroso, e então, abandonam a abordagem problematizadora julgando-as inconvenientes (BERBEL, 1998).

Nos propusemos a trabalhar na Unidade Didática com o Método, adaptado, do Arco de Maguerez. Agora faremos uma descrição das etapas de uma abordagem problematizadora, de acordo com este Método.

São cinco as etapas explícitas do Método do Arco: Observação da realidade; Pontos-chave; Teorização; Hipóteses de solução e Aplicação na realidade. Achamos razoável iniciarmos com o elemento motivacional, sendo este implícito ao Método.

#### **4.1.1 Elemento motivacional e Problematização da Realidade**

A temática presente, na Unidade Didática, está inserida no contexto da vida real do aluno, aonde ele é sujeito no processo de construção do conhecimento. A motivação é inerente à prática docente, e esta proposta metodológica também trabalha, intencionalmente, com problemas relacionados à vivência do discente. Esses problemas são motivacionais e objetivam, por meio deles, o desenvolvimento dos processos de ensinar e aprender.

Nas palavras de Martins (2005), encontramos uma afirmação para o que dissemos anteriormente.

[...] o aprendizado dos conteúdos escolares não se dá exclusivamente a partir da relação professor-aluno, que se estabelece dentro da sala de aula, mas a partir do exercício social dos mesmos, no contato com a realidade em que os professores e alunos estão envolvidos; ou seja, é o exercício social do conhecimento que permitirá aos alunos dar sentido próprio para o conhecimento oferecido na escola (MARTINS, 2005, p.56).

Encontramos guarida, para esta discussão inicial, no entendimento de Araújo e Sastre (2009), quando afirmam que a utilização de problemas da vida real e das atividades significativas são elementos motivacional e contextual para a aprendizagem do aluno.

#### **4.1.2 Observação da realidade**

A partir de um elemento motivacional relacionado à realidade e ao tema da Unidade Didática, os alunos são orientados pelo professor a olharem atentamente e registrarem sistematicamente o que perceberam sobre o fenômeno em estudo. Depois de analisar os dados fornecidos, através de tabelas, gráficos, textos científicos, textos jornalísticos, charges, em grupo, formularão hipóteses e proporão possíveis resoluções para o problema, levando em conta o conhecimento que já possuem sobre o fenômeno em análise.

Tal observação permitirá aos alunos identificar dificuldades, carências, discrepâncias, de várias ordens, que serão transformadas em problemas, ou seja, serão problematizadas. Poderá ser eleito um desses problemas para todo o grupo estudar ou então vários deles, distribuídos um para cada pequeno grupo. As discussões entre os componentes do grupo e com o professor ajudarão na redação do problema, como uma síntese desta etapa e que passará a ser a referência para todas as outras etapas do estudo. (BERBEL, 1998, p. 142).

#### **4.1.3 Pontos-chave**

Nesta etapa, o professor leva os alunos a refletirem sobre as possíveis causas do problema em estudo. Por que este problema surgiu? Como este problema surgiu? São indagações que devem ser feitas neste momento. Mesmo utilizando os conhecimentos adquiridos noutras disciplinas básicas de Física, os alunos percebem que existem muitas variáveis, as quais além de serem menos evidentes ou menos diretas, são complexas.

Tal complexidade sugere um estudo mais atento, mais criterioso, mais crítico e mais abrangente do problema, em busca de sua solução. A partir dessa análise reflexiva, os alunos são estimulados a uma nova síntese: a da elaboração dos pontos essenciais que deverão ser estudados sobre o problema, para compreendê-lo mais profundamente e encontrar formas de interferir na realidade para solucioná-lo ou desencadear passos nessa direção. (BERBEL, 1998, p. 143).

O aluno pode e deve listar: tópicos a serem estudados, perguntas a serem respondidas. Estes são os pontos-chave que devem ser estudados na teorização.

#### **4.1.4 Teorização**

Nesta etapa, os alunos devem fazer uma pesquisa e/ou investigação sobre o problema estudado. Esta pesquisa deverá ser realizada em artigos científicos, jornais e revistas. Os alunos devem se organizar em grupos e buscar informações relevantes que necessitem saber sobre o tema. Buscarão sempre responder às perguntas elaboradas a partir das relações entre os pontos-chave. Por fim, cada grupo deverá avaliar os resultados obtidos na pesquisa e julgar se tais resultados contribuem ou não para a resolução do problema. Tudo isso deverá ser registrado.

#### **4.1.5 Hipóteses de solução**

A partir das etapas anteriores e de todo o estudo realizado o aluno terá elementos que o ajudarão a elaborar, de maneira crítica e criativa, possíveis soluções, ou pelo menos sugeri-las. Depois de investigar o problema, sob todos os ângulos, hipóteses devem ser construídas como fruto do aprofundamento teórico que os alunos obtiveram sobre o problema.

#### **4.1.6 Aplicação na realidade**

Esta é a última e mais complexa etapa, uma vez que ela ultrapassa o exercício intelectual do aluno. Neste momento, de aplicação do método, o aluno é levado a pensar sobre como suas atitudes se refletem na prática e de que forma elas proporcionam mudanças no meio em que eles habitam. Essa etapa implica num compromisso muito grande do aluno com o próprio meio em que vive.

Assim, encerramos o ciclo do Método do Arco de Maguerez; lembrando que estamos usando o Método do Arco a partir das adaptações realizadas por Bordenave e Pereira.

Em síntese, a Metodologia da Problematização tem uma orientação geral como todo método caminhando por etapas distintas e encadeadas a partir de um problema detectado na realidade. Constitui-se numa verdadeira metodologia, entendida como um conjunto de métodos, técnicas, procedimentos ou atividades intencionalmente selecionados e organizados em cada etapa, de acordo com a natureza do problema em estudo e as condições gerais dos participantes. Volta-se para a realização de um propósito maior que é preparar o estudante/ser humano para tomar

consciência de seu mundo e atuar intencionalmente para transformá-lo, sempre para melhor, para um mundo e uma sociedade que permitam uma vida mais digna para o próprio homem. (BERBEL, 1998, p. 144).

A última etapa é prática e transformadora. A intervenção, nesta fase, depende de diversos fatores, mas, alguma intervenção deverá acontecer, caso contrário não será, conforme as etapas do Arco de Maguerz, uma Metodologia da Problematização.

Em síntese, podemos dizer que na Metodologia da Problematização, os problemas são identificados pelos alunos, através da observação das mudanças ocorridas no meio ambiente em que vivem. Com a ajuda do professor os discentes apontam as características e/ou contradições para a existência de tais mudanças; é assim que surge o problema a ser estudado.

Após estudarem o problema eles percebem que poderão ou não surgir outros problemas em decorrência do primeiro. Essa fase de percepção acontece quando os alunos já adquiriram maturidade e aprofundamento teórico suficientes para apontar uma possível solução para o problema, a partir do conhecimento científico adequado ao problema.

Nessa metodologia não existe, em termos de conhecimento, um controle total sobre os resultados. Na verdade, eles são usados para responder a um problema específico. No entanto, esses resultados devem voltar-se para algum tipo de intervenção na realidade; na mesma realidade em que o problema foi observado.

Os conhecimentos científicos são importantes, eles são construídos pelos alunos na etapa da teorização. Mas, há um outro ponto relevante que diz respeito aos diferentes tipos de saberes que os alunos constroem como resultado das relações técnico-científicos, sociais, políticos e éticos. Por essa razão, esse Método é transformador e contribui significativamente para a construção de um conhecimento científico sólido e as razões, citadas anteriormente, aparecem durante o desenvolvimento das etapas do Arco de Maguerz.

## 4.2 PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA

A proposta de Unidade Didática para debater sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global baseia-se numa Metodologia Problematizadora, denominada de Método do Arco de Charles Maguerez.

### 4.2.1 Identificação

- Tema: Efeito Estufa e Aquecimento Global
- Tempo de duração: 4 encontros de 90 min cada (2h/aula)

### 4.2.2 Objetivos da Aprendizagem

#### **Objetivo Geral:**

Discutir sobre a interação Terra-Sol a partir do tema Efeito Estufa e Aquecimento Global, visando ensinar conteúdos de Física e oferecer um caráter científico à problematização destas questões ambientais.

#### **Objetivos Específicos:**

- 1) Diferenciar efeito estufa de aquecimento global.
- 2) Identificar os gases de efeito estufa.
- 3) Distinguir efeito estufa natural do efeito estufa antropogênico.
- 4) Explicar o processo de fusão nuclear na geração de energia solar.
- 5) Definir mancha solar; ejeção de massa coronal e vento solar.
- 6) Mostrar a relação entre mancha solar; ejeção de massa coronal e vento solar com o efeito estufa e o aquecimento global.
- 7) Calcular a temperatura média da superfície terrestre, observada ou não a influência do efeito estufa.

### 4.2.3 Conteúdos

- 1) Fusão Nuclear na geração de energia solar;
- 2) Mancha Solar;
- 3) Ejeção de Massa Coronal;
- 4) Vento Solar;

- 5) Radiação do Corpo Negro;
- 6) Lei de Stefan-Boltzmann;
- 7) Lei do Deslocamento de Wien;
- 8) Efeito Estufa;
- 9) Aquecimento Global.

#### 4.2.4 Metodologia

As aulas serão amparadas pelo seguinte cronograma de encontros:

**Quadro 15.** Cronograma de Encontros e de Atividades.

1° ENCONTRO		
Momento	Atividades	Função
01 (10 min)	Exposição da Atividade	O professor deverá expor o tema da aula, com o intuito de fazer um diagnóstico das concepções prévias dos alunos sobre o tema. Em seguida, orientar os alunos para a realização das atividades.
02 (20 min)	Observação de uma Charge. (Elemento Motivacional).	O aluno deverá escrever, individualmente, os detalhes que mais lhes chamaram a atenção.
03 (40 min)	Socialização dos detalhes observados.	Os alunos deverão verbalizar os detalhes observados e o professor deverá anotar os pontos-chave.
04 (15 min)	Relações entre os pontos-chave e transformá-los em perguntas.	O professor deverá formular perguntas a partir da relação de combinação dos pontos-chave anotados por ele.
05 (5 min)	Orientações para o próximo encontro.	O professor deverá solicitar que os alunos entreguem as anotações referentes à charge. Em seguida, deverá solicitar que formem grupos, pesquisem e estudem para responder às perguntas.
2° ENCONTRO		
Momento	Atividades	Função
01 (10 min)	Retomada da aula anterior.	O professor deverá iniciar a aula recolhendo o material com as respostas que os grupos deram para as perguntas formuladas na aula anterior.
02 (60 min)	Debate entre o professor e os grupos.	O professor deverá motivar os grupos a fazerem um debate para discutir as respostas, bem como registrar no quadro os fatores mais importantes para o estudo.
03 (15 min)	Proposição de perguntas que relacionam o tema com a Física.	O professor deverá propor essas perguntas para os grupos e sugerir os conteúdos de Física que devem ser pesquisados.
04 (5 min)	Orientações para o próximo encontro.	O professor deverá solicitar que os grupos pesquisem e estudem esses conteúdos para responderem às perguntas junto com o professor no próximo encontro.

<b>3° ENCONTRO</b>		
<b>Momento</b>	<b>Atividades</b>	<b>Função</b>
01 (5 min)	Retomada da aula anterior.	O professor deverá iniciar a aula relembrando o que foi solicitado no encontro anterior, perguntando o que os alunos estudaram e se sentiram dificuldades.
02 (80 min)	Debate entre o professor e os grupos.	O professor deverá motivar os grupos a fazerem um debate para construírem juntos as respostas das perguntas feitas no encontro anterior, com o intuito de identificar como os alunos utilizariam os conteúdos de Física para responderem às perguntas.
03 (5 min)	Orientações para o próximo encontro.	O professor deverá informar que, na próxima aula eles continuarão respondendo às perguntas que faltam.
<b>4° ENCONTRO</b>		
<b>Momento</b>	<b>Atividades</b>	<b>Função</b>
01 (5 min)	Retomada da aula anterior.	O professor deverá relembrar a pergunta que faltou ser respondida e dar continuidade a aula.
02 (80 min)	Debate entre o professor e os grupos.	O professor deverá motivar os grupos a fazerem um debate para construírem juntos a resposta da pergunta que não foi respondida no encontro anterior.
03 (5 min)	Orientações para o próximo encontro.	O professor deverá informar que no próximo encontro ele fará uma breve retomada de tudo que foi discutido.
<b>5° ENCONTRO</b>		
<b>Momento</b>	<b>Atividades</b>	<b>Função</b>
01 (20 min)	Retomada dos encontros anteriores.	O professor deverá relembrar tudo o que foi discutido durante os quatro encontros anteriores.
02 (10 min)	Propor um problema.	O professor deverá solicitar que os grupos proponham sugestões de como solucionar o problema.
03 (50 min)	Anotar as sugestões.	O professor deverá anotar no quadro todas as sugestões e depois, junto com os grupos, discutir sobre a viabilidade das sugestões.
04 (10 min)	Considerações Finais.	O professor deverá fazer o fechamento da Unidade Didática sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global. Sugerindo, em termos do saber e/ou do fazer, aplicação à realidade.

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.2.5 Recursos Necessários

- Kit multimídia completo;
- Material de apoio didático (Lista de perguntas);

- Marcador e apagador para quadro branco.

#### **4.2.6 Sistemática de Avaliação**

A avaliação da aprendizagem consistirá da participação dos alunos, durante as discussões e do desenvolvimento do senso crítico durante a aula.

Quadro 16. Quadro de Referências.

REFERÊNCIAS BÁSICAS PARA A UNIDADE DIDÁTICA

A METODOLOGIA da Problematização com o Arco de Maguerez. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HwHOGdRy9d0J:ucbweb2.castelobranco.br/webcaf/arquivos/15553/9367/A\\_Metodologia\\_da\\_Problematizac%0Ao\\_com\\_o\\_Arco\\_de\\_Maguerez.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HwHOGdRy9d0J:ucbweb2.castelobranco.br/webcaf/arquivos/15553/9367/A_Metodologia_da_Problematizac%0Ao_com_o_Arco_de_Maguerez.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Acesso em: 2 mar. 2014.

ALMEIDA, Antônio Carlos Aido de. **Estudo das correlações entre a atividade solar e processos atmosféricos**. 2001. 89f. Tese (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ARAÚJO, Ulisses F.; SASTRE, Genoveva. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2009.

BACCARO, Marco Aurélio Corcini. **Modelo hidrodinâmico bidimensional de ejeção de massa coronal**. 2009. 98f. Dissertação (Mestrado em Astrofísica) – INPE, São José dos Campos, 2009.

BARBOSA, Luis Gustavo D'Carlos. **O debate sobre o aquecimento global em sala de aula: o sujeito dialógico e a responsabilidade do ato frente a um problema sócio científico controverso**. 2010. 79f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BERBEL, N. N.: *“Problematization” and Problem-Based Learning: different words or different ways?* **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v.2, n.2, 1998.

BOEKER, Egbert; GRONDELLE, Rienk van and; BLANKERT, Piet. **Environmental physics as a teaching concept**. Eur. J. Phys. 24 S59. Received 22 January 2003, Published 18 July 2003. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0143-0807/24/5/301>>. Acesso em: 26 jun. 2013.

COSTA, Felipe A. P. L. Primórdios do aquecimento global. **Ciência Hoje**, v.40, n.238, p. 76-78, jun. 2007.

COSTA JÚNIOR *et al.* O vento solar e a atividade geomagnética. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v.33, n.4, p.2-3, 2011.

EISBERG Robert *et al.* **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.

HARGREVES, J. K. **The Solar-Terrestrial Environment**. New York: Cambridge

University Press, 1995.

LANDULFO, Eduardo. **Meio Ambiente & Física**. São Paulo: Editora Senac, 2005.

LEROUX, Marcel. **Aquecimento global: uma impostura científica**. 2008. 53 p.

Disponível em: <[http://www.resistir.info/climatologia/impostura\\_cientifica.html](http://www.resistir.info/climatologia/impostura_cientifica.html)>.

Acesso em: 15 mar. 2014.

RICCI, Mário César; CARNEIRO JR, Delfim Pinto. **Radiação Solar e Vento Solar**.

2005, 10 p. Disponível em:

<<http://www2.dem.inpe.br/mcr/Inpe/.../Radiação%20e%20vento%20solar.pdf>>.

Acesso em: 13 fev. 2014.

ROSA, Pedro Sérgio. **Louis de Broglie e as ondas de matéria**. 2004. 200f.

Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Campinas,

Campinas, 2004.

ROSA, Pedro Sérgio. **O início da mecânica quântica – A necessidade de um novo modelo teórico**. Disponível em:

<[www.revistasapere.inf.br/download/terceira/QUANTICA.pdf](http://www.revistasapere.inf.br/download/terceira/QUANTICA.pdf)>. Acesso em: 2 dez. 2013.

TAVARES, M. Aprendendo sobre o sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Niterói, v.22, n.1, p. 78-82, mar.2000 a.

TAVARES, M. Meteorologia Espacial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Niterói, v.22, n.4, p. 496-502, dez.2000 b.

TEODORO, Pacelli Henrique Martins; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, ago. 2008.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3 SITUANDO AS ETAPAS DO MÉTODO DO ARCO DE MAGUERZ NA UNIDADE DIDÁTICA PROPOSTA

O Quadro 17 abaixo mostra, para cada etapa do Método do Arco de Charles Maguerz, os momentos da Unidade Didática proposta.

**Quadro 17.** Correlação entre as atividades desenvolvidas nos Encontros com as Etapas do Arco de Charles Maguerez.

<b>ENCONTRO</b>	<b>MOMENTO</b>	<b>ATIVIDADE</b>	<b>ETAPA DO ARCO DE MAGUEREZ</b>
<b>1º ENCONTRO</b>	<b>01</b> (10 min)	Exposição da Atividade.	<b>1ª ETAPA DO ARCO</b> <b>Observação da realidade</b>
	<b>02</b> (20 min)	Observação de uma Charge (Elemento Motivacional).	
	<b>03</b> (40 min)	Socialização dos detalhes observados.	
	<b>04</b> (15 min)	Relações entre os pontos-chave e elaboração de perguntas.	<b>2ª ETAPA DO ARCO</b> <b>Pontos-chave</b>
	<b>05</b> (5 min)	Orientações de Atividades.	
<b>2º ENCONTRO</b>	<b>01</b> (10 min)	Retomada da aula anterior.	<b>3ª ETAPA DO ARCO</b> <b>Teorização</b>
	<b>02</b> (60 min)	Debate entre o professor e os grupos.	
	<b>03</b> (15 min)	Proposição de perguntas que relacionam o tema com a Física.	
	<b>04</b> (5 min)	Orientações de Atividades.	
<b>3º ENCONTRO</b>	<b>01</b> (5 min)	Retomada da aula anterior.	<b>3ª ETAPA DO ARCO</b> <b>Teorização</b>
	<b>02</b> (80 min)	Debate entre o professor e os grupos.	
	<b>03</b> (5 min)	Orientações de Atividades.	
<b>4º ENCONTRO</b>	<b>01</b> (5 min)	Retomada da aula anterior.	<b>3ª ETAPA DO ARCO</b> <b>Teorização</b>
	<b>02</b> (80 min)	Debate entre o professor e os grupos.	
	<b>03</b> (5 min)	Orientações de Atividades.	
<b>5º ENCONTRO</b>	<b>01</b> (20 min)	Retomada dos encontros anteriores.	<b>4ª ETAPA DO ARCO</b> <b>Hipóteses de solução</b>
	<b>02</b> (10 min)	Propor um problema.	<b>5ª ETAPA DO ARCO</b> <b>Aplicação na realidade</b>
	<b>03</b> (50 min)	Anotar as sugestões.	
	<b>04</b> (10 min)	Propostas para ações na realidade e Considerações Finais.	

Fonte: Elaborada pelo autor.

# [CAPÍTULO 5]

## DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA UNIDADE DIDÁTICA

---

Nesse capítulo descreveremos e analisaremos a aplicação da Unidade Didática (UD) proposta nesta dissertação, baseada no Método do Arco de Charles Maguerez.

Participaram desta atividade nove alunos do curso de Licenciatura em Física do IFRN *Campus* Santa Cruz, dos quais seis terminaram o sexto período e três terminaram o quarto período. Os alunos que participaram dessas atividades também fazem parte do Grupo de Astronomia do Trairi (GAT) do IFRN *Campus* Santa Cruz. Durante o relato os alunos foram identificados pelas iniciais dos seus nomes e os grupos por [G1], [G2] e [G3].

### 5.1 APLICAÇÃO DA UNIDADE DIDÁTICA

A unidade didática está dividida em cinco encontros, os quais serão descritos e analisados a seguir.

#### 1° ENCONTRO

No primeiro momento, iniciamos a aula expondo que o tema a ser discutido, no decorrer dos cinco encontros, seria Efeito Estufa e Aquecimento Global. Em seguida, fizemos questionamentos aos alunos, a fim de obtermos um diagnóstico, sobre o que sabiam (conhecimentos prévios) a respeito do tema em questão.

Quando perguntamos:

- 1) O que é efeito estufa?
- 2) O que é aquecimento global?
- 3) Qual a relação entre o efeito estufa e o aquecimento global?

Obtivemos respostas do tipo:

1) “O efeito estufa da Terra é parecido com aquela estufa de plantas”; “... é o aquecimento das cidades por causa da poluição...”.

2) “O aquecimento global é o aquecimento da Terra”; “... é o aquecimento provocado pelo CO<sub>2</sub>...”;

3) “Acho que o aquecimento global provoca o efeito estufa”; “Sei que um tem a ver com o outro porque eles causam o derretimento das geleiras”.

Observamos que após os questionamentos alguns ficaram pensativos, como se nunca tivessem atentado para a relação entre tais fenômenos, no entanto, a maioria deles ficou calada, acreditamos que com receio de responder “errado”.

A fala de um deles chamou bastante atenção: “Professor, a gente vê isso direto na TV, mas não pensa sobre isso, porque não fica claro, então não sei a diferença de uma coisa pra outra”.

No segundo momento, propusemos que os alunos observassem a imagem abaixo e pedimos que, individualmente, anotassem os detalhes que mais lhes chamaram a atenção. Eles tiveram vinte minutos para realizar essa atividade.



Fonte: <http://repileite.ning.com/forum/topics/pecuaria-e-emissoes-de-gases>.

No terceiro momento, solicitamos que os alunos verbalizassem os detalhes que eles observaram e destacaram. Para cada resposta extraímos pontos-chave e

os anotamos no quadro. A seguir farei uma transcrição do que os alunos destacaram como sendo importante.

[GI]: O pinguim e o urso acham que a vaca é uma grande causadora do Aquecimento global por a mesma produzir gases de efeito estufa. A vaca diz que não poderá atender as reivindicações dos mesmos por não depender dela a produção.

Na afirmação de [GI], anotamos, no quadro, como ponto-chave “gases de efeito estufa”. A fala de [GI] confirma que o gás expelido pela vaca é um gás de efeito estufa, e que a sua produção não depende da vontade da vaca.

[PA]: O que mais me chama atenção na figura é o fato dos animais do círculo polar estarem de pé em fragmentos de geleiras frente a uma vaca que encontra-se num deserto. Impossível gelo junto de um lugar deserto e extremamente quente. Também o fato dos animais polares olharem para a vaca com o intuito de pedir para que ela pare de poluir com gás metano, do seu pum, e ela revida dizendo que não pode fazer nada para parar. É como se a vaca representasse a população que polui e os animais do ártico representassem o meio ambiente onde, estes últimos, pedem que a vaca [população] pare de poluir para que todos possam sobreviver no planeta terra. Ela revida dizendo que não pode fazer nada para parar porque é algo não pode acontecer. Se ela parar morre por não fazer suas necessidades. No caso, seria ‘não pode parar de poluir’ porque o mundo não pode parar de produzir e como consequência poluir (grifos nosso).

Na afirmação de [PA], anotamos, no quadro, como pontos-chave “gás metano”, e “poluição”. Achamos interessante o paralelo que [PA] fez entre “vaca – animais do ártico” como sendo “população – meio ambiente” e entre “produção (de gás das vacas)” e “produção (mundial)”, ambas contribuindo para a poluição.

[MA]: O que mais me chamou atenção foi na parte em que a vaca se posiciona e diz que não pode atender ‘ao pedido dos demais’. É justamente o que está acontecendo com as pessoas, “ninguém” quer fazer sua parte embora isto possa ser difícil elas não estão se preocupando com as consequências que seus atos podem provocar, e o planeta é quem mais se prejudicado com essa situação.

[MA] faz, praticamente, o mesmo paralelo que [PA]. Destacamos como ponto-chave em sua fala “ação humana”.

[JA]: Sem dúvida é uma charge muito bem feita que trata de um tema muito discutido nos últimos anos o aquecimento global, os detalhes que me chamam atenção são principalmente os animais: um pinguim natural das regiões mais frias do hemisfério sul, um urso polar natural

das regiões mais frias do hemisfério norte e uma vaca, que segundo alguns estudiosos os gases produzidos pelo organismo dela são umas das principais causas do efeito estufa.

Na afirmação de [JA], há um fato curioso, o de que não podem existir pinguim e urso num mesmo hemisfério. Ele afirma que o gás expelido pela vaca é um dos principais responsáveis pelo efeito estufa, portanto, o ponto-chave seria “gases de efeito estufa”, que já foi contemplado na fala de [GI].

[DI]: A imagem fala sobre o efeito estufa e mostra que um dos causadores é o gás metano emitido nas fezes dos animais. Aqui no Brasil, parte desse gás que seria emitido diretamente na atmosfera é utilizado na produção de energia através de biodigestores. O gás metano é apenas um dos gases que ajudam a causar o aumento do efeito estufa, porém os efeitos desse aumento é sentido no planeta todo.

Na afirmação de [DI], o ponto-chave é “gás metano”, já contemplada na fala de [PA]. É importante destacar que [DI] ao falar em biodigestores, fez referência a uma das formas de energia renovável e aponta essa utilização como uma maneira de reduzir a emissão desse gás na atmosfera. Ele também afirmou que o gás metano é um dos responsáveis pelo efeito estufa, indicou existir mais de um e que o aumento desse efeito é sentido no planeta todo, indícios de um fenômeno em escala global.

[KE]: Podemos perceber na imagem que existem duas realidades, em um dos lados há um sol escaldante, uma terra seca e árida, e um animal que consegue sobreviver com essas condições climáticas. Do outro lado, gelos e animais que se adaptam a esse tipo de ambiente, sendo que há poucas pedras de gelo, mostrando que o gelo está derretendo. Podemos também concluir através da imagem que um ambiente interfere e gera impacto no outro, pois a liberação do gás metano pela vaca, que é um processo natural, aumenta o efeito estufa, derretendo as geleiras, e ameaçando a vida dos ursos, pinguins, e outros animais que vivem em ambientes de grandes geleiras.

Da afirmação de [KE], anotamos, no quadro, como pontos-chave “derretimento das geleiras” e “ameaça à vida dos animais”. Apesar de afirmar, categoricamente, que as condições climáticas de um ambiente interferem noutros ambientes, [KE] fez uma leitura do problema numa escala local, quando disse que

os animais que mais sofrem são aqueles que vivem em ambientes de grandes geleiras, descartando a possibilidade da vaca também sofrer com tais mudanças climáticas. Em sua percepção, a vaca não sofre porque está adaptada a viver em ambientes onde a terra é seca e o Sol escaldante.

[JO]: São interessantes os papéis que, a meu ver, os três animais da figura adotam: o urso e o pinguim não fogem muito dos seus papéis reais na natureza e estão representando a parte da natureza que pede socorro, aqueles que dependem da natureza pura (os animais, por exemplo) como sempre deve ser, sem poluição, com seus ciclos vitais regulados. Por outro lado a grande maioria da população, representada pelo boi, continua agredindo cada vez mais a natureza, principalmente poluindo-a com gases, lixo, entre outros, e fecham os olhos para não enxergarem o auto declínio, uma vez que são os principais responsáveis por tanta degradação. Concluindo, sabemos que o aquecimento global é um fator natural da terra, entretanto o homem tem adotado práticas, como as queimadas e os desmatamentos, que alteram esse ciclo e provocam esse caos que hoje conhecemos como, por exemplo, falta das chuvas regulares em algumas regiões, excessos em outras, o derretimento das geleiras em concordância como a figura e vários outros problemas que diminuem a qualidade de vida da humanidade.

Da afirmação de [JO], anotamos, no quadro, como pontos-chave “poluição”, “derretimento das geleiras”, “ação humana” e “ameaça da vida na Terra”. No entendimento de [JO] os animais representam personagens; a vaca representa a população, responsável por agredir a natureza de várias formas. Os demais animais representam a própria natureza que sofre com os efeitos das ações humanas.

Sua percepção sobre o fenômeno revelou, em momentos distintos de sua fala, um posicionamento contraditório e confuso. Primeiro afirmou que, de um lado existem os que agredem a natureza e do outro os que sofrem com as consequências dessa agressão.

Depois afirmou que, o aquecimento global é um fenômeno natural e que tem sido intensificado devido às práticas do homem; como exemplo [JO] cita as queimadas, desmatamento e poluição. Vejamos: se o aquecimento é global, então afeta a todos e não somente uma parcela do planeta. Ou seja, todos nós estaríamos pedindo por socorro.

[RE]: Esta imagem demonstra o aumento do efeito estufa. Ela mostra que as fezes dos animais também contribuem para este aumento. Estas fezes liberam gás metano que é um dos gases de estufas, gases que retém calor na atmosfera. O maior causador do aumento

do efeito estufa ainda é o gás carbônico lançados no ar pelos carros e fábricas. O aumento do efeito estufa afeta todo o planeta.

Da afirmação de [RE], anotamos, no quadro, como ponto-chave “gases de efeito estufa”, “gás metano” e “gás carbônico”. O aluno [RE] afirmou que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), lançados no ar por carros e fábricas, é o principal responsável pelo efeito estufa. Estamos diante de um entendimento sobre efeito estufa de natureza antropogênica.

[JE]: Durante a digestão, bois e vacas produzem o gás metano, que é um dos gases retentores dos raios solares na atmosfera terrestre (efeito estufa). Não só os bovinos acima demonstrados na imagem como também todos os animais ruminantes (cabras, ovelhas...). Vale ressaltar que o efeito estufa é essencial para a manutenção da vida na Terra. Contudo, seu aumento é considerado nocivo ao planeta como um todo. Este aumento está ligado principalmente a emissão do gás carbônico emitido por fábricas e carros. No caso do gás metano, emitido junto a digestão dos animais, pode-se reduzir a sua emissão mexendo na dieta dos animais e diminuindo o tempo para o abate. Ainda existe a possibilidade de utilizar este gás para a produção de energia utilizando as fezes destes animais, sendo este um dos meios de contribuir para a diminuição do aumento do efeito estufa.

Da afirmação de [JE], destacamos como pontos-chave “gás metano” e “gás carbônico”. Essa aluna mostrou uma preocupação em reduzir a emissão de gases de efeito estufa, quando sugeriu uma mudança na alimentação (dieta) dos animais. Também aponta a possibilidade de usar o gás metano expelido por animais como fonte geradora de energia. Para ela, o efeito estufa é importante para a manutenção da vida na Terra, porém, a intensificação desse fenômeno é prejudicial para o planeta como um todo.

Ao final destacamos os seguintes pontos-chave:

- Gases de efeito estufa.
- Gás metano.
- Poluição.
- Ação humana.
- Derretimento das geleiras.
- Ameaça à vida dos animais.
- Ameaça à vida na Terra.

- Gás carbônico.

O quarto momento foi utilizado para avaliarmos as observações, bem como os pontos-chave escritos no quadro. Existiram repetições de alguns pontos, então realizamos uma seleção dos principais. Em seguida, fizemos uma combinação deles, e a partir dessa combinação formulamos perguntas relativas ao tema em estudo. Foram elas:

- 1) O que faz o gás metano ser um gás de efeito estufa?
- 2) Qual a relação entre a poluição da atmosfera terrestre (emissão de CO<sub>2</sub>) e o derretimento das geleiras?
- 3) Qual a relação entre a radiação solar e o efeito estufa?
- 4) Qual a relação entre o efeito estufa e o aquecimento global?
- 5) Como o aquecimento global afeta a existência da vida no planeta Terra?
- 6) Como o homem contribui para o aquecimento global?

No quinto momento e último do primeiro encontro, solicitamos que os alunos entregassem suas anotações (seus escritos) sobre a charge. Depois pedimos que formassem três grupos, de três alunos cada, para pesquisarem, estudarem e responderem as perguntas. As respostas a essas perguntas veremos na discussão durante o segundo encontro. Os grupos foram compostos da seguinte forma: Grupo 1 [G1] formado por [GI], [JA] e [KE]; Grupo 2 [G2] formado por [MA], [PA] e [RE]; e o Grupo 3 [G3] formado por [DI], [JE] e [JO].

Nesse primeiro encontro, percebemos que, no início da aula, todos estavam intimidados e com receio de falar sobre o que sabiam a respeito do tema. Depois três alunos expuseram o que sabiam sobre as perguntas iniciais, mesmo assim, os demais ainda permaneceram em silêncio.

Quando projetamos a charge no quadro todos sorriram e o clima ficou mais descontraído. Nesse momento, todos participaram e se motivaram em escrever, com detalhes, o que observaram na charge.

## 2° ENCONTRO

No primeiro momento, retomamos à aula anterior recolhendo o material com as respostas que os grupos deram para as perguntas formuladas. A partir desse momento demos início as discussões sobre o tema a partir das respostas, fornecidas por cada grupo, para a mesma questão.

No segundo momento, motivamos um debate entre os grupos para que cada um expusesse suas respostas em relação as seis perguntas formuladas.

Para a primeira pergunta (O que faz o gás metano ser um gás de efeito estufa?), os grupos responderam assim:

[G1]: O gás metano assim como alguns gases presentes no nosso planeta, impede que parte da radiação infravermelha saia da atmosfera, com isso o calor ficar retido na terra, aquecendo o planeta e aumentando o efeito estufa.

[G2]: O metano ( $\text{CH}_4$ ) é um gás potencialmente inflamável e altamente reagente com o ozônio ( $\text{O}_3$ ) da atmosfera terrestre. Reage com  $\text{O}_3$  produzindo dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ). A camada de ozônio funciona como filtro contra a entrada de grandes níveis de radiação solar para a terra. Essas reações químicas abrem buracos na camada de  $\text{O}_3$ , por onde o planeta recebe grandes quantidades de radiação solar que ficam retidos planeta, causando um aumento na temperatura média do fenômeno natural de efeito estufa.

[G3]: Os gases de efeito estufa agem como isolantes por absorver uma parte da energia irradiada pela Terra. As moléculas desses gases, agora mais ricas em energia, reirradiam-nas em todas as direções. Uma parte retorna para a Terra. Na ausência desta ação isolante, a Terra iria se resfriar muito. Gases como o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) absorvem parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, impedindo que a radiação escape para o espaço e aquecendo a superfície da Terra. O gás metano é um dos principais causadores do aquecimento global, chegando a ser de 20 a 25 vezes mais prejudicial do que o gás carbônico. Mais da metade dele está congelado no mar em forma de hidratos de metano, ele se forma quando as bactérias digerem matéria orgânica, assim liberando o gás metano, e é aprisionado por cristais de água. Pesquisas afirmam que com o aquecimento da água, terremotos e outros fatores podem fazer com que o hidrato de metano chegue a seu ponto de ebulição e atinja a atmosfera terrestre, causando consequências catastróficas ao planeta. O gás metano também pode ser uma grande fonte de energia podendo melhorar a economia dos países que extraírem esse gás.

As respostas dadas à primeira pergunta suscitaram um debate sobre a existência, na atmosfera, de outros gases de efeito estufa (dióxido de carbono, óxido nítrico, vapor de água), além do gás metano. Foi possível debatermos sobre o

poder de absorção do metano, que no entendimento do [G3] é de 20 a 25 vezes mais prejudicial que o dióxido de carbono.

Também lembraram a importância da camada de ozônio que, segundo o [G2], funciona como filtro contra a entrada de grandes níveis de radiação solar. Outro momento importante do debate se deu quando o [G3] chamou atenção para a possibilidade de gerar energia a partir do uso de gás metano.

A preocupação com a camada de ozônio e com a emissão do gás metano foi retomada quando o [G2] afirmou ser o metano altamente reagente com o ozônio e que o resultado dessa reação química seria a existência de “buracos” na camada de ozônio.

Finalizamos o debate sobre a primeira pergunta no consenso de que o efeito estufa é um fenômeno natural, cuja intensificação é resultado das ações humanas (efeito antrópico).

Em relação a segunda pergunta (Qual a relação entre a poluição da atmosfera terrestre (emissão de CO<sub>2</sub>) e o derretimento das geleiras?), os grupos responderam:

[G1]: A poluição libera gases que ficam na atmosfera terrestre, impedindo a passagem do calor, assim o planeta fica mais aquecido, e conseqüentemente derrete as geleiras.

[G2]: O derretimento das geleiras é uma consequência do aquecimento global, causado pela emissão constante de gases poluentes na atmosfera terrestre. Essa emissão de gases está destruindo a camada de ozônio ao mesmo tempo que está formando uma barreira desses gases na atmosfera, principalmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que impede a dissipação da radiação solar sobre a terra.

[G3]: Como sabemos o aumento da temperatura do planeta é ocasionado pela acumulação na atmosfera de gases como o Dióxido de Carbono, Metano, óxido de azoto e os CFCs, provenientes do uso de combustíveis fósseis e processos industriais, sendo que o Dióxido de carbono encontrado em maiores quantidades. Estimativas de emissões de CO<sub>2</sub> associado ao consumo mundial de combustíveis fósseis mostram o forte aumento ocorrido nos últimos 100 anos e a forte aceleração no período pós segunda guerra mundial, com o advento da industrialização, provocando um aumento na temperatura terrestre com conseqüentes alterações climáticas globais. O superaquecimento terrestre poderá causar o derretimento das calotas polares com conseqüente aumento do nível da água do mar o que provocará inundações em várias regiões da Terra. O aquecimento deve causar mudanças no regime normal de seca e chuva em algumas regiões e afetar sobretudo a área dos polos. O derretimento do gelo poderá elevar o nível dos oceanos, provocando inundações de áreas costeiras e terras mais baixas. O derretimento de geleiras das montanhas poderá provocar avalanches, erosão dos solos e mudanças dramáticas no fluxo dos rios, aumentando o risco de enchentes.

O debate prosseguiu cada vez mais acalorado. Dessa vez foi sobre a segunda pergunta, 2) Qual a relação entre a poluição da atmosfera terrestre (emissão de CO<sub>2</sub>) e o derretimento das geleiras? Nesse momento, levantaram uma discussão sobre o alto índice de poluição que é provocado, principalmente, pelas indústrias e veículos. No entendimento do [G1], essa poluição impede a passagem de calor para fora do planeta, consequentemente a Terra aquece e ocorre o derretimento das geleiras.

O [G3] deu continuidade afirmando que esse derretimento provocaria o aumento do nível do mar, e as consequências seriam inundações em várias regiões da Terra, submersão total de algumas cidades que estão abaixo do nível do mar, além de avalanches e enchentes. Ainda ressaltaram que o aquecimento global causaria mudanças no regime normal de seca e chuva.

Em relação a terceira pergunta (Qual a relação entre a radiação solar e o efeito estufa?), os grupos responderam:

[G1]: A radiação solar é o que chega até nós através do sol, e ao serem refletida pela superfície terrestre volta para atmosfera, como radiações infravermelhas, por serem ondas de curto comprimento, ficam presas em alguns tipos de gases na atmosfera, mantendo o planeta aquecido e provocando o que conhecemos como o efeito estufa.

[G2]: O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) absorve grande parte da radiação infravermelha e ultravioleta do sol refletidos pela superfície da terra. Por sua vez, radia essa energia absorvida de volta para a mesma. Como resultado, a superfície terrestre recebe quase o dobro de energia de radiação que a atmosfera recebe do sol, causando elevação nas temperaturas médias de todo o planeta. Fenômeno que conhecido como efeito estufa.

[G3]: A radiação solar que chega ao solo é absorvida e, em seguida, re-emitada na forma de radiação infravermelha. Essa radiação perderia-se no espaço se não fosse pela presença dos gases de estufa: vapor d'água, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e ozônio. Alguns dos gases de estufa absorvem e reemitem de volta a radiação infravermelha (o calor) para superfície da Terra. O comprimento de onda das radiações depende da temperatura do corpo que emite energia. O Sol apresenta um brilho branco incandescente e a sua energia localizada na parte visível do espectro, é denominada radiação de ondas curtas. A Terra e a atmosfera se aquecem absorvendo radiações de ondas curtas, porém a energia que recebem não é suficiente para ficarem muito quentes. Em consequência disso, irradiam energia em temperaturas muito inferior à do Sol e essa radiação é emitida em ondas longas, na faixa infravermelha do espectro que, devido ao seu comprimento são mais facilmente absorvidas pelos gases de estufas. A radiação da Terra e sua atmosfera é sentida muito mais como calor do que vista como luz.

Sobre a terceira pergunta, nosso debate girou em torno do entendimento sobre o comprimento de onda das radiações ultravioleta e infravermelha. O [G3] foi o que mais se aproximou de uma explicação para o efeito estufa. Para esse grupo, a radiação ultravioleta passa pela atmosfera, reflete na superfície da Terra e volta como radiação infravermelha. Depois essa radiação é absorvida na atmosfera e reemitida de volta para a superfície terrestre.

No entanto, o [G3] cometeu alguns equívocos, o grupo afirmou que [...] alguns gases de efeito estufa absorvem e reemitem de volta a radiação infravermelha (o calor) para a superfície da Terra [...]. Todos os gases de efeito estufa absorvem radiação, uns mais e outros menos, mas todos absorvem. Além disso, a atmosfera reemite parte da radiação de volta para a superfície da Terra e parte de volta para o espaço interplanetário.

O [G2] tentou reforçar a argumentação do [G3], porém cometeu um engano ao falar sobre a incidência e a reflexão da radiação na atmosfera. O [G2] afirmou que: “O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) absorve grande parte da radiação infravermelha e ultravioleta do Sol refletidos pela superfície da Terra. ” O dióxido de carbono e os demais gases de efeito estufa absorvem a radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre e não radiação ultravioleta como afirmou esse grupo.

Em relação à quarta pergunta (Qual a relação entre o efeito estufa e o aquecimento global?), os grupos responderam:

[G1]: Os gases do efeito estufa envolvem a terra e fazem parte da atmosfera. Estes gases não impedem a passagem da radiação solar, mas absorvem parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, impedindo que a radiação escape para o espaço e como consequência aquece o planeta terra.

[G2]: O efeito estufa é um fenômeno natural e essencial que assegura existência e a evolução da vida no planeta terra. Porém, esse fenômeno está sendo alterado constantemente pela emissão de gases poluentes na atmosfera terrestre, o que está causando um aumento significativo nas temperaturas média dos gases atmosféricos, dos oceanos e da superfície da terra, gerando um fenômeno de aquecimento do planeta que tem como consequência várias catastróficas ambientais.

[G3]: Quando existe um balanço entre a energia solar incidente e a energia refletida na forma de calor pela superfície terrestre, o clima se mantém praticamente inalterado. Entretanto, o balanço de energia pode ser alterado de várias formas sendo uma delas à alteração na quantidade de energia de maiores comprimentos de onda refletida de volta ao espaço, devido a mudanças na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. A principal evidência dessa mudança atual

do clima é o aquecimento global, que foi detectado no aumento da temperatura média global do ar e dos oceanos, no derretimento generalizado da neve e do gelo, e na elevação do nível do mar. As temperaturas médias globais de superfície, atualmente, são as maiores dos últimos cinco séculos. A temperatura média global de superfície aumentou cerca de 0,74°C, nos últimos cem anos. Caso não se atue neste aquecimento de forma significativa, espera-se observar, ainda neste século, um clima bastante incomum, podendo apresentar, por exemplo, um acréscimo médio da temperatura global de 2 °C a 5,8 °C, segundo o 4º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), de 2007. Embora o clima tenha apresentado mudanças ao longo da história da Terra, em todas as escalas de tempo, percebe-se que a mudança atual apresenta alguns aspectos distintos. Por exemplo, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera observada em 2005 excedeu, e muito, a variação natural dos últimos 650 mil anos, atingindo o valor recorde de 379 partes por milhão em volume (ppmv) - isto é, um aumento de quase 100 ppmv desde a era pré-industrial.

A quarta pergunta intensificou ainda mais o debate, pois perguntava diretamente qual a relação existente entre os fenômenos efeito estufa e aquecimento global? Todas as respostas apresentaram um ponto em comum, o de que, a argumentação foi baseada em notícias divulgadas pelas emissoras de TV, por revistas não especializadas (por exemplo, Revista Veja), sobretudo notícias retiradas da rede mundial de computadores (internet) e nos dados fornecidos pelo o IPCC.

Embora todos os grupos tenham apontado respostas que caminharam numa única direção, a de que o aquecimento global é consequência do efeito estufa, encontramos muita fragilidade nessas argumentações, bem como uma carência enorme de rigor científico nas informações apresentadas.

O [G3], por exemplo, afirmou que: “As temperaturas médias globais de superfície, atualmente, são as maiores dos últimos cinco séculos.” No entanto, estudos paleoclimáticos afirmam que ao retroagirmos menos de cinco séculos, encontraremos períodos mais quentes que o atual. Portanto, a temperatura média global atual não poderia ser a maior dos últimos cinco séculos.

Os demais grupos reconheceram o efeito estufa como fenômeno natural, essencial para a manutenção e existência de vida no planeta Terra. Também concordaram com a afirmação de que a intensificação do efeito estufa aquece excessivamente o planeta, tendo como consequência o aparecimento de um fenômeno denominado aquecimento global.

Em relação a quinta pergunta (Como o aquecimento global afeta a existência da vida no planeta Terra?), os grupos responderam:

[G1]: A radiação solar e o efeito estufa são fundamentais para manter a vida na terra, pois aquece o nosso planeta favorecendo condições climáticas para a sobrevivência dos seres vivos. O aumento da temperatura afeta a biodiversidade e o ecossistema, provocando vários desastres ambientais, que atingem plantações, e reservatórios de água potáveis, colocando em risco a existência e a sobrevivência de diversas espécies.

[G2]: A radiação solar por raios infravermelho e ultravioleta incidentes sobre a terra devido a destruição da camada de ozônio trazem várias consequências, entre elas está a alteração e extinção de muitas formas de vida existentes no planeta devido ao auto nível de radiação contida pelos gases poluentes e a elevação nas temperaturas médias do planeta, causando derretimentos em geleiras, alteração das correntes marítimas, redução na capacidade de fotossíntese das plantas e liberação de oxigênio (O<sub>2</sub>), alto potencial de alteração a nível celular nos seres humanos, entre outros fatores agravantes a existência da vida no planeta.

[G3]: As alterações climáticas poderiam desencadear grandes variações na temperatura e no ritmo das chuvas. Furacões, tormentas e enchentes de um lado, e secas graves de outro, poderão tornar se mais frequentes. Tudo isso poderá repercutir negativamente na produção de alimentos, já que diversas áreas agricultáveis serão afetadas. As alterações climáticas incomuns podem reduzir as populações ou mesmo levar à extinção de muitas espécies que não seriam capazes de se adaptar às novas condições ambientais. Se a temperatura aumenta, a possibilidade de ocorrência de epidemias de doenças transmitidas por insetos também cresce. Aumentam também as chances de sobrevivência dos germes, bactérias, esporos e outros organismos prejudiciais à saúde humana.

Para a quinta pergunta os grupos debateram sobre o aquecimento global e a existência de vida na Terra. O entendimento geral foi o de que a elevação de temperatura prejudica a biodiversidade e provoca desastres ambientais.

O [G1], nesse momento, fez uma afirmação que causou espanto nos demais grupos. Esse grupo afirmou que: “O aumento de temperatura [...] afeta reservatório de água potável, colocando em risco a existência e a sobrevivência de diversas espécies.”

Também afirmou que o aumento de temperatura afetaria a biodiversidade e o ecossistema como um todo. No entanto, eles não explicaram nenhuma dessas afirmações. Os argumentos do [G1] ganharam força, quando o grupo [G2], igualmente catastrófico em suas colocações, afirmou que o aumento de temperatura extinguiria a vida de muitas espécies.

Os alunos do [G2] ainda afirmaram que o aquecimento do planeta não só reduziria a capacidade das plantas realizarem fotossíntese, como também causaria alterações celulares nos seres humanos. Na visão desse grupo, a humanidade caminha na direção de sua extinção, porque a Terra está sofrendo um aquecimento desenfreado.

O [G3] também sinalizou algumas catástrofes por causa do aquecimento global, tais como: furacões; enchentes; tormentas e secas graves. Tudo isso, segundo os alunos desse grupo, pode afetar a produção de alimentos e aumentar o número de pessoas que morrerão de fome no planeta. Segundo esse grupo, o aquecimento global também contribui na disseminação de epidemias e muitas doenças, conseqüentemente na extinção de muitas espécies.

Em relação a sexta pergunta (Como o homem contribui para o aquecimento global?), os grupos responderam:

[G1]: Contribui com a queima de combustíveis fósseis, do lixo, e também o desmatamento.

[G2]: Segundo cientistas as principais causas do aquecimento global são: a vasta derrubada de florestas, a queima de combustíveis fósseis e a emissão excessiva dos gases poluentes metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) gerados na decomposição do lixo, pela pecuária e pelo uso de fertilizantes e pesticidas; principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) gerado pela grande queima dos combustíveis fósseis, matas e florestas e nos processos produtivos desenvolvidos em fábricas e indústrias. Entre outros gases poluentes e meios de emissão dos mesmos.

[G3]: A maior parte da atual mudança do clima, particularmente nos últimos 50 anos, é atribuída às atividades humanas, tendo como marco inicial, de forma mais avassaladora, a Revolução Industrial, que data do século 19. Foi nessa época que as fábricas começaram a demandar mais recursos naturais para produzir bens de consumo. O principal impacto da crescente atividade fabril - em vigor até hoje - foi o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, especialmente do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) produzido na queima de combustíveis, como o óleo diesel e a gasolina. Outro fator importante são as demais ações humanas tais como: O desmatamento, a utilização exagerada dos recursos naturais, a urbanização desenfreada, o consumismo sem controle e a grande demanda de lixo proveniente do mesmo que na maioria das vezes são jogados em meio a natureza.

A sexta pergunta falava sobre a contribuição do homem para o aquecimento global. O [G3] foi o primeiro grupo a se manifestar com uma afirmação muito interessante, a saber: “O principal impacto da crescente fabril – em vigor até hoje –

foi o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, especialmente do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) produzido na queima de combustíveis fósseis, como o óleo diesel e a gasolina.” Também apontaram, como causas do aquecimento global, o desmatamento, a utilização dos recursos naturais, a urbanização desenfreada e a grande demanda de lixo. O [G1] concordou com todas as afirmações feitas pelo [G3].

O [G2] apontou que somos responsáveis diretos pelo aquecimento global, porque derrubamos florestas e queimamos combustíveis fósseis. Para os alunos desse grupo somos responsáveis pela: “emissão excessiva dos gases poluentes metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) gerados na decomposição do lixo; pela pecuária e pelo uso de fertilizantes e pesticidas; principalmente o dióxido de carbono gerado [...] nos processos produtivos desenvolvidos em fábricas e indústrias.”

No terceiro momento, entregamos aos grupos uma nova lista de perguntas. Essas tinham um cunho mais científico. Além disso, relacionavam os conteúdos do Capítulo 2 (específicos da Física), tratados nesta dissertação, com os fenômenos efeito estufa e aquecimento global. As perguntas sugeridas estão listadas a seguir:

- 1) De que forma a energia solar é gerada e como essa energia chega à Terra?
- 2) Como é possível observar o calor emitido pelos corpos?
- 3) Por que não enxergamos (a olho nu) a radiação térmica?
- 4) Como devemos proceder para calcular a temperatura terrestre?

No quarto e último momento do segundo encontro, sugerimos quais conteúdos da Física os grupos deveriam pesquisar e estudar para juntos (professor e alunos) responderem, no encontro seguinte, essa nova lista de perguntas. Os conteúdos estão listados abaixo:

- 1) Fusão Nuclear na geração de energia solar.
- 2) Mancha Solar.
- 3) Ejeção de Massa Coronal.
- 4) Vento Solar.
- 5) Radiação do Corpo Negro.
- 6) Lei de Stefan-Boltzmann.
- 7) Lei do Deslocamento de Wien.

### 3° ENCONTRO

Iniciamos a aula relembando que no encontro anterior havíamos entregue uma lista com quatro perguntas e que para respondê-las nessa aula, os alunos deveriam ter estudado os conteúdos que nós havíamos solicitado. Então, perguntamos se os alunos tinham estudado e se tinham sentido dificuldades. A maioria informou que sentiu muita dificuldade, porque ainda não haviam estudado esses conteúdos em nenhum momento do curso.

Em seguida, informamos que nesse encontro iríamos tentar responder as três primeiras perguntas:

- 1) De que forma a energia solar é gerada e como essa energia chega à Terra?
- 2) Como é possível observar o calor emitido pelos corpos?
- 3) Por que não enxergamos (a olho nu) a radiação térmica?

Nesse momento, fomos tentando construir, junto com os alunos, as respostas. Sempre perguntando, pedindo sugestões, cada palavra dita pelos alunos tentávamos relacionar com a pergunta. Os alunos participaram das discussões, apesar de suas limitações em relação aos conteúdos.

A partir de agora faremos um relato sobre como utilizamos os conteúdos de Física para explicarmos os fenômenos efeito estufa e aquecimento global.

Começamos perguntando de que forma a energia era gerada no interior das estrelas, em particular, no interior do Sol? Todos disseram: “Através da fusão nuclear”. Depois perguntamos como seria essa fusão. Alguns disseram que resultaria da união de dois átomos de hidrogênio para formar um átomo de hélio. Então, explicamos que a fusão é um processo de reação em cadeia; logo em seguida, escrevemos no quadro a reação que gera a fusão nuclear e explicamos como isso acontece, inclusive ressaltando os princípios de conservação da massa e da carga elétrica.

Dando prosseguimento, explicamos como a energia liberada na fusão nuclear é transportada do interior do Sol até chegar em sua superfície. Também explicamos os processos de propagação de calor por radiação e convecção que ocorrem nas zonas de radiativas e convectivas, respectivamente.

Dando continuidade, perguntamos a eles como essa energia gerada conseguia chegar em nosso planeta. Quase todos deram a mesma resposta, com uma ou outra pequena diferença, mas em geral, a mesma resposta. “Através do processo de propagação de calor por radiação, pois a luz é uma onda eletromagnética e não precisa de um meio material para se propagar”.

Nessas respostas observamos resquícios do que estudaram no ensino médio, talvez nas aulas de eletromagnetismo ou muito provavelmente nas aulas de óptica. Concordamos com eles, mas ressaltamos que existem outros fenômenos acontecendo na superfície do Sol e que eles precisavam conhecer.

Então, continuamos a aula falando sobre mancha solar, ejeção de massa coronal e vento solar. Explicamos que as manchas solares se encontram na fotosfera e que sua temperatura média é de 4.300 K. Falamos que ainda não se conhece muito bem como elas são formadas, mas que sua formação está relacionada com o campo magnético do Sol.

Projetamos no quadro uma fotografia do Sol que permitia visualizar, em sua superfície, enormes protuberâncias. Eram gases expelidos em altíssima velocidade, além de elétrons, raios X, raios ultravioleta e luz visível. Explicamos que aquelas protuberâncias, com formatos que se assemelham a arcos ou balões, é na verdade um fenômeno chamado ejeção de massa coronal. Como o próprio nome sugere, esse fenômeno ocorre numa parte do Sol denominada coroa ou corona.

Depois ensinamos que o vento solar é o nome que se dá ao fenômeno de transporte de matéria aquecida que se propaga no espaço, em todas as direções, e alcança a atmosfera da Terra. Ressaltamos que o vento solar, além de possuir baixa densidade tem origem nas manchas solares.

O material transportado pelo vento solar é constituído, principalmente, por prótons, elétrons, átomos ionizados e campos magnéticos. Vale ressaltar que a aula se iniciou num clima de participação de todos.

Pedimos que dissessem como deveríamos proceder para calcular o comprimento de onda da radiação emitida pelo Sol. Dois alunos sugeriram usar a Lei do Deslocamento de Wien. Explicamos que o Sol, com boa aproximação, pode ser considerado um corpo negro, e através da citada lei,  $\lambda_{\text{máx}} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ , é possível realizarmos esse cálculo.

Continuamos a explicação afirmando que, a Lei de Wien relaciona o comprimento de onda, onde se situa a máxima emissão de radiação eletromagnética de corpo negro, e sua temperatura. Então, conhecendo-se a temperatura da superfície do Sol e a expressão citada anteriormente, é possível verificar que o comprimento de onda da radiação emitida pela superfície do Sol encontra-se no espectro do ultravioleta.

Então, uma aluna perguntou se era por essa razão que não enxergávamos a radiação ultravioleta e a infravermelha. Respondemos que ainda não sabíamos e os convidamos para juntos discutirmos sobre a radiação emitida pela superfície da Terra.

Explicamos à turma que a uma temperatura de 300 K o nosso planeta tem um espectro parecido com o de um corpo negro, portanto, sendo possível utilizar a mesma lei (Lei de Wien) e calcular o comprimento de onda da radiação emitida pela Terra. Ao realizarmos esses cálculos encontramos um comprimento de onda no espectro do infravermelho (ondas longas).

Faltava responder a mais uma pergunta quando, de repente e para nossa felicidade, um aluno questionou o resultado que obtivemos para o cálculo da radiação infravermelha. Não havíamos percebido, mas na figura que mostramos o comprimento de onda da radiação infravermelha variava de 700 nm a 1 mm, enquanto o resultado obtido foi de 9660 nm. Esse foi um dos momentos mais ricos da aula. Pedimos que pensassem um pouco sobre esses resultados. Depois de um tempo explicamos que o resultado não estava errado.

Foi quando percebemos que a turma não conhecia a classificação existente para a radiação infravermelha. Aproveitando a oportunidade explicamos que, em relação ao tamanho da onda, existem classificações para a radiação infravermelha: a curta (0,5 a 1,5 micrômetros) a média (1,5 a 10 micrômetros) e a longa (10 a 1000 micrômetros). Portanto, o valor mostrado na figura correspondia à radiação infravermelha média, enquanto a que obtivemos correspondia à radiação infravermelha longa.

Depois dessa longa discussão a turma achou bem mais fácil responder a terceira pergunta. Mais uma vez eles sugeriram a Lei de Wien e responderam que não era possível enxergar, porque ambas as radiações (ultravioleta e infravermelha) estavam fora da faixa do espectro de luz visível.

Foi assim que, encerramos a aula desse encontro. Também lembramos aos alunos que ainda existia uma pergunta para ser respondida, mas isso seria feito no próximo encontro. Solicitamos que eles estudassem um pouco mais sobre:

- a) Radiação do Corpo Negro.
- b) Lei de Stefan-Boltzmann.
- c) Lei do Deslocamento de Wien.

É importante ressaltar que esse conteúdo consta no material de apoio oferecido ao professor. Esse material de apoio está no Capítulo 2 dessa dissertação.

#### 4° ENCONTRO

No primeiro momento desse encontro, relembramos que uma pergunta faltava ser respondida e perguntamos se os alunos haviam revisado os conteúdos solicitados na última aula. Na sequência iniciamos o debate, da mesma maneira que no encontro anterior.

Os alunos haviam feito, em casa, um reforço nos estudos sobre **Radiação do corpo Negro, Lei de Stefan-Boltzmann e Lei de Wien**. Então sugeriram que, para respondermos a quarta pergunta, deveríamos usar todo esse conhecimento.

O objetivo dessa aula foi calcular o valor da temperatura média da Terra com e sem a influência do efeito estufa. Começamos considerando o Sol como sendo um corpo negro. Depois usamos a Lei de Stefan-Boltzmann e a área esférica do Sol para calcularmos sua potência de radiação.

Sabemos que a energia emitida pelo Sol atinge a Terra, então fizemos uma relação geométrica entre esses dois astros, utilizando o Teorema de Tales, para encontrarmos uma expressão matemática que nos permitisse encontrar a potência para a interação Sol-Terra.

Depois usamos o princípio da conservação de energia para explicarmos que a **energia recebida pela Terra** menos a **energia emitida pela Terra** nos daria a **energia líquida da Terra**. Lembramos que, nosso planeta recebe radiação ultravioleta, absorve e depois emite como radiação infravermelha, esta última não consegue passar pela atmosfera terrestre devido à presença dos gases de efeito

estufa. Então, é razoável admitirmos que essa energia líquida, além de representar o adicional de temperatura, também seria igual à própria energia emitida pela Terra.

Ao final dessa abordagem teórica chegamos a uma expressão matemática que nos permitiu calcular a temperatura média da Terra, considerando o efeito estufa. O resultado obtido foi de aproximadamente dezesseis graus Celsius ( $\sim 16^{\circ}\text{C}$ ). Um valor bastante coerente com aqueles obtidos experimentalmente e que apontavam para uma temperatura de aproximadamente quinze graus Celsius ( $\sim 15^{\circ}\text{C}$ ). Vejam esse cálculo no Capítulo 2.

Após alguns esclarecimentos prosseguimos e calculamos a temperatura da Terra sem considerarmos o efeito estufa, ou seja, levando em conta apenas o equilíbrio radioativo Sol-Terra. Usamos a mesma abordagem teórica de antes, porém, acrescentamos uma equação na qual a Terra absorve radiação numa taxa diferente, ou seja, através de parâmetros como albedo e constante solar. Usamos o valor máximo para a constante solar ( $1372 \text{ Wm}^{-2}$ ) e afirmamos que o albedo terrestre vale aproximadamente 0,30.

Usando esses dados na equação  $S(1 - \alpha)/4 = \sigma T^4$ , chegamos ao resultado de aproximadamente menos dezoito graus Celsius ( $-18^{\circ}\text{C}$ ). Esse resultado suscitou muita discussão, pois sabemos que a temperatura média global do planeta não é essa, e sim, aquela obtida no primeiro cálculo ( $\sim 15^{\circ}\text{C}$ ). O resultado em graus negativos serviu para mostrar que apenas o equilíbrio radioativo Sol-Terra não basta para explicar a temperatura média da superfície terrestre. É fundamental, também, levar em consideração o percentual de absorção e reflexão de calor na atmosfera terrestre.

Finalizamos esse encontro dizendo que, no nosso quinto e último encontro, faríamos uma retomada sobre os conteúdos debatidos relacionados ao tema Efeito Estufa e Aquecimento Global. Posteriormente, solicitamos que eles pensassem sobre algumas ações para diminuirmos a intensificação do efeito estufa.

## **5° ENCONTRO**

Nesse encontro, no primeiro momento, fizemos uma breve retomada dos conteúdos discutidos durante os quatro primeiros encontros.

Como já havíamos discutido o tema, Efeito Estufa e Aquecimento Global, a partir das concepções dos alunos e, em seguida, através dos conteúdos relacionados à Física, eles já tinham condições de sugerirem soluções para o seguinte problema: Que ações podem ser realizadas, no município de Santa Cruz, para evitarmos a intensificação do efeito estufa e/ou aumento da temperatura local?

Propomos o problema e solicitamos que os alunos dessem sugestões de como solucioná-lo. Anotamos no quadro todas as sugestões dadas e posteriormente discutimos com eles a viabilidade de tais sugestões. Depois escolhemos juntos, professor e alunos, quais seriam as mais viáveis. Vejamos quais foram.

[JO] e [PA]: “Plantar árvores”; “Não queimar o lixo”.

Esses alunos alegaram que a Prefeitura de Santa Cruz não realiza uma poda adequada nas árvores. Segundo eles, “as árvores ficam só o tronco e diminui a ventilação da cidade. Também reduz as áreas de proteção contra a insolação”.

Quanto ao descarte do lixo sugeriram que o lixo orgânico fosse enterrado, para diminuir a poluição e também a desidratação do solo no local onde o lixo é queimado.

[DI]: “Realizar palestras para a população sobre o assunto”;

A fala desse aluno ressalta uma importância social muito grande, a de conscientizar a população, não apenas sobre aquecimento em si, mais também em relação aos riscos à saúde. Ele sugeriu que se desse prioridade à população carente, por não ter uma boa qualidade de vida e pouco conhecimento sobre essas questões ambientais.

[JE] e [GI]: “Uma vez por mês os cidadãos deveriam deixar seus automóveis em casa e andar de ônibus”; “Ação governamental que banque o auxílio às instituições públicas de ensino com bolsas de pesquisas voltadas diretamente a este tema”.

Essas alunas se mostraram preocupadas com o comportamento da humanidade, elas disseram que reclamamos e nada fazemos para melhorar. Para

elas falta investimento em pesquisa e tecnologia que ajudem na redução da emissão de CO<sub>2</sub> e outros gases poluentes.

[RE] e [PA]: “Melhorar as olarias que existem na cidade de Santa Cruz”.

Esses dois alunos disseram ter participado de uma aula de campo, na qual conheceram uma olaria na cidade de Parelhas/RN. O dono dessa olaria é engajado com as questões ambientais, inclusive já recebeu premiações por isso. O dono dessa olaria mandou construir um sistema que utiliza a fumaça da chaminé de volta para os fornos. Por causa de um contrato feito com a Prefeitura, ao invés de desmatar, os operários da olaria utilizam restos de poda das árvores da cidade.

Esse momento teve como objetivo despertar a criatividade nos alunos e fazer com que eles aplicassem o conhecimento científico na transformação da sua realidade. Também foi oportuno para refletirmos sobre as sugestões dadas por eles. Foram muitas, então fizemos uma seleção, depois discutimos quais seriam viáveis para a cidade de Santa Cruz/RN. As sugestões escolhidas serão levadas à direção geral do IFRN Campus Santa Cruz para que esta leve ao conhecimento da prefeitura da cidade supracitada.

Iniciamos o fechamento desse encontro, agradecendo e gentilmente solicitando que fizessem uma avaliação da aplicação dessa Unidade Didática, cujos resultados serão apresentados nos parágrafos seguintes. Em seguida, expressamos felicidade em perceber que eles estão atentos aos problemas ambientais, principalmente os da cidade em que moram.

As últimas palavras foram de gratidão e aproveitamos a oportunidade para lembrá-los que são futuros professores e que o compromisso deles não é somente o de proporcionar aos alunos um ensino de ciências de ótima qualidade, mas acima de tudo o de formar cidadãos e cidadãs com senso crítico sobre a realidade na qual estão inseridos, bem como de serem capazes de pensar, repensar e refletir sobre como suas ações no presente podem beneficiar ou prejudicar as futuras gerações.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo voltamos nossa atenção para como a disciplina Física do Meio Ambiente vem sendo lecionada no Brasil, considerando que esta é relevante para a formação do docente de Física. Para isto, fizemos estudos bibliográficos que nos permitiram elaborar uma Unidade Didática que possibilitasse aos professores trabalhar com competências e habilidades inerentes aos conhecimentos em Física tendo como suporte o entendimento das questões ambientais pautados na produção científica da área.

Discutimos como é complexo e delicado incorporar, na prática do professor, metodologias que proporcionem o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias à compreensão dos conteúdos vinculados à Física do Meio Ambiente, posto que o objetivo desta disciplina se propõe a fazer convergir e apontar soluções em um espaço científico no qual existem muitas definições e muitos entendimentos sobre o significado de aprendizagem significativa, competências e habilidades.

Trouxemos, sob a ótica da Física, um breve estudo sobre efeito estufa e aquecimento global e em breves notas discutimos as análises que são realizadas sobre alguns modelos climáticos e sobre as discussões acerca dos resultados apontados por tais modelos.

Finalmente, discutimos como ensinar conteúdos de Física usando estas questões ambientais por meio de uma metodologia problematizadora, aplicamos essa metodologia e relatamos a experiência como forma de subsidiar a prática de professores que por ventura queiram fazer uso de tal metodologia ao trabalhar com a Unidade Didática elaborada como produto desta dissertação.

Esta intervenção metodológica se deu com a utilização de um método denominado Método do Arco de Charles Maguerez e observamos que este pode ser utilizado na disciplina Física do Meio Ambiente por permitir ao professor mediar conhecimentos científicos com seus alunos partindo de uma realidade, ou de um problema real que possibilita reconstruir conceitos, saindo, portanto, do senso comum para uma atividade mais científica e reflexiva.

## REFERÊNCIAS

A METODOLOGIA da Problematização com o Arco de Maguerez. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HwHOGdRy9d0J:ucbweb2.castelobranco.br/webcaf/arquivos/15553/9367/A\\_Metodologia\\_da\\_Problematizaca\\_o\\_com\\_o\\_Arco\\_de\\_Maguerez.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HwHOGdRy9d0J:ucbweb2.castelobranco.br/webcaf/arquivos/15553/9367/A_Metodologia_da_Problematizaca_o_com_o_Arco_de_Maguerez.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Acesso em: 2 mar. 2014.

ALBANO *et al.* A formação de professores para a educação básica na LDB e as expectativas para a educação no futuro. **Revista Científica de Letras**, Franca, v.6, n.2, p.11-30, jul./dez. 2010.

ALMEIDA, Antônio Carlos Aido de. **Estudo das correlações entre a atividade solar e processos atmosféricos**. 2001. 89f. Tese (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ARAÚJO, Ulisses F.; SASTRE, Genoveva. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2009.

ARIEIRO, Maria Elisa *et al.* **Preparação para o Exame Nacional 2014: física e química A**. Portugal: Porto Editora, 2013.

BACCARO, Marco Aurélio Corcini. **Modelo hidrodinâmico bidimensional de ejeção de massa coronal**. 2009. 98f. Dissertação (Mestrado em Astrofísica) – INPE, São José dos Campos, 2009.

BAPTISTA, Mónica Luísa Mendes. **Concepção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. 2010. 561f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Lisboa, 2010.

BARBOSA, Luis Gustavo D'Carlos. **O debate sobre o aquecimento global em sala de aula: o sujeito dialógico e a responsabilidade do ato frente a um problema sócio científico controverso**. 2010. 79f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BATISTA *et al.* O enfoque Problematizador na formação de profissionais da saúde. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.2, n.39, p.231-237, jun./jul. 2005.

BERBEL, N. N.: *“Problematization” and Problem-Based Learning: different words or different ways?* **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v.2, n.2, 1998.

BERNARDES, Júlia Adão; FERREIRA, Francisco Pontes de Miranda. Sociedade e natureza. In. CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio José Teixeira (Orgs.). *A questão ambiental: diferentes abordagens*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, cap. 1.

BEZERRA, D. P. *et al.* A evolução do ensino da física – perspectiva docente. **Scientia Plena**, v.5, n.9, p.1-8, jul./set. 2009.

BOEKER, Egbert; GRONDELLE, Rienk van and; BLANKERT, Piet. **Environmental physics as a teaching concept**. Eur. J. Phys. 24 S59. Received 22 January 2003, Published 18 July 2003. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/0143-0807/24/5/301>>. Acesso em: 26 jun. 2013.

BOMFIM, Marcio Luiz Bastos. Práticas profissionais na ESGT: o sucesso do método do arco. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v.13, n.13, p.59-61, 2011.

BORILLE, Dayane Carla et al. A aplicação do Método do Arco da Problematização na coleta de dados em pesquisa de enfermagem: relato de experiência. **Texto Contexto Enferm**, Florianópolis, v.21, n.1, p.209-216, jan./mar. 2012.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégia do ensino-aprendizagem**. 28<sup>a</sup>.ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

BORDENAVE, J; PEREIRA, A. **Estratégias de ensino aprendizagem**. 26<sup>a</sup>. Ed. Petrópolis: Vozes, 2005.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www3.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/1981/6938.htm>>. Acesso em: 11 Ago. 2013.

BRASIL. Diretrizes Curriculares para Cursos de Física. Trata-se de documento em versão preliminar que a Comissão de Especialistas de Física da SESU/MEC submete, nesta oportunidade, à consideração das IES que enviaram propostas, bem como das demais IES que oferecem curso de Física. Brasília, Agosto de 1998. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/~coelho/diretriz.html>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

BRASIL. Lei Nº 9795, de 27 de Abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm)>. Acesso em: 13 Ago. 2013

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 8 de Jul. 2013

BRASIL. NBR ISSO 14001 – Sistemas da gestão ambiental: requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Resolução Nº 2, de 30 de Janeiro de 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível em: [http://www.crmariocovas.sp.gov.br/Downloads/ccs/concurso\\_2013/PDFs/resol\\_federal\\_2\\_12.pdf](http://www.crmariocovas.sp.gov.br/Downloads/ccs/concurso_2013/PDFs/resol_federal_2_12.pdf). Acesso em: 29 de Ago. 2013

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional [recurso eletrônico]. – 8. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2013.

COSTA, Felipe A. P. L. Primórdios do aquecimento global. **Ciência Hoje**, v.40, n.238, p. 76-78, jun. 2007.

COSTA JÚNIOR *et al.* O vento solar e a atividade geomagnética. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v.33, n.4, p.2-3, 2011.

DELIZOICOV, Demétrio; Angotti, José André; PERNANBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DELERUE, Alberto. **O Sistema Solar**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

DELORS, J. (Org.). **Educação: Um tesouro a descobrir** (Relatório da UNESCO da Comissão Internacional sobre educação para o século XXI). 5. ed. São Paulo: Cortez; Brasília; DF; MEC, 2001.

DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; VILLAS BÔAS, Newton. **Física**. São Paulo: Saraiva, 2010, v.1.

EISBERG Robert *et al.* **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.

EUFRÁSIO, D. A. Efeitos da globalização na capacitação profissional. *Revista Exame*, São Paulo, Abril, 2000.

FACCHINELLO, Carla Simone; MOREIRA, Marco Antônio. Uma alternativa para o ensino da dinâmica no ensino médio a partir da resolução qualitativa de problemas. **Textos de apoio ao professor de física**, Porto Alegre, v.19, n.6, p.1-51, 2008.

FREITAS, Marcílio de. Física e meio ambiente: o substrato da estática na ciência contemporânea. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.57, n.3, p.33-36, jul./sep. 2005.

GHEDIN, Evandro. **Teorias Psicopedagógicas do Ensino Aprendizagem**. Boa Vista: UERR Editora, 2012.

GUEDES, Anderson Guimarães. **Física do Meio Ambiente: Desafios de uma Disciplina focada na Formação de Habilidades Gerais**. 2013. 156f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e da Matemática – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

HARGREVES, J. K. **The Solar-Terrestrial Environment**. New York: Cambridge University Press, 1995.

KULLOK, M. G. B. **As exigências para a formação do professor da atualidade**. São Paulo: Edufal, 2000.

LANDULFO, Eduardo. **Meio Ambiente & Física**. São Paulo: Editora Senac, 2005.

LEROUX, Marcel. **Aquecimento global: uma impostura científica**. 2008. 53 p. Disponível em: <[http://www.resistir.info/climatologia/impostura\\_cientifica.html](http://www.resistir.info/climatologia/impostura_cientifica.html)>. Acesso em: 15 mar. 2014.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério)

LIMA e SILVA *et al.* **Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais**, 2000. Disponível em: <<http://www.thexeditora.com.br/livros/dicbrascieambient.html>>. Acesso em: 20 set. 2012.

MACHADO, Maria Cordélia S.; BRITO, Tânia. **Antártica: ensino fundamental e Ensino Médio / coordenação Maria Cordélia S. Machado, Tânia Brito**. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

MARENCO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e Seus Efeitos Sobre a Biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília: MMA, 2006. 212 (Série Biodiversidade, v. 16).

MARUYAMA, Shigenori. **Aquecimento Global?**; Tradução Kenitiro Suguio. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MARTINS, João Batista. **Vygotsky & A Educação**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

MEGIOLLARO, G. P.; BETZ, M. E. M. Ensino da radiação do corpo negro em sala de aula. In: **IX ANPED SUL – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**, 2012. Caxias do Sul: UCS, 2012.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma; reformar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2000.

MOSCHETTI, Marcelo. Galileu e as cartas sobre as manchas solares: a experiência telescópica contra a inalterabilidade celeste. **Cadernos de Ciências Humanas – Especiarías**, v.9, n.16, p. 313-340, jul. /dez. 2006.

NARDI, Roberto. **Pesquisas em Ensino de Física**. São Paulo: Escrituras, 1998.

NEVES, Estela; TOSTES, André. **Meio Ambiente: a lei em suas mãos**. Petrópolis: Vozes, 1992.

Perspectivas do Meio Ambiente Mundial, 2002, GEO-3 (Global Environment Outlook 3). 446p. Capítulo 1: Integração entre o meio ambiente e o desenvolvimento: 1972-2002. **PNUMA, IBAMA & UMA**, 2002. 28P. Disponível em: <[http://www.wwiuma.org.br/geo\\_mundial\\_arquivos](http://www.wwiuma.org.br/geo_mundial_arquivos)>. Acesso em: 03 fev. 2012.

PINHEIRO, Katia. **Módulo 3.1: O campo magnético do sol**. 2010. Disponível em: <[www.on.br/ead\\_2012/pdf/modulo3/3.1\\_campo\\_magnetico\\_sol.pdf](http://www.on.br/ead_2012/pdf/modulo3/3.1_campo_magnetico_sol.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2012.

POZO, Juan Ignacio. A sociedade da Aprendizagem e o Desafio de Converter Informação em Conhecimento. **Revista Pátio**, ano 8, p. 34-36, ago. /out. 2007.

POWELL, Arthur E. O Sistema Solar. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

REBOUÇAS, A. C. **Água no Brasil**: abundância, desperdício e escassez. Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 13, n. Especial, p.341-345, 2003.

REBOUÇAS, Fernando. **Conceito de meio ambiente**. 2009. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/geografia/conceito-de-meio-ambiente/>>. Acesso em: 5 dez. 2013.

RICCI, Mário César; CARNEIRO JR, Delfim Pinto. **Radiação Solar e Vento Solar**. 2005, 10 p. Disponível em: <<http://www2.dem.inpe.br/mcr/Inpe/.../Radiação%20e%20vento%20solar.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2014.

ROSA, Pedro Sérgio. **Louis de Broglie e as ondas de matéria**. 2004. 200f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ROSA, Pedro Sérgio. **O início da mecânica quântica – A necessidade de um novo modelo teórico**. Disponível em: <[www.revistasapere.inf.br/download/terceira/QUANTICA.pdf](http://www.revistasapere.inf.br/download/terceira/QUANTICA.pdf)>. Acesso em: 2 dez. 2013.

SACRISTÁN, José Gimeno *et al.* **Educar por Competências**: o que há de novo? Tradução: Carlos Henrique Lucas Lima. Porto Alegre: Artmed, 2011.

SANTOS, A. R. **Metodologia científica**: a construção do conhecimento. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 1999.

SANTOS, Júlio César Furtado dos. **O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa**. 9 p. Disponível em: <<http://www.famema.br/ensino/capacdoc/docs/papelprofessorpromocaoaprendizagemsignificativa.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2014.

SILVA, Robson Willians da Costa; PAULA, Beatriz Lima de. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, v.5, n1, p.42-49, 2009.

SILVA, Thomas de Carvalho. O meio ambiente na Constituição Federal de 1988. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XII, n.63, abr. 2009. Disponível em: <[http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_ed=5920](http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_ed=5920)>. Acesso em: 10 abr. 2012.

TAVARES, M. Aprendendo sobre o sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Niterói, v.22, n.1, p. 78-82, mar.2000 a.

TAVARES, M. Meteorologia Espacial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Niterói, v.22, n.4, p. 496-502, dez.2000 b.

TEODORO, Pacelli Henrique Martins; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, ago. 2008.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC,1999.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1988.

\_\_\_\_\_. **Construção do conhecimento e metodologia da extensão**. 2002.  
Disponível em: <http://www.ufrn.br/ufrn2/proex/files/debates/thiollent.pdf> Acesso em 30 Ago 2013.

SANTOS, BOAVENTURA DE SOUSA. **A Universidade no Século XXI**: para uma reforma democrática e emancipatória da Universidade. São Paulo: Cortez, 2004.

TRIGUEIRO, A. **Meio ambiente no século 21**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

**APÊNDICE A – PRODUTO DA DISSERTAÇÃO**  
**UNIDADE DIDÁTICA PARA A DISCIPLINA FÍSICA DO MEIO AMBIENTE: EFEITO**  
**ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL**

NELSON COSME DE ALMEIDA

e

GILVAN LUIZ BORBA



# UNIDADE DIDÁTICA PARA A DISCIPLINA FÍSICA DO MEIO AMBIENTE:

**EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
NATURAIS E MATEMÁTICA**



**UNIDADE DIDÁTICA PARA A DISCIPLINA FÍSICA DO MEIO AMBIENTE:  
EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL**

**(Material Didático e Instrucional)**

**Autor. Nelson Cosme de Almeida  
Orientador. Dr. Gilvan Luiz Borba**

**NATAL-RN  
2014**

**REITORA**

**Ângela Maria Paiva Cruz**

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA**

**Valter José Fernandes Júnior**

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**

**Raimundo Silva Junior**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E  
MATEMÁTICA**

**Bernadete Barbosa Morey**

**GRUPO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA E ASTRONOMIA**

**Gilvan Luiz Borba**

Divisão de Serviços Técnicos.  
Catalogação da publicação na fonte.  
IFRN/SC / Biblioteca Mons. Raimundo Gomes Barbosa

Almeida, Nelson Cosme de.

Unidade didática para a disciplina física do meio ambiente: efeito estufa e aquecimento global/ Nelson Cosme de Almeida. – Santa Cruz, 2014.  
62 f.

Orientador (a): Prof<sup>ª</sup> Dr. Gilvan Luiz Borba

Dissertação (Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

1. Ensino da Física. 2. Unidade Didática. 3. Método do Arco de Charles Maguerez. 4. Física do Meio Ambiente. 5. Licenciatura em Física I. Borba, Gilvan Luiz. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

IFRN-SC/MRGB

CDU 53:37

**UNIDADE DIDÁTICA PARA A DISCIPLINA FÍSICA DO MEIO AMBIENTE:  
EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL**

**(Material Didático e Instrucional)**

**AUTORES**

**Nelson Cosme de Almeida**

**e**

**Gilvan Luiz Borba**

**REVISÃO DO ORIGINAL E APROVAÇÃO**

**Gilvan Luiz Borba**

**e**

**Lenina Lopes Soares Silva**

**CAPA**

**Nelson Cosme de Almeida**

**DISTRIBUIÇÃO GRATUITA**

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	5
<b>1 – INTERAÇÃO SOL-TERRA</b>	7
1.1 O SOL E SUA ATIVIDADE	7
1.1.1 Fontes de Energia do Sol	12
1.1.2 Estrutura Interna do Sol	12
1.1.3 Estrutura Externa do Sol	17
1.2 AQUECIMENTO GLOBAL E EFEITO ESTUFA	36
1.2.1 O que estão falando sobre clima e modelos climáticos	37
1.2.2 Compreendendo o efeito estufa	39
1.2.3 Compreendendo o aquecimento global	41
1.2.4 Cálculo da temperatura média da superfície terrestre	43
<b>2 – UNIDADE DIDÁTICA TRABALHADA POR MEIO DO METODO DO ARCO DE CHARLES MAGUEREZ</b>	50
2.1 O MÉTODO DO ARCO DE CHARLES MAGUEREZ	51
2.1.1 Elemento motivacional e Problematização da Realidade	54
2.1.2 Observação da realidade	54
2.1.3 Pontos-chave	54
2.1.4 Teorização	55
2.1.5 Hipóteses de solução	55
2.1.6 Aplicação na realidade	55
2.2 PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA	56
2.2.1 Identificação	57
2.2.2 Objetivos da Aprendizagem	57
2.2.3 Conteúdos	57
2.2.4 Metodologia	58
2.2.5 Recursos Necessários	60
2.2.6 Sistemática de Avaliação	60
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	61
<b>REFERÊNCIAS</b>	62

---

## APRESENTAÇÃO

Efeito Estufa e Aquecimento Global são objeto de discussão e de grande preocupação ambiental da humanidade no século XXI. Os espaços formais de educação têm frequentemente abordado este tema. Porém, estas questões ambientais, tanto na escola quanto na mídia de um modo geral, têm sido amplamente difundidas de maneira controversa, carecendo, portanto, de uma discussão mais criteriosa do ponto de vista científico.

No presente trabalho organizamos um material didático e instrucional com alguns conteúdos de Física que podem ser trabalhados em Física do Meio Ambiente (FMA). Apesar de abranger temas complexos e controversos, como efeito estufa e aquecimento global, o material é de fácil leitura. Contudo, a simplificação dos conteúdos não significa, em hipótese alguma, superficialidade dos mesmos.

A intenção foi a de oferecer um material que norteasse o professor na elaboração de aulas sobre a interação do Sol com a Terra e que a partir dessa interação pudesse ensinar sobre os fenômenos aquecimento global e efeito estufa.

Neste material trouxemos, objetivamente, um estudo sobre fusão nuclear; energia solar; mancha solar, ejeção de massa coronal; vento solar e os já citados, efeito estufa e aquecimento global, baseado nos estudos de pesquisadores como Baccaro (2009); Moschetti (2006); Ricci e Carneiro (2005); Rosa (2004) e Maruyama (2009), porque são autoridades no assunto.

O leitor também encontrará procedimentos simplificados de como calcular a temperatura média da superfície da Terra, levando em consideração o albedo terrestre e o equilíbrio de energia entre o Sol e a Terra, além de um breve estudo sobre clima. A Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei do Deslocamento de Wien servem, bem como o estudo sobre Radiação do Corpo Negro, como pano de fundo para uma discussão maior, a mudança climática global.

Todos estes conteúdos são discutidos visando subsidiar os professores para trabalharem uma Unidade Didática com os conteúdos mencionados utilizando-se de uma Metodologia Problematizadora denominada de Método do Arco de Charles Maguerez. Esta vem descrita em etapas e também apontamos as vantagens e desvantagens, quanto ao seu uso. Na sequência propomos uma Unidade Didática,

cujo objetivo é debater sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global utilizando tal Método.

Nelson Almeida.

# 1 INTERAÇÃO SOL-TERRA

---

## 1.1 O SOL E SUA ATIVIDADE

A vida no planeta Terra depende exclusivamente da energia emanada pelo Sol. Essa energia possibilita o desencadeamento orgânico de todas as espécies que aqui habitam. Tomemos como exemplo o fato de que a energia proveniente do Sol na forma de luz solar é armazenada em glicose por organismos vivos através da fotossíntese<sup>1</sup>.

A disciplina FMA tem como objeto de estudos o ambiente natural, ela está fundamentada em pressupostos teóricos da Física do Clima e da Física da Atmosfera. Por essa razão será fundamental entendermos, *a priori*, como a energia do Sol é gerada em seu interior; como se irradia pelo espaço interplanetário e depois como se distribui em nossa atmosfera, nos fornecendo luz e calor que são essenciais para a existência e manutenção da vida do nosso planeta. Também é importante conhecermos o estudo das propriedades físicas do interior do Sol e de suas diferentes camadas atmosféricas, uma vez que tal estudo é essencial para melhor caracterizarmos os fenômenos solares.

Observamos que atualmente existem, no Universo, centenas de bilhões de galáxias e nessas centenas de bilhões de estrelas. Nós habitamos uma dessas galáxias, a Via Láctea (DELERUE, 2002). De todas as estrelas existentes em nossa galáxia a mais importante, para nós, é o Sol; ele é gerado a partir de uma nebulosa (nuvem de gás) e está circundado por oito planetas, satélites e asteroides que juntos constituem o que conhecemos por Sistema Solar (POWELL, 2013).

Os planetas giram ao seu redor descrevendo órbitas elípticas, umas mais e outras menos acentuadas. Existe uma grandeza que nos diz se uma elipse é mais acentuada de que outra intrínseca, a *excentricidade*<sup>2</sup>. Elipses muito acentuadas

---

<sup>1</sup> Fotossíntese é um processo físico-químico, a nível celular, realizado pelos seres vivos clorofilados (plantas), que utilizam dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O), para obter glicose através da energia da luz solar.  $12\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \rightarrow 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

<sup>2</sup> A excentricidade de uma elipse é um número real positivo ( $e > 0$ ) que é definida como o quociente entre a metade da distância focal e a metade da medida do eixo maior da elipse.

possuem grande excentricidade. As menos acentuadas apresentam baixa excentricidade, como mostra a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Excentricidade dos planetas do Sistema Solar.

Planeta	Excentricidade da Elipse
Mercúrio	<b>0,20</b>
Vênus	<b>0,079999</b>
Terra	<b>0,02</b>
Marte	<b>0,09</b>
Júpiter	<b>0,05</b>
Saturno	<b>0,06</b>
Urano	<b>0,05</b>
Netuno	<b>0,009</b>

Fonte: Física 1 (DOCA; BISCOLO; VILAS BÔAS, 2010, p. 208).

Chama-se excentricidade da elipse a grandeza adimensional  $e$  dada por:

$$e = \frac{f}{E} (0 \leq e < 1) \quad \text{Eq. (1)}$$

Dentre os planetas do Sistema Solar, Mercúrio é o que descreve órbita de maior excentricidade. Os demais planetas, incluindo a Terra, realizam órbitas praticamente circulares, como se pode observar na Tabela 1. É preciso lembrar que o fato de existirem órbitas praticamente circulares não invalida, contudo, a 1ª Lei de Kepler<sup>3</sup>, já que a circunferência é um caso particular de elipse.

Uma evidência de que a órbita da Terra é praticamente circular é a de que, quando observamos o Sol, este aparenta ter o mesmo “tamanho” em qualquer época do ano. Se a órbita terrestre fosse uma elipse de grande excentricidade, visualizaríamos o Sol muito grande quando o planeta percorresse a Região do Periélio<sup>4</sup> e muito pequeno quando percorresse a Região do Afélio<sup>5</sup>.

Além disso, na passagem da Terra pela Região do Periélio, sentiríamos um calor insuportável e a Terra ficaria sujeita a marés devastadoras. No entanto, na passagem do nosso planeta pela Região do Afélio seríamos submetidos a

<sup>3</sup> A Primeira Lei de Kepler afirma que a órbita dos planetas ao redor do Sol é elíptica, estando o Sol num dos focos da elipse.

<sup>4</sup> Em Astronomia, o periélio (ou perélio), que vem de *peri* (à volta, perto) e *hélio* (Sol), é o ponto da órbita de um corpo, seja ele planeta, planeta anão, asteroide ou cometa, que está mais próximo do Sol.

<sup>5</sup> Em Astronomia, o afélio (do latim "aphelium", derivado do latim "apos", que quer dizer longínquo), é o ponto da órbita em que um planeta ou um corpo menor do sistema solar está mais afastado do Sol.

fenômenos opostos: sentiríamos um frio glacial e as marés seriam amenas, provocadas quase que exclusivamente pela influência da Lua.

Nossa estrela ocupa uma posição periférica e se encontra a 33.000 anos-luz do centro da Via Láctea. Essa distância corresponde a aproximadamente 67% do raio da galáxia. Nossa galáxia possui vários braços espirais e o Sol está num desses braços, o chamado braço de Orion, como ilustra a Figura 1.

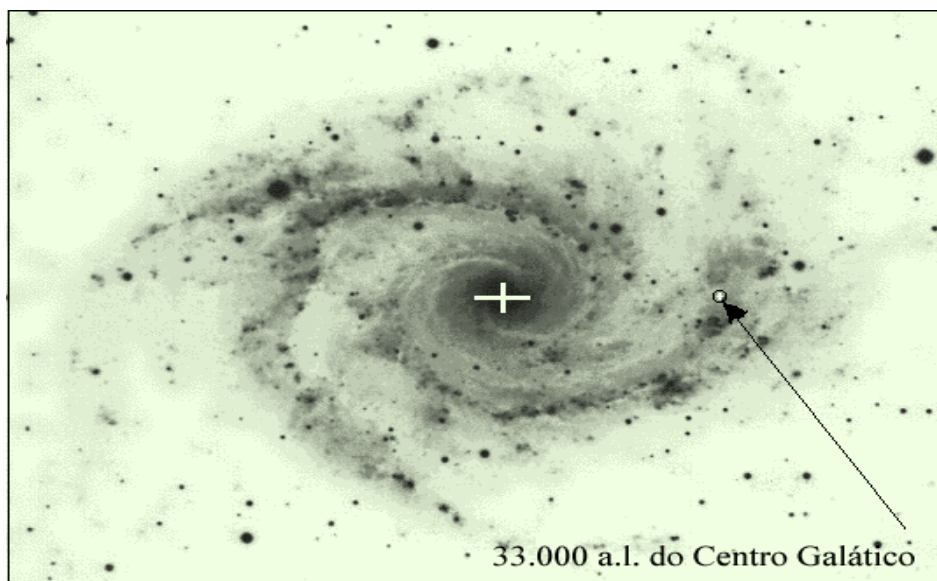


Figura 1. Localização do Sol na Galáxia.

Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/sistema-solar/sol.html>

O Sol, assim como os planetas, possui núcleo e atmosfera. De acordo com Delizoicov *et al* (2011), o núcleo do Sol é muito quente e também muito denso. Neste a temperatura pode alcançar valores aproximadamente iguais a  $2 \cdot 10^7$  de graus Kelvin e sua massa chega a ser 50% da massa total. Para Costa *et al* (2011), o gradiente de pressão<sup>6</sup> e a temperatura, no núcleo do Sol, são altíssimos o suficiente para contrabalançar a compressão gravitacional<sup>7</sup> ou o peso das camadas externas.

<sup>6</sup> Em ciências atmosféricas (meteorologia, climatologia e campos relacionados), o gradiente de pressão é uma quantidade física que descreve em que direção e a que taxa a pressão muda mais rapidamente em torno de um determinado local. O gradiente de pressão é uma quantidade dimensional expressa em unidades de pressão por unidade de distância. Sua unidade no Sistema Internacional de Unidades é o pascal por metro (Pa/m).

<sup>7</sup> A compressão gravitacional é um fenômeno no qual a gravidade, atuando sobre a massa de um objeto, comprime-o, reduzindo seu tamanho e aumentando a sua densidade. No centro do planeta ou estrela, a compressão gravitacional produz calor pelo Mecanismo de Kelvin-Helmholtz.

A atmosfera solar está dividida em quatro camadas; são elas: a fotosfera, a cromosfera, a região de transição (cromosfera-coroa) e a coroa (corona). Os principais elementos químicos presentes na atmosfera solar são o hidrogênio e o hélio. O hidrogênio é mais abundante e ocupa mais de 90%, enquanto o hélio é responsável por pouco mais de 8% da atmosfera solar (PINHEIRO, 2010).

Devido a sua alta temperatura, não existe no Sol matéria líquida ou sólida. Em seu interior existem apenas gases densos e quentes, como mencionamos anteriormente. O hidrogênio e o hélio são os gases mais abundantes, mas existem outros como ilustra a Tabela 2.

Tabela 2. Elementos químicos do Sol.

<b>Elemento</b>	<b>Número de átomos (percentual)</b>	<b>Percentual da massa total</b>
Hidrogênio	91,2	71
Hélio	8,7	27,1
Oxigênio	0,078	0,97
Carbono	0,043	0,40
Nitrogênio	0,0088	0,096
Silício	0,0045	0,099
Magnésio	0,0038	0,076
Neônio	0,0035	0,058
Ferro	0,030	0,014
Enxofre	0,015	0,040

Fonte: Discovering the Universe, Eighth Edition. 2008 W. H. Freeman and Company. (Tradução nossa).

Tavares (2000) nos explica que, sendo o Sol constituído, praticamente por plasma e gás, isso influencia em seu movimento rotacional. A velocidade de rotação do Sol varia de acordo com a latitude. No Equador essa velocidade é máxima e chega a ser de 2 km/s, o que corresponde a um período rotacional de 25,03 dias. Nos polos a velocidade é mínima e possui período rotacional de 30 dias. Os períodos registrados no Equador e nos polos podem apresentar uma diferença até mais de 10 dias, como se pode notar na Figura 2.

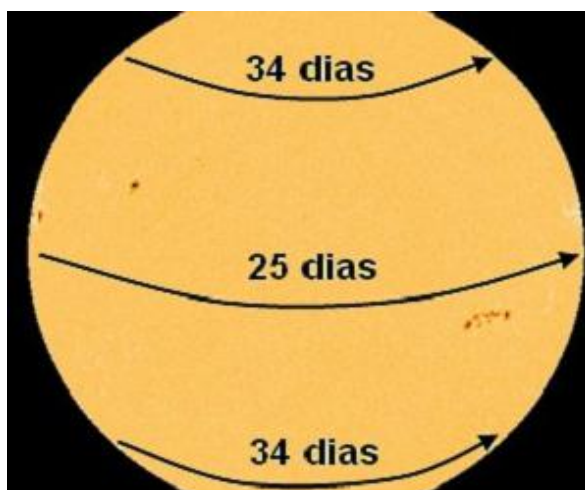


Figura 2. Rotação Diferencial do Sol.

Fonte: <http://bussoladeplasma.wordpress.com/2012/11/30/periodo-de-rotacao-do-sol/>

Os cientistas conseguiram determinar essa rotação diferenciada graças aos estudos e informações obtidas sobre as manchas solares. A Figura 3 abaixo ilustra a rotação diferenciada da nossa estrela.

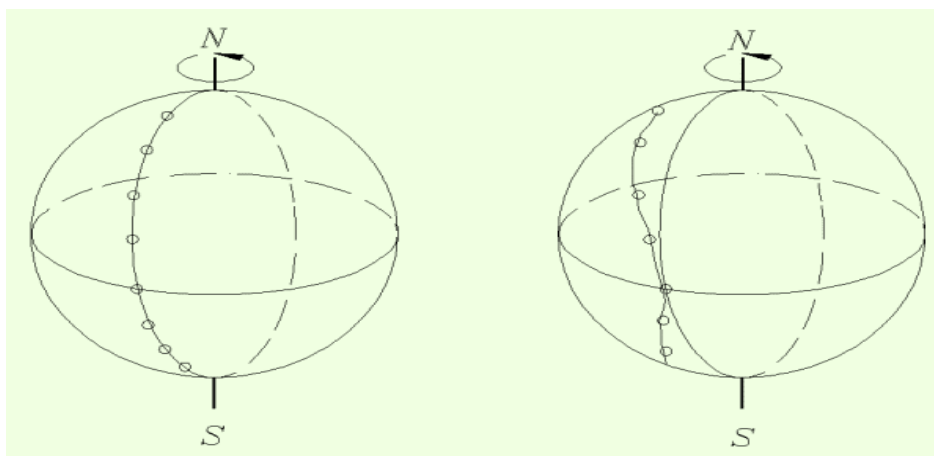


Figura 3. Esquema da Rotação Diferenciada.

Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/sistema-solar/sol.html>

Apesar de ser considerada uma estrela de médio porte (quinta grandeza), a massa do Sol corresponde a 99,86% de toda a massa presente em nosso Sistema Solar. É uma massa realmente considerável, uma vez que fazem parte desse sistema todos os planetas, com seus respectivos satélites e anéis, cometas e asteroides (MOSCHETTI, 2006).

### 1.1.1 Fontes de Energia do Sol

A seguir falaremos sobre a fusão nuclear no interior do Sol, posto que a Literatura aponta que durante décadas, cientistas defenderam a hipótese de que a energia gerada no interior de uma estrela, como o Sol, era o resultado de um processo de combustão através de reações químicas. Se isso fosse verdade o Sol viveria apenas algumas centenas de anos, no entanto, sabemos que a idade de nossa estrela gira em torno de 4,5 bilhões de anos, o que contraria tal hipótese (ALMEIDA, 2001).

Esse processo de geração de energia é muito mais complexo do que se imaginava e, de acordo com Costa Júnior *et al* (2011), só foi compreendido após a descoberta da energia nuclear no século XIX. Cientistas como Roentgen; Henri Becquerel; Pierre Currie; Maria Sklodowska Curie; Enrico Fermi contribuíram para essa descoberta. Portanto, o Sol e as demais estrelas geram energia nuclear. Para explicarmos como acontece a geração e irradiação dessa energia dividiremos nosso estudo em duas partes. A primeira dará conta de explicar o funcionamento da estrutura interna do Sol e a segunda parte explicará o funcionamento da estrutura externa da estrela.

### 1.1.2 Estrutura Interna do Sol

A estrutura interna do Sol está dividida em três partes, são elas: a) núcleo; b) zona de irradiação (zona radiativa); e c) zona de convecção (zona convectiva).

A estrutura externa é mais complexa e se divide em quatro partes, a saber: fotosfera; cromosfera; região de transição e coroa solar. A Figura 4 sintetiza muito bem o que dissemos até agora.

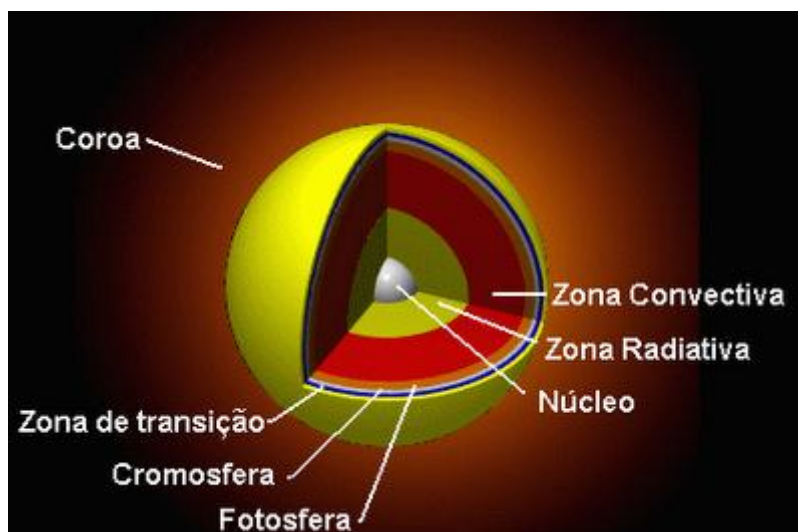


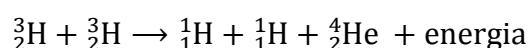
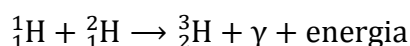
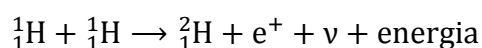
Figura 4. Estrutura do Sol  
 Fonte: [www.astro.iag.usp.br/~aga210](http://www.astro.iag.usp.br/~aga210)

### a) Núcleo

O núcleo do Sol é constituído por gás e plasma, nele ocorre uma reação denominada fusão nuclear, na qual átomos de hidrogênio são transformados em átomos de hélio. Tal reação acontece num ambiente onde a pressão, temperatura e densidade são altíssimas. Estima-se que a temperatura do núcleo solar seja de aproximadamente  $2.10^7$  K (DELIZOICOV *et al*, 2011).

A fonte de energia do Sol vem da fusão de átomos de hidrogênio que são transformados em hélio. O nome fusão nuclear<sup>8</sup> é apropriado porque esse processo ocorre no núcleo, mas o termo fusão termonuclear também é adequado.

Delizoicov *et al* (2011) nos ensina que as reações nucleares mais importantes que ocorrem no Sol podem ser descritas pelo seguinte modelo de cadeias de reações:



<sup>8</sup> Fusão nuclear é o processo no qual dois ou mais núcleos atômicos se juntam e formam um outro núcleo de maior número atômico. A fusão nuclear requer muita energia para acontecer, e geralmente libera muito mais energia que consome.

Inicialmente, dois núcleos de hidrogênio – dois prótons ( ${}^1_1\text{H}$ ) – reagem, formando um átomo de hidrogênio ( ${}^2_1\text{H}$ ), um pósitron ( $e^+$ ), que é um “elétron” de carga positiva, e um neutrino ( $\nu$ ). Um átomo de hidrogênio funde-se com outro próton, formando isótopo de hélio ( ${}^3_2\text{He}$ ) e fótons  $\gamma$ . Finalmente esses núcleos de hélio se fundem, formando o núcleo do isótopo normal (estável) de hélio ( ${}^4_2\text{He}$ ) e liberando também prótons ( ${}^1_1\text{H}$ ) para novas fusões. A Figura 5 ilustra o que acabamos de explicar.

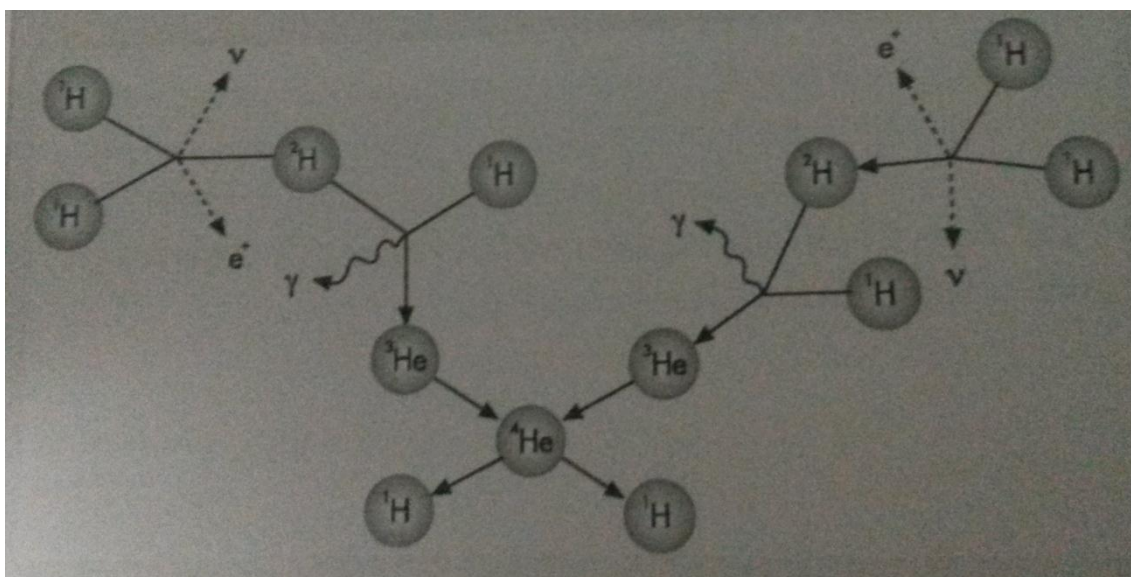


Figura 5. Representação esquemática do hidrogênio em hélio.  
Fonte: DELIZOICOV *et al*, 2011, p. 232.

O neutrino ( $\nu$ ), partícula sem carga elétrica (de massa de repouso nula, à semelhança do fóton), interage fracamente com a matéria e emerge do Sol, levando cerca de 10% da energia emitida. O pósitron ( $e^+$ ), partícula igual ao elétron (com carga de mesmo módulo, porém positiva) pode interagir com o elétron, dando origem a dois fótons  $\gamma$  e aniquilando-se. Essa é uma reação de partículas produzindo energia de radiação, no interior do Sol. A radiação  $\gamma$  produzida interage com a matéria solar (que contém átomos até mesmo de elementos pesados, como o ferro, em pequena proporção). Ao chegarem à superfície, os fótons já não são mais do tipo  $\gamma$ , pois perderam energia nas interações internas. Eles constituem essencialmente frequências na faixa do visível (luz), além do infravermelho e do ultravioleta. Essa radiação atinge a Terra depois de viajar cerca de oito minutos, dando origem a outras formas de energia (DELIZOICOV *et al*, 2011, p. 233).

Para Costa Júnior *et al* (2011), o estudo sobre a fusão nuclear no interior de estrelas foi desenvolvido por Hans Albrecht Bethe (1906-2005). Foi ele que criou, no ano de 1938, a teoria explicando como era possível produzir, a partir da fusão termonuclear, a energia que faz as estrelas brilharem.

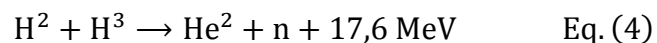
Esta teoria lhe rendeu o prêmio Nobel de 1967 e seu trabalho foi publicado num artigo intitulado A Produção de Energia nas Estrelas, de 1938, no *Physical Review*, vol. 55, p. 434. Hans explicou que, para ocorrer a fusão nuclear, as partículas precisariam vencer uma barreira repulsiva entre elas, a qual denominou de barreira Coulombiana – Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) – obtida pela expressão,

$$V = \frac{kZ_1Z_2e^2}{R} = 1,44 \frac{Z_1Z_2}{R(\text{fm})} \text{MeV} \quad \text{Eq. (2)}$$

A distância entre as partículas é da ordem de  $10^{-15}m$  (1 fermi ou fentometro), enquanto a energia cinética delas corresponde à energia térmica. Essa energia térmica é determinada pela Lei de Distribuição de Velocidades de Maxwell-Boltzmann, cujo valor é,

$$kT \approx 10 \text{ KeV} \quad \text{Eq. (3)}$$

No núcleo do Sol ocorrem vários processos de fusão termonuclear, mas o que predomina mesmo é aquele em que dois núcleos leves, um de deutério e outro de trítio, reagem e formam um núcleo mais pesado, o núcleo do átomo de hélio. Esse processo é denominado ciclo próton-próton como se nota logo abaixo.



De acordo com Rosa (2004), sabe-se atualmente que a temperatura média da nossa estrela é praticamente constante. Daí alguns cientistas afirmarem estar o Sol em equilíbrio térmico. Esse equilíbrio é mantido por causa da energia gerada constantemente no núcleo da estrela, conforme já descrevemos anteriormente.

No entendimento de Ricci e Carneiro (2005), a energia do Sol é gerada sob pressão que pode chegar a bilhões de atmosferas, mas à medida que nos afastamos do núcleo em direção à superfície, os valores da temperatura e da pressão decrescem exponencialmente, devido ao transporte de energia durante os processos de convecção e irradiação no interior da estrela.

### **b) Zonas de Irradiação – Processo Radiativo**

Para Machado e Brito (2006), no Sol existem mecanismos que facilitam o transporte de energia entre o núcleo e às partes externas. Os principais mecanismos são o radiativo (radiação) e o convectivo (convecção). Zona radiativa é aquela que envolve o núcleo, nela ocorre transporte de energia por radiação. O transporte é feito por meio dos fenômenos de absorção e reemissão de energia. A matéria existente nesse local não impede a propagação, ela apenas atenua a intensidade da energia irradiada.

Pinheiro explica que:

A temperatura na zona de radiação varia significativamente entre as partes, inferior e superior. À medida que subimos nessa zona verificamos um decréscimo de temperatura. Na região inferior a temperatura pode chegar a 7000.000 de graus Celsius ( $7 \times 10^6$  °C), enquanto na região superior esse valor diminui para 2000.000 de graus Celsius ( $2 \times 10^6$  °C). A densidade varia entre  $20 \text{ g/cm}^3$ , similar à densidade do ouro, e  $0,2 \text{ g/cm}^3$ , inferior à densidade da água, [...] Entre a zona radiativa e a zona convectiva existe uma região chamada de tacóclina, na qual ocorrem mudanças abruptas no padrão de velocidade do plasma. É nesta interface que parte do processo do dínamo solar opera e, conseqüentemente, o campo magnético do Sol é gerado (PINHEIRO, 2010, p. 1).

### **c) Zona de Convecção – Zona Convectiva**

Na zona convectiva ou zona de convecção ocorre o transporte de energia por meio da convecção. O gás aquecido, portanto, menos denso, deixa a base da zona convectiva e se desloca até à superfície do Sol. Ao perder calor esse gás se torna mais denso e retorna à base, iniciando todo o processo. Veja a Figura 6.

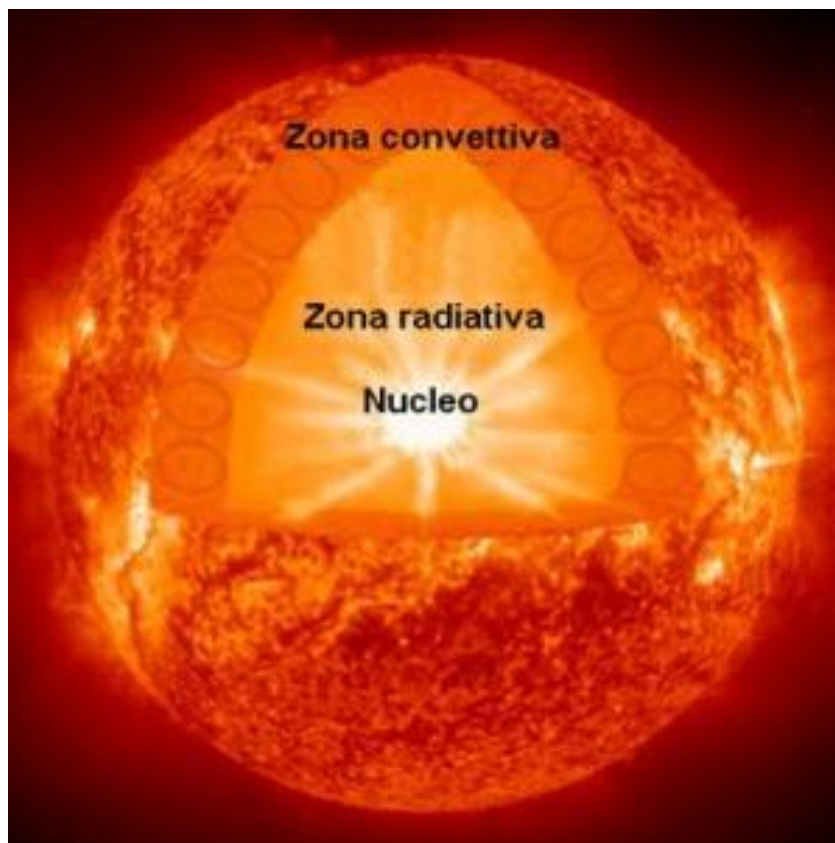


Figura 6. Estrutura do Sol, mostrando as principais camadas: núcleo e zonas radiativa e convectiva.  
Fonte: sandcarioca.wordpress.com

Pesquisadores como Pinheiro (2001) e Baccaro (2009) dizem que é dessa forma que o Sol vem emitindo energia desde a sua formação há, aproximadamente, 4,5 bilhões de anos e deverá continuar por mais 5 bilhões de anos até que todo o combustível (hidrogênio) se esgote de suas reservas naturais.

Para Machado e Brito (2006), cinco bilhões de anos é uma estimativa, uma vez que o Sol não emite energia em fluxo constante. Esse fluxo varia de valores mínimos a valores máximos comparados ao valor médio do fluxo de energia. É o que se chama, respectivamente, de “Sol calmo e Sol ativo”.

### 1.1.3 Estrutura Externa do Sol

A estrutura externa do Sol que é constituída pela fotosfera, cromosfera, região de transição (cromosfera-coroa) e a coroa (corona). Essas provocam

fenômenos incríveis que devem ser vistos com muita atenção, são eles: manchas solares; vento solar e ejeção de massa coronal.

### **a) Fotosfera**

De acordo com Tavares (2000), a palavra fotosfera origina-se do grego e significa esfera de luz. Não era para menos, pois brilha com uma temperatura média de 6.000 K. Ela representa a superfície do Sol e possui uma espessura de 500 km. Sua densidade corresponde a 0,01% da atmosfera terrestre. É sem dúvida a camada mais visível.

Para Machado e Brito (2006), embora a fotosfera não seja totalmente transparente à luz visível é dela que recebemos grande parte da luz visível. Existem partes da fotosfera que são opacas à luz solar, isso se deve à formação de pequenas estruturas hexagonais chamadas de grânulos e à presença de manchas presentes na superfície do Sol. O aparecimento e desaparecimento dessas manchas solares parece obedecer a um ciclo, cuja periodicidade é regular e ocorre, praticamente, a cada 11 anos.

Na fotosfera observamos um fenômeno conhecido por obscurecimento do limbo. Isso acontece porque as bordas da fotosfera (limbo) são mais escuras, então é comum enxergarmos regiões mais escuras e outras mais claras na fotosfera. O que provoca esse fenômeno? Em que situação isso acontece?

Conforme nos explica Moschetti (2006), o que enxergamos são regiões da superfície solar à diferentes temperaturas e profundidades. Quando essa superfície é vista sob luz branca aparece amarelada, lisa, com manchas escuras e superpostas (manchas solares).

Este mesmo autor nos diz que imagens obtidas em alta resolução permitem observar irregularidades na superfície solar, ou seja, as granulações fotosféricas. Os astrofísicos estimam que a diferença de temperatura entre os grânulos e as regiões mais escuras da fotosfera pode chegar a 1000 K (Figura 7).

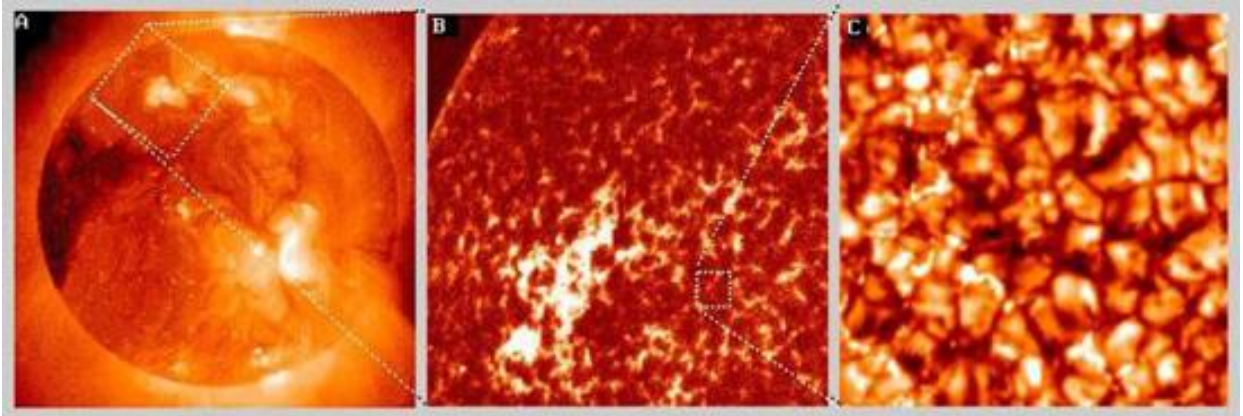


Figura 7. Granulação fotosféricas.  
Fonte: [www.cienciamao.usp.br](http://www.cienciamao.usp.br)

## b) Cromosfera

Tavares (2000) nos ensina que, a palavra cromosfera também se origina do grego e quer dizer esfera colorida. Estamos falando de uma camada logo acima da fotosfera e que só é visível durante os eclipses, pois ela é estreita, rarefeita e tem espessura de 1.000 km.

A cromosfera é transparente para a maioria dos comprimentos de onda da luz visível, além disso expelle grandes jatos de gases que se elevam acima da fotosfera. Durante um eclipse total do Sol a cromosfera aparece, circundando a Lua, com uma espessura de 2.000 km e coloração rosa (TAVARES, 2000).

Assim como acontece com a fotosfera, a cromosfera também apresenta protuberâncias gasosas. Também apresenta regiões escuras e claras. Essas protuberâncias são chamadas de espículas. O topo dos grânulos constitui as regiões mais escuras, enquanto os gases mais quentes das espículas configuram as regiões mais claras. Esses jatos de gases (espículas) duram por poucos minutos e podem alcançar até 10.000 km de altura acima da borda (MOSCHETTI, 2006).

Costa *et al* (2011), afirmam que a parte inferior da cromosfera possui temperatura de 4.000 K e a superior pode chegar a 40.000 K. Segundo este mesmo autor, os cientistas acreditam que a cromosfera seja aquecida pelo processo de convecção de calor que ocorre dentro da fotosfera subjacente.

### c) Região de Transição (Cromosfera – Coroa)

Tavares (2000) explica que essa região é constituída por uma fina camada que separa a cromosfera da coroa solar. No Gráfico da Figura 8 vemos que em apenas algumas centenas de quilômetros a temperatura sobe de 10.000 K a 50.000 K. Ela pode chegar, na coroa, a 1 milhão de grau Kelvin.

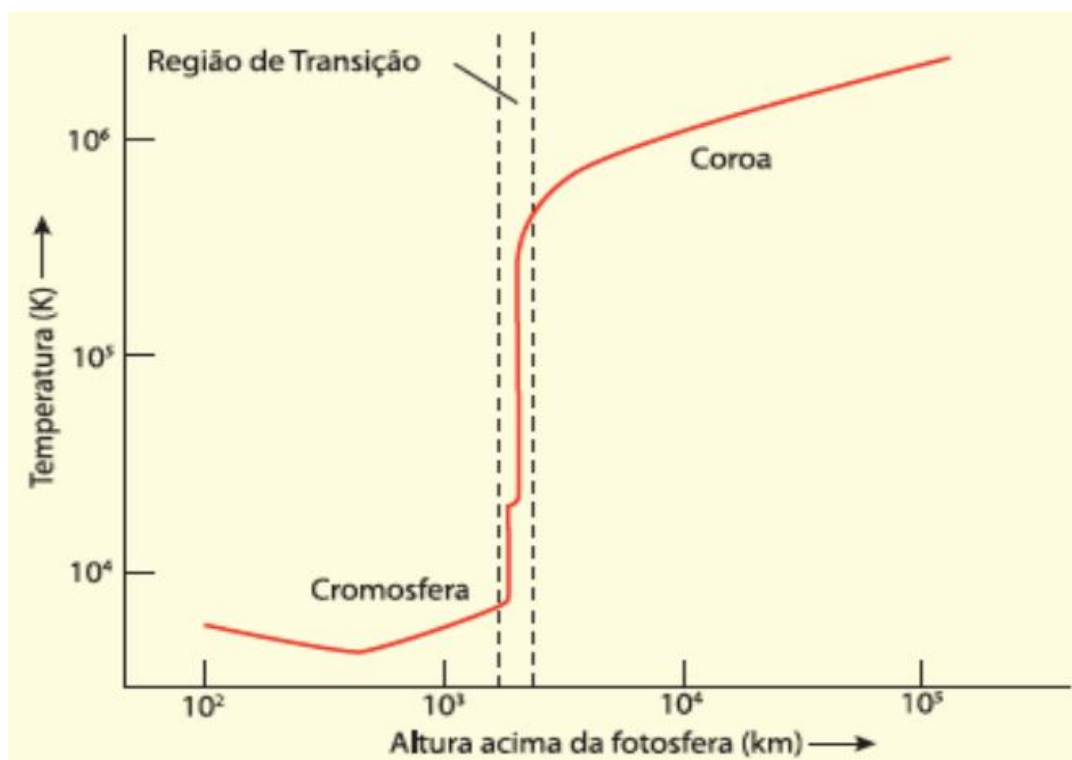


Figura 8. Transição entre a cromosfera e a coroa solar.

Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.htm>

### d) Coroa

Trata-se da camada mais extensa do Sol, ela é dividida em três partes: coroa interna; coroa intermediária e coroa externa. Não pode ser vista a olho nu, pois emite luz numa intensidade milhares de vezes inferior do que a emitida pela fotosfera, portanto, fora do espectro de luz visível (ALMEIDA, 2001).

A coroa interna possui, a partir da cromosfera, uma espessura de 1,3 raios solares, enquanto a coroa intermediária apresenta espessura que varia de 1,3 a 2,5

raios solares. Finalmente, temos a coroa externa, que é mais extensa e sua espessura varia de 2,5 a 24 raios solares.

A coroa é uma região densa da atmosfera solar, ela emite um feixe de plasmas, chamado vento solar, que afeta o sistema solar inteiro. O vento solar é um gás totalmente ionizado proveniente de explosões ininterruptas (TAVARES, 2000b, p. 497).



Figura 9. Coroa na luz branca.  
Fonte: [www.cienciamao.usp.br](http://www.cienciamao.usp.br)

Nos parágrafos seguintes falaremos de alguns fenômenos que ocorrem na superfície do Sol, são eles: a) Mancha Solar; b) Ejeção de Massa Coronal ou Erupção Solar; c) Vento Solar.

#### **a) Mancha Solar**

De acordo com Moschetti (2006), na China há registros de observações sobre o Sol que remontam a antiguidade, tais observações foram realizadas em épocas de máxima atividade solar. No entanto, as manchas solares só puderam ser observadas e registradas a partir do século XVII, período em que, segundo este

autor, surgiu a luneta<sup>9</sup>. Galileu foi o primeiro a observar e realizar registros periódicos sobre as manchas solares e conseqüentemente sobre a rotação solar.

Ainda não se conhece muito sobre a formação das manchas solares, contudo, a formação delas está intimamente relacionada com o campo magnético do Sol. A intensidade do campo magnético solar é, em média, de 1 Gauss<sup>10</sup>, mas, nas manchas solares essa intensidade chega a milhares de Gauss (MOSCHETTI, 2006).

Baccaro (2009), afirma que o campo magnético é gerado pela movimentação de plasmas<sup>11</sup> no interior do Sol. As linhas de campo saem por uma mancha solar e entram por outra, Figura 10, gerando um campo magnético na mancha solar, em média, cinco mil vezes mais intenso do que o campo magnético terrestre.

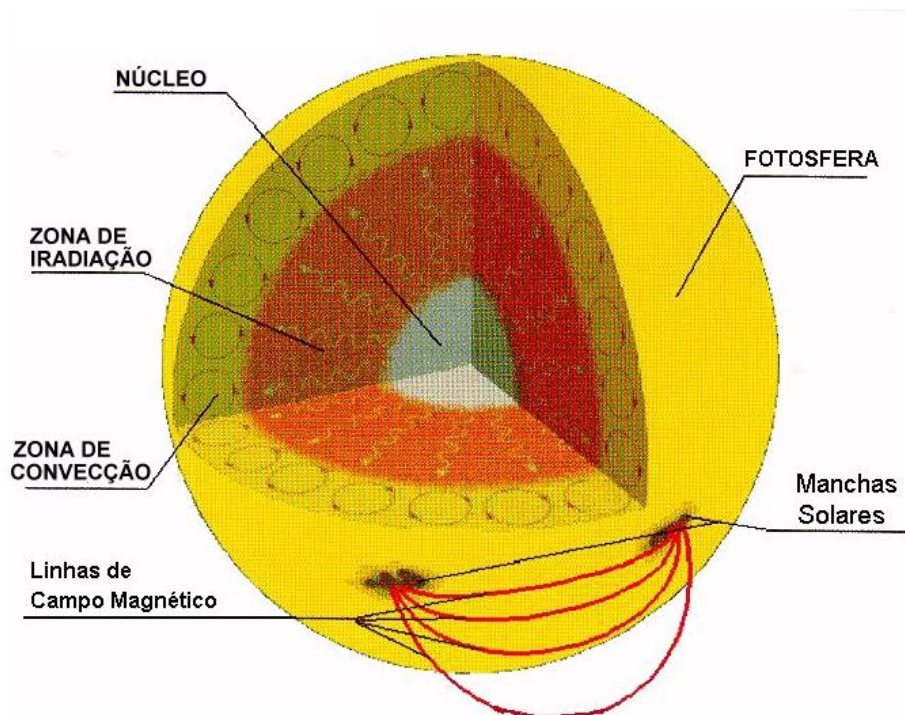


Figura 10. Representação esquemática do Sol e de suas manchas solares.  
Fonte: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/producao/sbpc94/fems-04.jpg>.

<sup>9</sup> Um telescópio ou luneta astronômica é um instrumento que permite estender a capacidade dos olhos humanos de observar e mensurar objetos longínquos. Pois, permite ampliar a capacidade de enxergar longe, como seu nome indica [Do Grego "Tele" = Longe + Scopio = Observar].

<sup>10</sup> O Gauss, simbolizado com a letra G, é a unidade CGS de densidade de fluxo magnético ou indução magnética (B), nomeado em homenagem ao matemático e físico alemão Carl Friedrich Gauss.

<sup>11</sup> Plasmas são gases altamente aquecidos e ionizados.

Existem várias teorias sobre a origem das manchas solares e a mais aceita pelos cientistas aponta a rotação diferencial do Sol como fator principal para a formação das manchas solares. Segundo Tavares (2000), a rotação no Equador demora 25 dias e arrasta lateralmente as linhas do campo magnético. Por isso, as manchas solares são facilmente encontradas em latitudes superiores a 40°. Nos polos essa rotação leva 30 dias para acontecer. A Figura 11 ilustra bem o que dissemos.

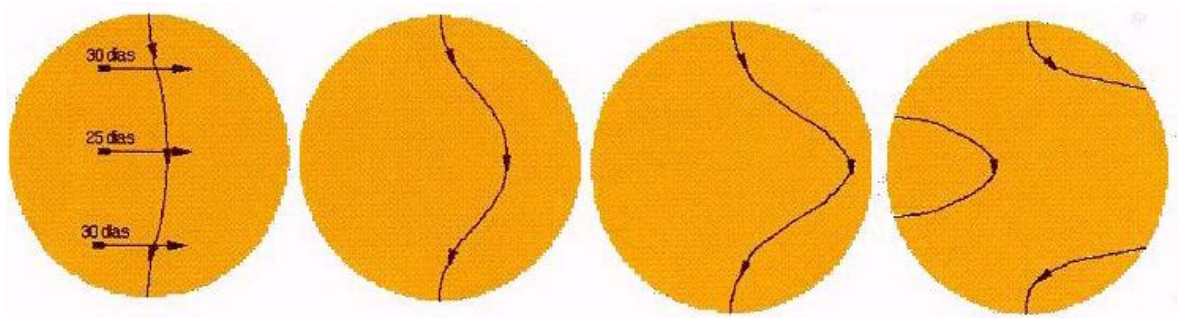


Figura 11. Distorção das Linhas de Campos Magnético causadas pela Rotação Diferencial do Sol. Fonte: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/producao/sbpc94/fems-03.jpg>.

As manchas solares estão na fotosfera e sua temperatura média é de 4.300 K. Elas são formadas por uma região central denominada *umbra* e um contorno acinzentado chamado *penumbra*. Estas manchas sofrem variações periódicas, fato observado por Henrich Schwabe em 1843, e dependendo do seu estágio de evolução seu tamanho pode variar de 1500 a 100.000 km (BACCARO, 2009).

Segundo Baccaro (2009), Henrich também observou que o Sol apresenta um ciclo, a cada 11 anos, de atividade mínima e máxima. A atividade das manchas solares ocorre como parte desse ciclo de atividade solar. Segundo a NASA, o século XXI será de máxima atividade solar. Veja a Figura 12 abaixo.

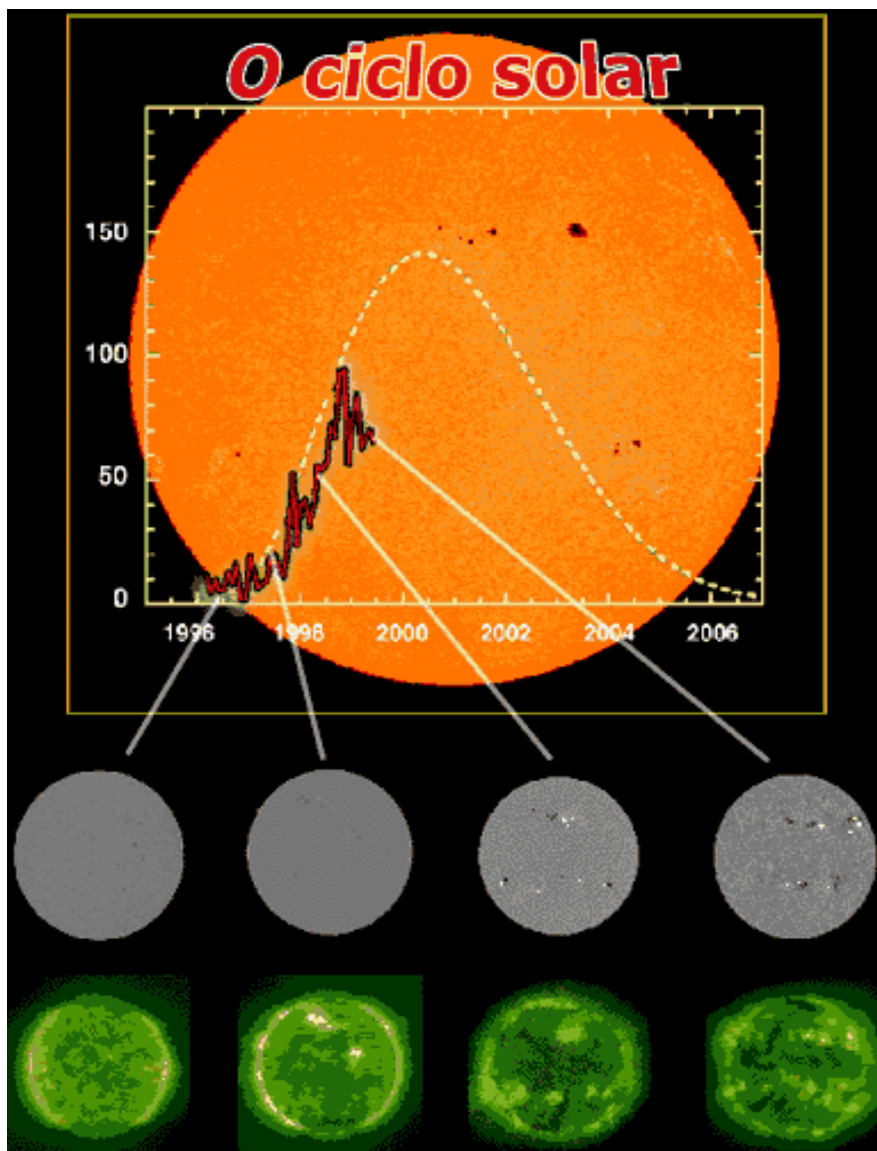


Figura 12. O ciclo solar de 11 anos refletido por uma série de manchas solares registradas até o momento e projetadas (linha pontilhada).  
Fonte: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov).

Os astrônomos perceberam que as manchas solares aparecem, na maioria das vezes, agrupadas. Eles afirmam que manchas solares isoladas também formam grupos. Existe uma classificação das manchas solares desenvolvida por Waldemeier (Figura 13), ela é muito importante no estudo sobre a atividade solar cíclica<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> O ciclo solar, também conhecido como ciclo solar de Schwabe é o ciclo que mostra a atividade do Sol em intervalos de aproximadamente 11 anos.

TIPO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
A				
B				
C				
D				
E				
F				
G				
H				
J				

Figura 13. Esquema de classificação de Waldemeier para as manchas solares.  
 Fonte: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/producao/sbpc94/fems-05.jpg>.

A máxima atividade solar provoca interferências tanto nas telecomunicações, quanto nas radiocomunicações. Isso acontece porque o Sol emite radiações que provocam mudança na densidade das camadas superiores da atmosfera, em particular da ionosfera. Objetos próximos das camadas externas da atmosfera (satélites), podem perder altura e sofrer desintegração.

A NASA publicou as imagens de gigantescas manchas solares observadas entre os dias 19 e 20 de fevereiro de 2014. De acordo com a NASA (2014), elas apareceram em grupo, de tal forma que, se enfileiradas formariam uma área capaz de conter, aproximadamente, dez planetas Terra em seu interior.

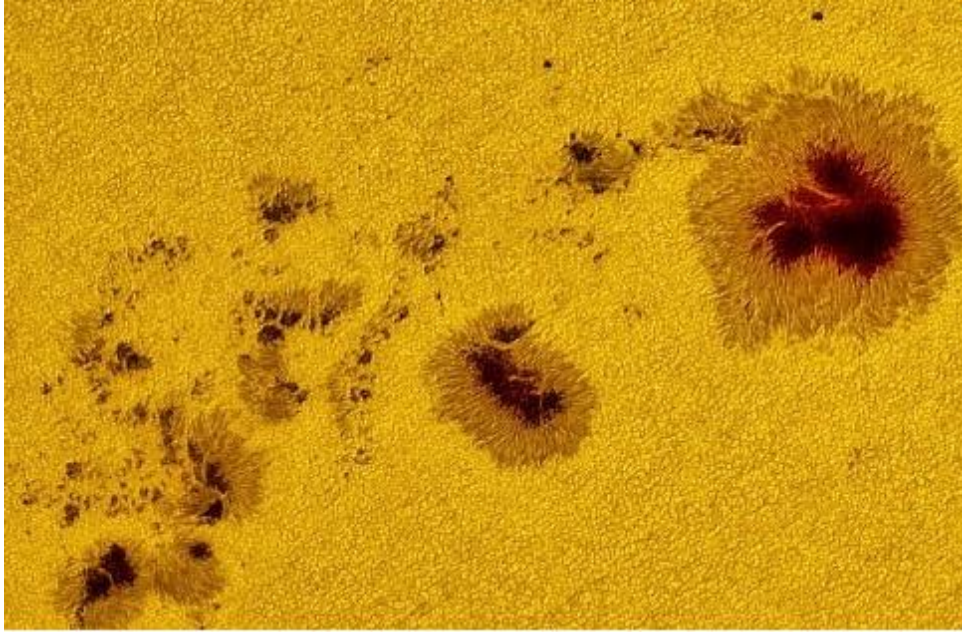


Figura 14. Mancha Solar AR1944.

Fonte: <http://www.galeriadometeorito.com/2014/01/tempestade-solar-deve-atingir-a-terra-hoje.html>.

## b) Ejeção de Massa Coronal ou Erupção Solar

Ricci e Carneiro (2005) explicam que, na coroa solar ocorre ejeção instantânea de gás, elétrons, luz visível, raios ultravioleta e raios X. Os gases expelidos parecem ter formato de balões; são expelidos com altíssima velocidade e em grande quantidade; chegando a dois trilhões de toneladas de matéria com velocidade de  $1,4 \times 10^6$  km/h. Esse fenômeno é conhecido como ejeção de massa coronal.

As partículas provenientes dessas ejeções são prejudiciais aos seres humanos. Também podem danificar satélites, provocar o fluxo de gases da atmosfera da Terra para o espaço interplanetário, perturbar as comunicações via rádio, além de reduzir o transporte de energia elétrica nas redes de transmissão (BACCARO, 2009).

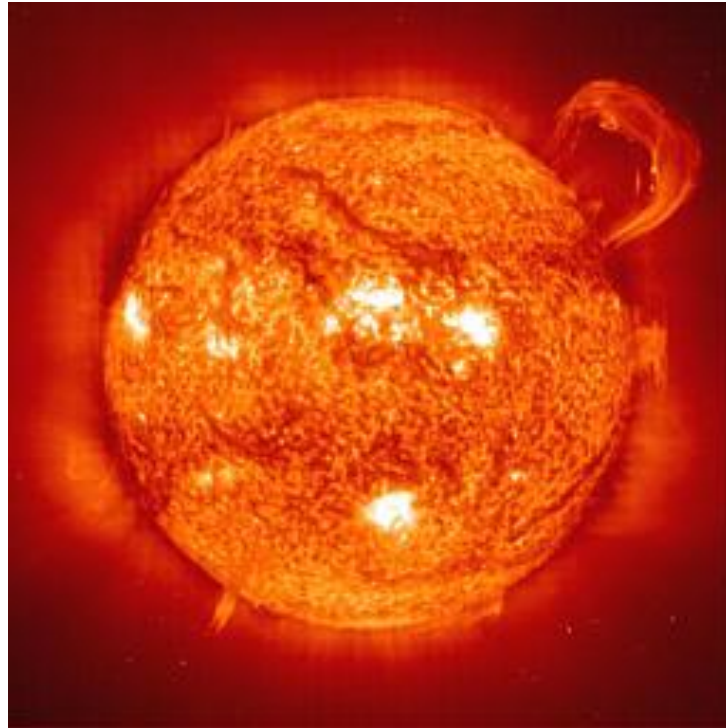


Figura 15. Ejeção de Massa Coronal (EMC)  
Fonte: astro.if.ufrgs.br

### c) Vento Solar

O vento solar é formado por partículas carregadas que atravessam o Sistema Solar, além disso possui baixa densidade e tem origem nas manchas solares. Ele é capaz de transportar mais de um milhão de toneladas de matéria aquecida, aproximadamente, a 100.000 K. Esse material é constituído, principalmente, de prótons e elétrons, átomos ionizados e campos magnéticos (ALMEIDA, 2001).

Machado e Brito (2006) afirmam que o vento solar pode alcançar velocidades e distâncias surpreendentes. A Voyager<sup>13</sup> 1 conseguiu detectar vento solar a uma distância de 85 UA (Unidade Astronômica). A velocidade desse vento pode variar de 300 a 800 km/s e a densidade está entre 1 e 10 partículas/cm<sup>3</sup>. O Sol irradia, continuamente, um fluxo de partículas na forma de vento solar em todas as direções.

---

<sup>13</sup> Voyager 1 é uma sonda espacial norte-americana lançada ao espaço em 5 de setembro de 1977 para estudar o Sistema Solar exterior e, posteriormente, o espaço interestelar.

As variações de velocidade e densidade do vento solar são responsáveis por distorções permanentes nas linhas do campo geomagnético (ALMEIDA, 2001, p. 7). O vento solar também pode produzir torque capaz de afetar o desempenho de sensores ou a comunicação terra-satélite.

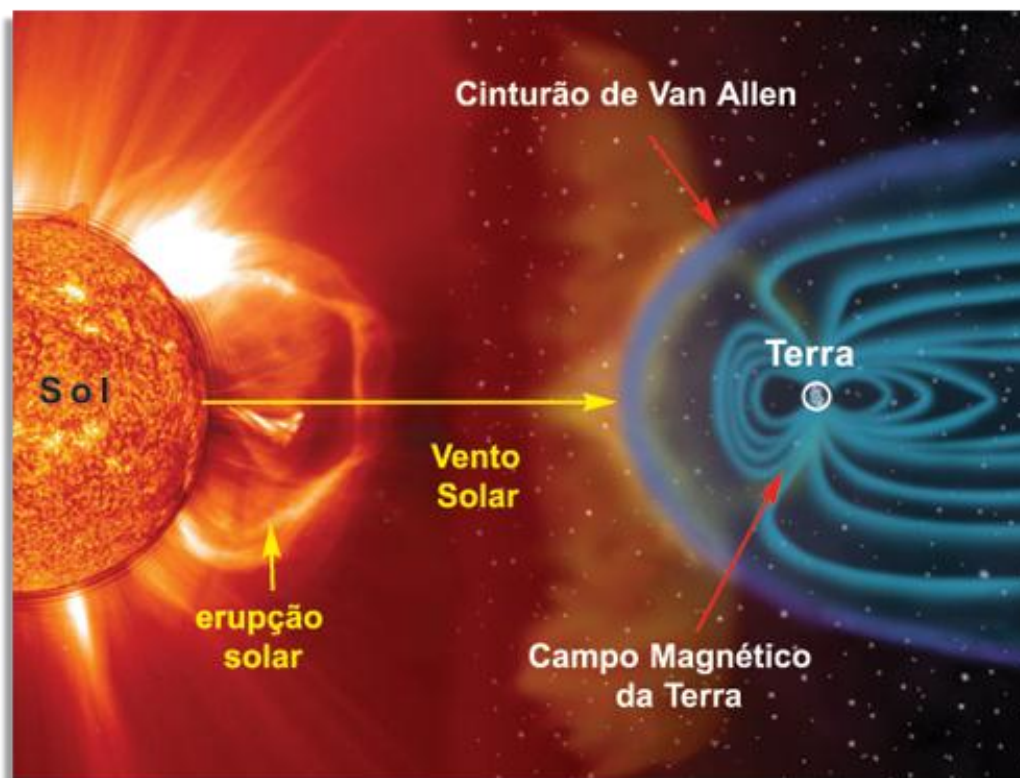


Figura 16. Vento Solar.  
Fonte: [www.portalobjetivo.com.br](http://www.portalobjetivo.com.br)

A Tabela 3 mostra as propriedades do vento solar a uma distância de 1 UA no plano eclíptico<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> É um plano imaginário formado pela órbita da Terra em torno do Sol.

Tabela 3. Propriedades do Vento Solar Calmo a 1 UA no plano da Eclíptica.

Propriedade	Valor	Propriedade	Valor
Velocidade média na Eclíptica	$3,0 - 3 \times 10^5$ m/s	Temperatura média dos prótons	$4 \times 10^4$ K
Velocidade não radial típica na Eclíptica	$1,8 \times 10^4$ m/s	Campo magnético	5 nT
Velocidade média perpendicular à Eclíptica	$1,8 \times 10^4$ m/s	Densidade do Fluxo de Momento Médio na Eclíptica	$2,3 \times 10^{-9}$ kg/ms <sup>2</sup>
Densidade de Prótons = Densidade de Elétrons	$8,7 \times 10^6$ /m <sup>3</sup>	Componente não radial Típica da densidade do fluxo de Momento na Eclíptica	$2,3 \times 10^{-9}$ kg/ms <sup>2</sup>
Temperatura média dos elétrons	$1,5 \times 10^5$ K	Densidade do Fluxo do Momento médio perpendicular à Eclíptica	$2,3 \times 10^{-9}$ kg/ms <sup>2</sup>

Fonte: INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (RICCI; CARNEIRO, 2005, p. 6).

Calculamos a temperatura média global do planeta Terra a partir da radiação emitida pelo Sol. Esse cálculo é realizado admitindo que tanto o Sol, quanto a Terra se comportam como um Corpo Negro. Isso porque a temperatura de superfície de ambos é praticamente constante. Sendo assim, é fundamental o estudo sobre a radiação emitida por um Corpo Negro. Este estudo será quantificado pela Lei de Stefan-Boltzmann e pela Lei do Deslocamento de Wien. Também, é impossível dissociarmos o nascimento da Mecânica Quântica do estudo sobre o Corpo Negro. Por essa razão falaremos, brevemente nos parágrafos seguintes, sobre: a) Radiação Térmica; b) Radiação do Corpo Negro; c) Lei de Stefan-Boltzmann; d) Lei do Deslocamento de Wilhelm Wien. Também falaremos sobre quais pesquisadores dedicaram tempo e esforços nessa empreitada.

### a) Radiação Térmica

Radiação térmica é um termo genérico para radiação eletromagnética emitida por um corpo devido a sua temperatura, ou seja, essa energia é proporcional à própria temperatura absoluta do corpo. Sendo assim, quanto maior a energia irradiada, maior a temperatura.

Pierre Prévost, físico e filósofo franco-suíço (1751-1839), no ano de 1791, mostrou que todos os corpos irradiam calor, sejam eles quentes ou frios, desde que estejam numa temperatura superior ao zero absoluto. Nas palavras de Prévost observamos que, todos os corpos emitem radiação térmica ao mesmo tempo em que também a absorvem devido aos corpos vizinhos.

Quando um corpo recebe do meio ambiente uma quantidade de energia que compense exatamente a energia por ele emitida, o seu estado físico caracterizar-se-á por apresentar uma temperatura constante (equilíbrio térmico). Quando não há equilíbrio entre a energia emitida e a energia absorvida pelo corpo, ocorrem as variações de temperatura. O espectro da radiação térmica emitida pelos corpos sólidos ou líquidos é contínuo.

## **b) Radiação do Corpo Negro**

Rosa (2004) nos explica que, os estudos sobre radiação do corpo negro tiveram início em 1859, com os trabalhos de Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887). Para Kirchhoff, corpo negro seria um sistema ideal, no qual, o corpo absorve toda a radiação que incide sobre ele. Tal idealização permite o estudo clássico da radiação térmica. As estrelas podem ser consideradas, com boa aproximação na teoria clássica, como um corpo negro. Portanto, podemos considerar o Sol como sendo um corpo negro.

Corpos negros emitem, a uma dada temperatura, espectros idênticos, independentemente de sua composição. Essa característica intrigante o tornou alvo de grande interesse por parte dos físicos teóricos, cujo trabalho consistia em deduzir uma equação que permitisse calcular a energia emitida pelo corpo negro correspondente a cada um dos comprimentos de onda do espectro da luz por ele emitida.

Um objeto com uma cavidade e um pequeno orifício, como ilustra a Figura 17 é, no modelo termodinâmico clássico, um bom exemplo de corpo negro. Quando a cavidade possui uma temperatura interna  $T$ , a radiação emitida por essa cavidade é refletida, internamente, várias vezes. Uma ínfima fração dessa radiação interna poderá escapar pelo orifício da cavidade.

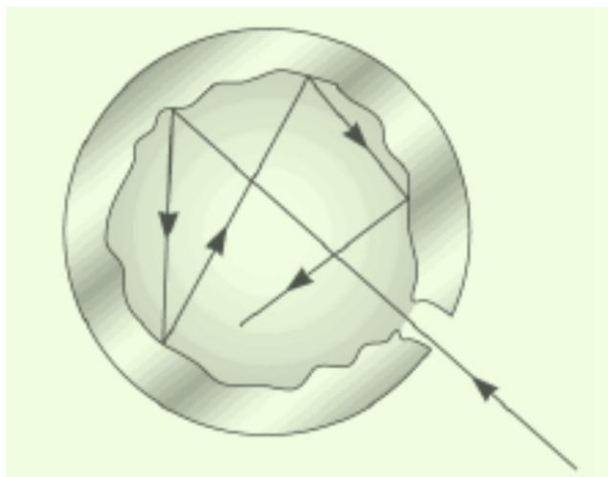


Figura 17. Objeto com cavidade e um pequeno orifício.

Fonte: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/cederj/quanta/mq-unid2-textocompl-1.pdf>, acesso em 18 de setembro de 2013>

Isso significa que, praticamente, toda radiação que for emitida será absorvida e remetida novamente internamente. Assim, é possível afirmar que a radiação dentro da cavidade tem propriedades de radiação de um corpo negro.

Kirchhoff estabeleceu uma relação matemática entre a densidade de energia  $u$ , dentro da cavidade, e o fluxo de energia  $\phi$ , que era emitido pelo orifício, através da equação:

$$u = \frac{4\phi}{c} \quad \text{Eq. (5)}$$

onde  $c$  não representa a velocidade da luz, e sim, uma propriedade geométrica da cavidade. A densidade seria proporcional ao fluxo de energia, portanto, para uma mesma cavidade, o aumento no fluxo de energia potencializaria um aumento quatro vezes maior na densidade de energia. A Eq. (5) nos mostra que se o fluxo de energia for mantido constante, a densidade de energia diminuirá na mesma proporção em que ocorra um aumento nas dimensões dessa cavidade.

### c) Lei de Stefan-Boltzmann

Outro personagem importante, no estudo sobre corpo negro numa cavidade, foi o esloveno Joseph Stefan (1835-1893). Em 1879, ele analisou as medidas

realizadas, pelo físico inglês, John Tyndall (1820-1893). Tyndal havia, em 1865, estudado sobre a emissão de radiação por um fio de platina em duas temperaturas diferentes (ROSA, 2004, p. 3).

Para compreendermos a distribuição espectral da radiação do corpo negro, usamos uma grandeza denominada radiância espectral. No ano de 1899 Lummer e Pringsheim realizaram, com grande precisão, as primeiras medições da radiância espectral. Eles conseguiram mensurar tal grandeza utilizando um instrumento que possuía lentes e prismas transparentes à radiação térmica de frequência relativamente baixa.

A radiância espectral,  $R_T(\nu)d\nu$ , está em função da energia emitida por unidade de tempo em radiação de frequência, compreendida no intervalo de  $\nu$  a  $\nu + d\nu$  por unidade de área de uma superfície à temperatura absoluta  $T$ . O gráfico da Figura 2 mostra a relação entre a frequência da radiação  $\nu$  em função da temperatura absoluta  $T$ , bem como a proporcionalidade existente entre potência irradiada  $R_T$  em função da temperatura absoluta  $T$ .

Quando a frequência de radiação  $\nu$  permanece invariável, então, a radiância espectral  $R_T(\nu)$ , que é um tipo de frequência de distribuição, assume uma relação de proporcionalidade com a temperatura  $T$ , como mostra o gráfico da Figura 18. Nesse gráfico fica claro que um aumento na temperatura provoca um aumento na radiância espectral.

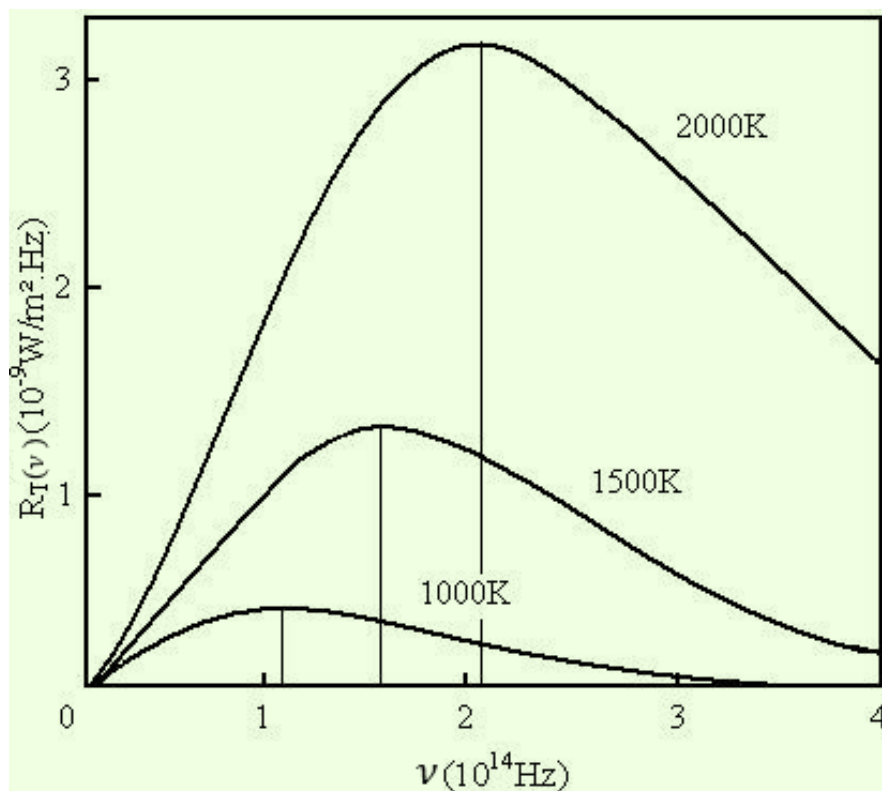


Figura 18 (modificada). A radiação espectral de um corpo negro em função da frequência da radiação, mostrada para temperaturas de 1000 K, 1500 K e 2000 K.

Fonte: Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas (EISBERG; RESNICK, 1979, p. 21).

A radiação espectral  $R_T(\nu)d\nu$  será obtida, no intervalo de frequência  $\nu$  a  $\nu + d\nu$ , pela seguinte integração:

$$R_T = \int_0^{\infty} R_T(\nu) d\nu \quad \text{Eq. (6)}$$

Nessas condições ela é denominada de energia total emitida por um corpo negro a uma temperatura  $T$ , por unidade de tempo por unidade de área. Dessa discussão teórica resultou uma equação empírica, enunciada pela primeira vez em 1879. Ela ficou conhecida como Lei de Stefan. A equação foi assim escrita,

$$R_T = \varepsilon\sigma T^4 \quad \text{Eq. (7)}$$

onde  $\sigma$  chama-se constante de Stefan-Boltzmann e vale  $5,670 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$  e  $T$  indica a temperatura termodinâmica (em Kelvin).

A radiação térmica emitida por corpos aquecidos depende em geral da composição e da geometria do corpo emissor. Para os corpos negros, no entanto, observou-se experimentalmente que os espectros correspondentes dependem exclusivamente da temperatura: uma mesma temperatura, um mesmo espectro de radiação.

Para um corpo negro  $\varepsilon = 1$ , pois seu poder de absorver a energia que nele incide, é máximo, logo a Eq. (7) será escrita assim:

$$R_T = \sigma T^4 \quad \text{Eq. (8)}$$

Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906) foi capaz de explicar, matematicamente, a equação empírica de Stefan, por essa razão a equação leva o nome de ambos. Utilizando a teoria eletromagnética Boltzmann afirmou que a radiação deveria exercer, sobre as paredes da cavidade, uma pressão  $P$ , denominada pressão de radiação. Essa pressão seria proporcional à densidade de energia e escrita sob a forma,

$$P = \frac{u}{3} \quad \text{Eq. (9)}$$

A frequência da radiação, como vocês podem notar, tem seus valores deslocados no gráfico. Esse deslocamento foi objeto de estudo e ficou conhecido pelo nome de Lei do Deslocamento de Wien. A proporcionalidade existente, entre a frequência da radiação e a temperatura absoluta, é dada pela equação,

$$\nu_{\text{máx}} \propto T \quad \text{Eq. (10)}$$

Na Eq. (10) é possível perceber que aumentando a temperatura absoluta  $T$  teremos um menor comprimento de onda da energia radiante emitida. Isso é coerente, visto que a frequência  $\nu$  e o comprimento de onda  $\lambda$  são grandezas inversamente proporcionais. Porém, do produto entre  $\lambda T$  resulta uma constante, cujo valor é representado por  $b = 2,898 \times 10^{-3} \text{ mK}$ .

A Eq. (11) representa outra maneira de expressarmos a Lei do Deslocamento de Wien. Vejamos:

$$\lambda_{\text{máx}}T = b \quad \text{Eq. (11)}$$

#### d) Lei do Deslocamento de Wilhelm Wien

A Lei de Wien relaciona o comprimento de onda máximo da radiação de um corpo negro com a temperatura por ele emitida. Então, quanto maior for a temperatura desse corpo, maior será sua energia emitida por radiação e consequentemente menor será seu comprimento de onda.

Através de um gráfico, como o da Figura 19, é possível perceber que devido ao aumento de temperatura do corpo negro, a potência irradiada (intensidade de radiação) apresenta uma concentração de energia (pico) que se desloca para comprimentos de onda cada vez menores.

O comprimento de onda máximo pode ser obtido usando a Eq. (11). Essa equação, como já dissemos, é o resultado de um trabalho experimental.

$$\lambda_{\text{máx}}T = 2,898 \times 10^{-3} \text{ mK} \quad \text{Eq. (12)}$$

Devemos observar que:

A teoria clássica não previa a existência de um máximo no brilho para um comprimento de onda finito, e sim um crescimento arbitrário do brilho com a diminuição do comprimento de onda. Esta previsão, *a priori* absurda, foi alcunhada por alguns físicos de “catástrofe ultravioleta”, por ocorrer em regiões de frequências elevadas – comprimentos de onda curtos – (MEGIOLLARO; BETZ, 2012, p.2, grifos do autor).

A Figura 19 (intensidade de radiação x comprimento de onda) representa um resultado típico de corpo negro. Wien examinou detalhadamente essa característica da radiação de corpo negro e concluiu que, quanto maior a temperatura de um corpo negro, menor será o comprimento de onda na qual ele emite radiação térmica mais intensamente.

Usando a Lei de Wien é possível demonstrar que a cor da luz emitida por um corpo se modifica à medida que sua temperatura também se modifica. Sendo assim, cada cor possui um comprimento de onda e uma frequência associadas à ela.

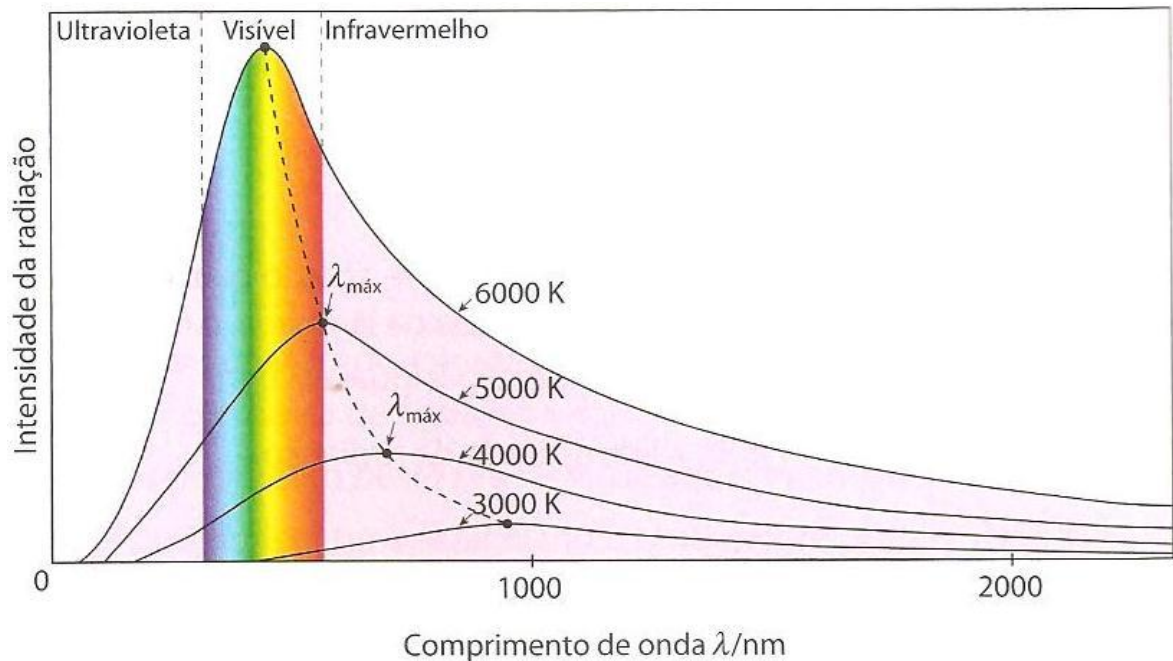


Figura 19. Intensidade de radiação x comprimento de onda para emissão de radiação de um corpo negro.  
Fonte: (ARIEIRO *et al*, 2013, p. 120).

## 1.2. AQUECIMENTO GLOBAL E EFEITO ESTUFA

A partir de Maruyama (2009) compreendemos que, desde tempos imemoriais o homem se preocupa com o clima. No entanto, nos dias atuais virou modismo falar sobre efeito estufa e aquecimento global, e o pior é que isso tem sido feito indiscriminadamente por alguns “cientistas”, cujas afirmações, não se sustentam em comprovações científicas, além disso, beiram ao absurdo e porque não dizer às fábulas.

Tem sido recorrente a discussão, principalmente em nosso cotidiano, sobre o tema efeito estufa. Nossa preocupação está voltada para a maneira como esse fenômeno vem sendo divulgado em jornais, revistas e na TV. Os equívocos são vários e contribuem para a disseminação e cristalização de erros conceituais junto à população.

Pesquisadores que atuam no campo da Paleoclimatologia; da Geologia e da Meteorologia têm feito as seguintes perguntas: (1) como são coletados os dados que comprovam as afirmações de que está havendo o aquecimento global? (2) Quais

comprovações científicas esclarecem que as ações humanas intensificam o efeito estufa (efeito antrópico)? (3) O CO<sub>2</sub> é realmente o maior responsável pelo efeito estufa e o conseqüente aquecimento global? (4) Quais as técnicas e métodos utilizados? (5) Aonde se encontram os estudos qualitativos e quantitativos que evidenciam o aquecimento global?

Nenhuma resposta coerente, do ponto de vista científico, parece ter sido apresentada para estas e outras indagações de mesma natureza. E então, o aquecimento global é uma realidade ou não passa de uma falácia?

### 1.2.1 O que estão falando sobre clima e modelos climáticos

Nas pesquisas de Bindschadler e Bentley (2003), os modelos climáticos utilizados pelos defensores do aquecimento global alertam para uma catástrofe iminente. O mais curioso é que esses mesmos modelos ocultam, em seus gráficos e cálculos estatísticos, os períodos de “frio”, pelos quais o planeta passará, por consequência de uma variabilidade natural, ou seja, os mesmos modelos apresentam previsões de resfriamento e aquecimento, no entanto, só anunciam o aquecimento.

Por serem estudos parciais os “cientistas” adequam tais modelos às suas previsões catastróficas sobre o aquecimento global. Tal parcialidade é tão prejudicial à racionalidade humana que chega a ser, no mínimo, inadmissível. É notória a intenção de sempre condicionar o aumento de temperatura ao aumento das emissões de GEE<sup>15</sup>. Mas, ainda não explicaram se os GEE são a causa ou a consequência do aumento de temperatura (TEODORO; AMORIM, 2008).

Os modelos climáticos usados pelo IPCC, e, diga-se de passagem, modelos sofisticados, não conseguem de fato explicar que o aquecimento global começou, tão somente especular usando como argumento uma interpretação equivocada, como a que é feita, do **Gráfico 1**.

---

<sup>15</sup> GEE – Gases de Efeito Estufa.

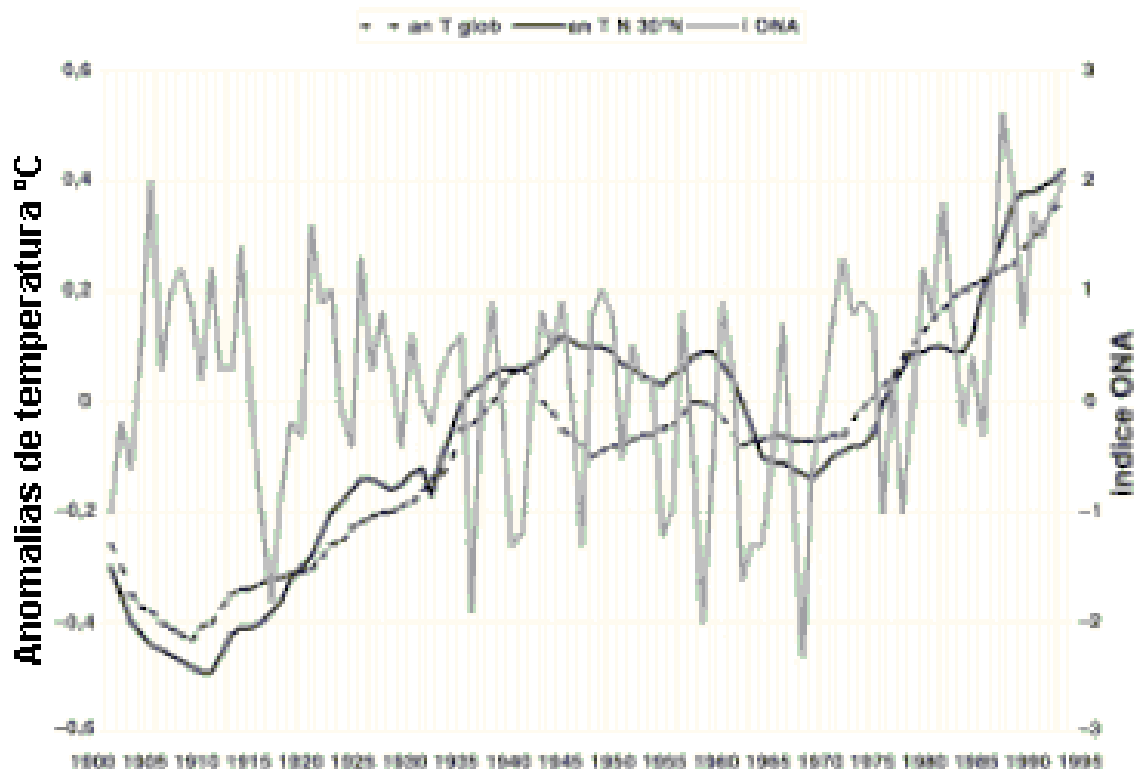


Gráfico 1. Evolução do índice ONA<sup>16</sup> e das anomalias da temperatura “reconstituída” global (a norte da latitude 30° N) de 1900 a 1995.

Fonte: [http://www.resistir.info/climatologia/impostura\\_cientifica.html](http://www.resistir.info/climatologia/impostura_cientifica.html)

Segundo Leroux (2008), a curva descrita no Gráfico 1 corresponde a um aquecimento localizado e não global como insinua o IPCC.

O pretendido aquecimento dito global atribuído ao efeito de estufa antropogénico é com efeito regional e limitado. Relewa no essencial do factor dinâmico e, portanto, de uma alteração do modo de circulação geral a partir dos anos 70, desvio climático principal que é, recordemos, ignorado pelos "modelos" e pelos "experts", nomeadamente, os ditos “cientistas” do IPCC (LEROUX, 2008, p. 7, grifo do autor).

Os modelos climáticos atuais não explicam com exatidão as variações climáticas globais. Na verdade, há imprecisão, também, quando se mede a variação de temperatura numa escala local. Sendo assim, parece ser imprudente fazer afirmações contundentes sobre o clima global a partir desses modelos climáticos.

As informações sobre o clima apontam para o crescente aumento de temperatura. Este aumento tem sido diretamente relacionado ao aumento na emissão de CO<sub>2</sub> antropogénico na atmosfera. No entanto, o que os pesquisadores

<sup>16</sup> ONA – Oscilação do Norte do Atlântico.

em clima estão querendo dizer é que as variações climáticas globais são cíclicas e o aumento de temperatura não é consequência única e exclusiva do aumento de CO<sub>2</sub> antrópico.

A julgar pelas variações climáticas globais ocorridas ao longo dos séculos, Silva e Paula (2009) entendem que estamos prestes a entrar num período climático de resfriamento, contrapondo-se a ideia de aquecimento global tão difundida em todos os meios de comunicação.

### 1.2.2 Compreendendo o efeito estufa

Entender o efeito estufa requer um estudo mais profundo sobre a dinâmica da atmosfera terrestre. Faremos a seguir uma breve discussão sobre essa temática, mas, com a devida cautela em obedecermos as normalidades e as formalidades da ciência. Então, o que é o efeito estufa?

De acordo com os estudos de Xavier e Kerr (2004), a superfície do Sol emite radiação num espectro, parecido com o de um corpo negro, a uma temperatura de superfície estimada em ~ 6.000 K. Essa radiação possui pequeno comprimento de onda, algo da ordem de 0,2 a 4 µm; são as chamadas ondas curtas, com máximo na região da luz visível.

Este tipo de radiação passa, com certa facilidade, pela atmosfera terrestre que é composta, praticamente, por gases (dióxido de carbono, ozônio, metano, óxido nitroso, vapor d'água) transparentes à radiação solar.

Grande parte da radiação emitida pela superfície da Terra é absorvida em sua própria atmosfera, por causa da existência dos gases (dióxido de carbono, ozônio, metano, óxido nitroso, vapor d'água). Estes gases são chamados de gases estufa porque retêm com grande eficiência a radiação emitida pela superfície da Terra, no entanto, absorvem pouca radiação emitida pelo Sol (XAVIER; KERR, 2004).

O planeta Terra emite radiação, num espectro parecido com o de um corpo negro, a uma temperatura em torno de 300 K. Esta radiação está no espectro do

infravermelho. São ondas longas, cujo comprimento de onda está no intervalo de 4 a 100  $\mu\text{m}$  (COSTA, 2007).

Costa (2007), simplifica o efeito estufa natural da Terra nas seguintes palavras:

No Caso da Terra, ocorre o seguinte: de toda energia do Sol que atinge o planeta, cerca de 30% são imediatamente refletidos de volta ao espaço, outros 20% são absorvidos por elementos da atmosfera (principalmente moléculas) e os 50% restantes alcançam a superfície do planeta (terra firme e oceanos). Desses 50%, uma parte é absorvida e outra é refletida de volta à atmosfera. A maior parte da radiação refletida pela superfície do planeta é absorvida pela atmosfera ou é de novo refletida para a superfície; apenas uma pequena fração escapa para o espaço. O efeito líquido desse ziguezague da radiação é o aquecimento da atmosfera e da superfície do planeta – daí o nome efeito estufa (COSTA, 2007, p. 78).

Esses gases emitem radiação quando são aquecidos. Parte dessa radiação vai para a Terra, parte para o espaço. O aquecimento adicional da superfície terrestre, nesse processo, é denominado Efeito Estufa. A Figura 20 a seguir representa o que dissemos até agora.

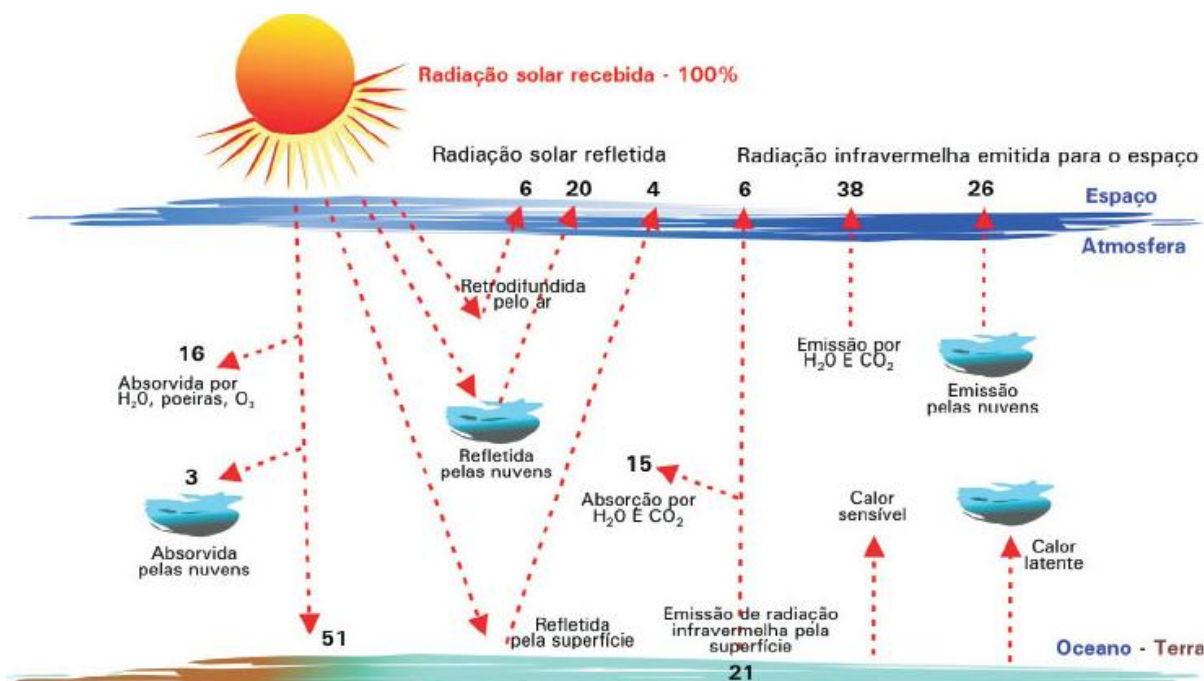


Figura 20. Representação esquemática do efeito estufa.

Fonte: <http://www.biodieselbr.com/credito-de-carbono/mdl/index.htm>

### 1.2.3 Compreendendo o aquecimento global

Segundo Costa (2007), no ano de 1957 os cientistas, Roger Revelle e Hans Suess, publicaram na revista sueca *Tellus*, um artigo sobre o aquecimento global. Neste artigo, também discutiram sobre as possíveis alterações na composição química da atmosfera terrestre, devido à excessiva liberação de CO<sub>2</sub> resultante das atividades humanas.

Roger e Hans afirmaram que a excessiva liberação de dióxido de carbono poderia provocar alterações na composição química da atmosfera terrestre. A publicação desse artigo na *Tellus* provocou a incorporação do aquecimento global à agenda científica (COSTA, 2007).

O aquecimento global seria o resultado do incremento de calor na atmosfera terrestre, ou seja, o resultado da intensificação de origem antropogênica de um mecanismo natural chamado efeito estufa. Silva e Paula (2009) ampliam a definição de aquecimento global, quando nos ensina que:

O aquecimento global é um fenômeno de larga extensão, ou seja, um aumento da temperatura média superficial global, provocado por fatores internos e/ou externos. Fatores internos são complexos e estão associados a sistemas climáticos caóticos não lineares, isto é, inconstantes, devido a variáveis como a atividade solar, a composição físico-química atmosférica, o tectonismo e o vulcanismo. Fatores externos são antropogênicos e relacionados a emissões de gases-estufa por queima de combustíveis fósseis, principalmente carvão e derivados de petróleo, indústrias, refinarias, motores, queimadas etc. (SILVA; PAULA, 2009, p. 43).

Até o presente momento não existem evidências ou explicações que provem ser o aquecimento global uma causa natural ou excessivamente antrópica.

As evidências que vinculam as emissões de CO<sub>2</sub> antropogênicas ao presente aquecimento se limitam a uma correlação entre concentrações de CO<sub>2</sub> e temperaturas, que só se verifica no período 1976-2000. As tentativas de se elaborar uma teoria holística, pela qual o CO<sub>2</sub> atmosférico controla o balanço de radiação da Terra e, portanto, determina as temperaturas médias globais, não foram bem sucedidas (SILVA; PAULA, 2009, p. 47).

O **Gráfico 2** levanta dúvidas se o aumento de emissões antrópicas de CO<sub>2</sub> na atmosfera terrestre é mesmo a causa do aumento de temperatura média global.

Este gráfico mostra as variações naturais das temperaturas e concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no decurso dos últimos 550 milhões de anos.

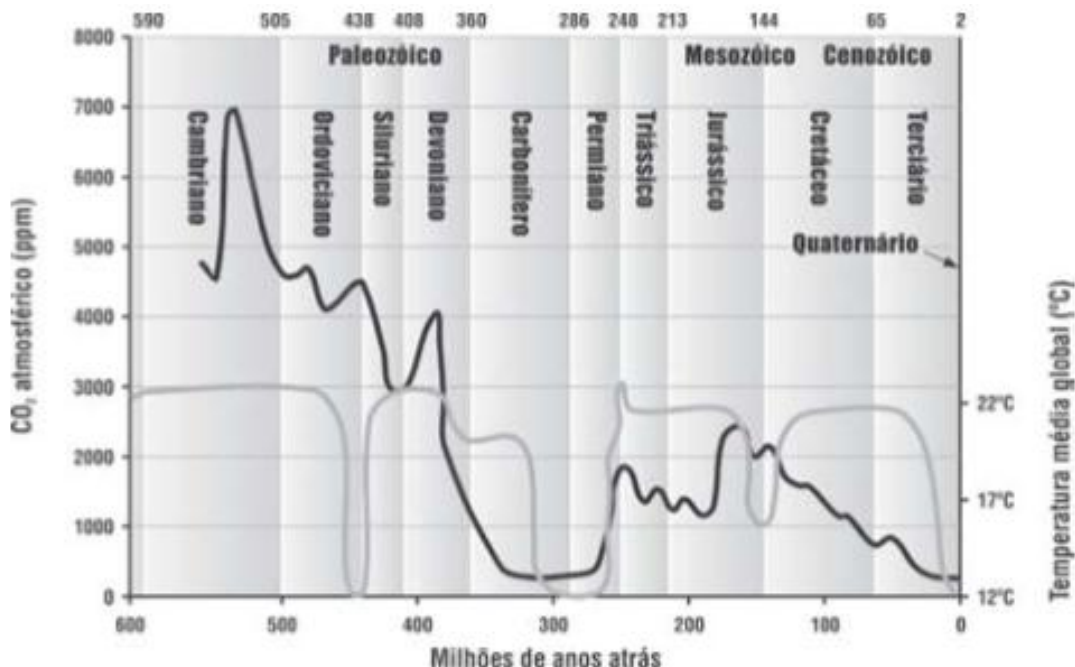


Gráfico 2. Concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico durante as eras geológicas.

Fonte: Adaptado da Fundação Argentina de Ecologia Científica *apud* SILVA, Robson Willians da Costa; PAULA, Lima de Penha. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural, 2009, p. 48.

A curva mais escura representa a temperatura, enquanto a mais clara representa a concentração de CO<sub>2</sub>. Na interpretação de Silva e Paula (2009), as duas curvas são relativamente independentes, o que descaracteriza as teorias sobre o CO<sub>2</sub> antropogênico.

Sendo assim, se as questões relacionadas aos fatores, internos e externos (antrópico), que contribuem para o aquecimento global forem esclarecidas e respondidas com precisão, então, será possível responder se o aquecimento global é de origem natural ou antropogênica, bem como fazer, durante o século XXI, projeções mais seguras sobre os climas do futuro.

### 1.2.4 Cálculo da temperatura média da superfície terrestre

Achamos oportuno mostrar como calcular a temperatura média da superfície da Terra. Num primeiro momento, utilizamos um procedimento (procedimento 1) para calcularmos essa temperatura sem levarmos em conta os efeitos da atmosfera (estufa natural), assim obtendo uma temperatura média de, aproximadamente, menos dezoito graus Celsius ( $\sim -18^{\circ}\text{C}$ ).

Num segundo momento apresentamos mais dois procedimentos para se calcular a temperatura média da superfície terrestre, mas dessa vez, levando em conta os efeitos da atmosfera terrestre (estufa natural) e desconsiderando o albedo planetário<sup>17</sup>. A fim de darmos uma continuidade na leitura chamaremos esses dois procedimentos, respectivamente, por procedimento 2 e procedimento 3.

No procedimento 2 utilizamos um artifício matemático, a partir do Teorema de Tales, aplicado à geometria espacial de um cone (Figura 21); logo em seguida utilizamos a Equação de Stefan-Boltzmann e o Princípio da Conservação de Energia.

O procedimento 3 foi realizado com maior rigor científico, através do qual fizemos uso da Lei do Deslocamento de Wien, bem como da Lei de Stefan-Boltzmann, uma vez que estamos a considerar tanto o Sol, quanto a Terra se comportando como corpos negros.

#### a) Procedimento 1

De acordo com Xavier e Kerr (2004), a potência irradiada por unidade de área para um corpo negro é dada pela seguinte equação:

$$E_B = \sigma T^4 \quad \text{Eq. (13)}$$

na qual  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann e  $T$  a temperatura absoluta do corpo.

A Terra absorve a radiação solar a uma taxa de:

---

<sup>17</sup> É a fração de radiação refletida pela superfície e atmosfera terrestres. Essa fração costuma ser representada em porcentagem.

$$E_A = S(1 - \alpha)/4 \quad \text{Eq. (14)}$$

na qual:

- **S** é a taxa de radiação solar que chega ao topo da atmosfera terrestre, chamada de constante solar. Sua medida por satélites varia entre 1365 a 1372 Wm<sup>-2</sup>;
- **α** é a fração de radiação refletida pela superfície e atmosfera terrestres (albedo);
- o fator 1/4 deve-se à distribuição dessa energia sobre a superfície terrestre. Veja que o disco da Terra que intercepta a radiação solar tem área  $\pi R^2/4\pi R^2=1/4$  (RAMANATHAN *et al.*, 1989 *apud* XAVIER; KERR, 2004, p. 329).

Xavier e Kerr (2004) afirmam que se considerarmos um ciclo onde a Terra tem uma temperatura média constante, então, este planeta estará em equilíbrio térmico. Segundo esses autores, isso é, aproximadamente, o que ocorre num ciclo anual), nos permitindo igualar a eq.14 com a eq.13, ou seja,

$$S(1 - \alpha)/4 = \sigma T^4 \quad \text{Eq. (15)}$$

Como o albedo terrestre vale aproximadamente 0,30, a temperatura calculada pela eq.15 é de 255 K, ou seja ~ -18°C. (XAVIER; KERR, 2004, p. 329). Esse resultado foi obtido admitindo-se, apenas, o equilíbrio radioativo Sol-Terra. Esses mesmos autores ainda afirmam que o valor obtido anteriormente é cerca de 33 K menor que o observado (~15°C), mostrando que apenas o equilíbrio radioativo Sol-Terra não basta para explicar a temperatura média da superfície terrestre.

## b) Procedimento 2

O cálculo da temperatura média da superfície terrestre, que é feito levando em conta o efeito estufa natural e o princípio da conservação de energia, pode ser realizado, de forma simplificada, a partir da seguinte equação:

$$T_E = T_S(r_S/2a_0)^{1/2} \quad \text{Eq. (16)}$$

onde:

- $T_E$  representa a temperatura média da superfície terrestre;
- $T_S$  representa a temperatura da superfície do Sol;
- $r_S$  representa o raio do Sol;
- $a_0$  representa a distância entre o centro do Sol e o centro da Terra.

Antes de efetuarmos esse cálculo mostraremos como deduzir a eq.16 a partir do Teorema de Tales; da equação de Stefan-Boltzmann e do Princípio da Conservação de Energia.

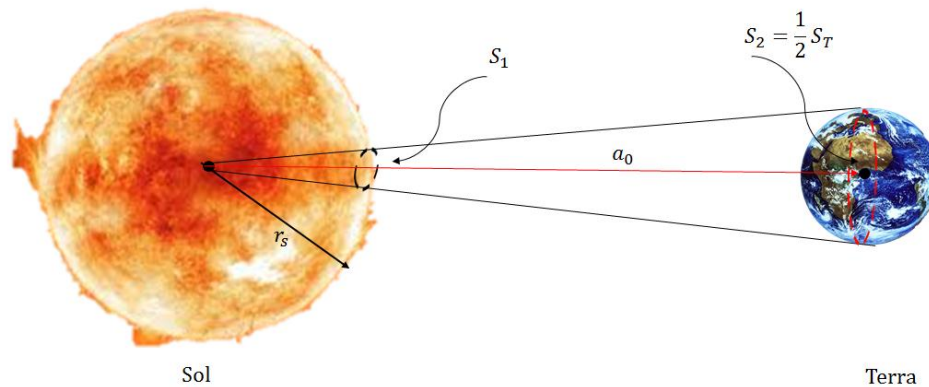


Figura 21. Interação Sol-Terra.  
Fonte: Elaboração do autor.

A Figura 21 mostra a formação geométrica de dois cones, o primeiro tem base de área semiesférica  $S_1$  e uma altura que corresponde ao raio solar  $r_s$ . O segundo cone tem base de área semiesférica  $S_2$  (corresponde a aproximadamente metade da área quase esférica da Terra), cuja altura corresponde à distância entre o centro do Sol e o centro da Terra.

Usando o Teorema de Tales como artifício matemático para relacionar esses dois cones, teremos  $S_1/r_s^2 = S_2/a_0^2$ , mas quando isolamos o termo  $S_1$ , encontramos:

$$S_1 = (r_s/a_0)^2 \times S_2 \quad \text{Eq. (17)}$$

A energia por unidade de tempo (potência), emitida pelo Sol ( $S_1$ ) atinge a semiesfera ( $S_2$ ) da Terra e pode ser calculada, a partir da Lei de Stefan-Boltzmann, pela expressão,

$$(\text{Pot})_{\text{Sol-Terra}} = \sigma T_s^4 \times S_1 \quad \text{Eq. (18)}$$

substituindo eq.17 na eq.18, encontramos:

$$(\text{Pot})_{\text{Sol-Terra}} = \sigma T_s^4 \times (r_s/a_0)^2 \times S_2 \quad \text{Eq. (19)}$$

Aplicando o princípio da conservação de energia teremos que: a energia, por unidade de tempo, que é recebida pela Terra subtraída pela energia, por unidade de tempo, que é emitida pela Terra é igual a energia líquida, por unidade de tempo, da Terra.

Noutras palavras podemos dizer que a potência da radiação recebida pela Terra, menos a potência de radiação emitida pela Terra é igual a potência líquida de radiação da Terra. Matematicamente demonstramos assim:

$$\sigma T_s^4 (r_s/a_0)^2 \cdot S_2 - \sigma T_E^4 \cdot (2S_2) = \sigma T_E^4 \cdot (2S_2) \therefore T_s^4 (r_s/a_0)^2 = 4T_E^4 \Rightarrow T_E^4 = T_s^4 (r_s/2a_0)^2$$

logo:

$$T_E = T_s (r_s/2a_0)^{1/2} \quad \text{Eq. (20)}$$

Considerando  $r_s = 6,95 \times 10^8$  m;  $a_0 = 1,5 \times 10^{11}$  m;  $T_s = 6000$  K e aplicando na eq.20 encontraremos, aproximadamente, dezesseis graus Celsius positivos ( $\sim 16^\circ\text{C}$ ). Esse valor é muito próximo daquele sugerido por Xavier e Kerr.

### c) Procedimento 3

Parte-se do pressuposto de que a Terra tem o Sol como sua única fonte de energia, também admite-se que o Sol e a Terra comportam-se como se fossem um corpo negro. Além disso, também estamos supondo que o Sol está em equilíbrio

térmico. Diante dessas suposições podemos aplicar a Lei de Wien e a Lei de Stefan-Boltzmann.

Para a Lei de Stefan-Boltzmann, a energia irradiada por unidade de tempo por unidade de área por uma superfície **A** de um corpo cresce com a quarta potência de sua temperatura. Portanto, se  $W_{\text{rad}}$  é a potência irradiada pela superfície **A**, então teremos:

$$W_{\text{rad}} = \varepsilon\sigma AT^4 \quad \text{Eq. (21)}$$

onde  $\varepsilon$  e  $\sigma$  são, respectivamente, a emissividade e a constante de Boltzmann ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ). No caso do corpo negro a emissividade é ( $\varepsilon = 1$ ). Substituindo esse valor em eq.21, a potência irradiada pelo Sol será:

$$W_{\text{rad}} = \sigma A_{\text{Sol}} T^4 \quad \text{Eq. (22)}$$

A Terra se encontra a uma distância **d** do Sol, portanto, a potência que o Sol emite para o espaço chegará à Terra com uma intensidade inversamente proporcional ao quadrado da distância, ou seja, a uma distância **d** do Sol essa potência será de,

$$W_{\text{rad}} = \sigma A_{\text{Sol}} T^4 / 4\pi d^2 \quad \text{Eq. (23)}$$

A eq.23 representa a intensidade de cada ponto de um esfera centrada na superfície do Sol e com raio **d**, conforme ilustra a Figura 22 a seguir.

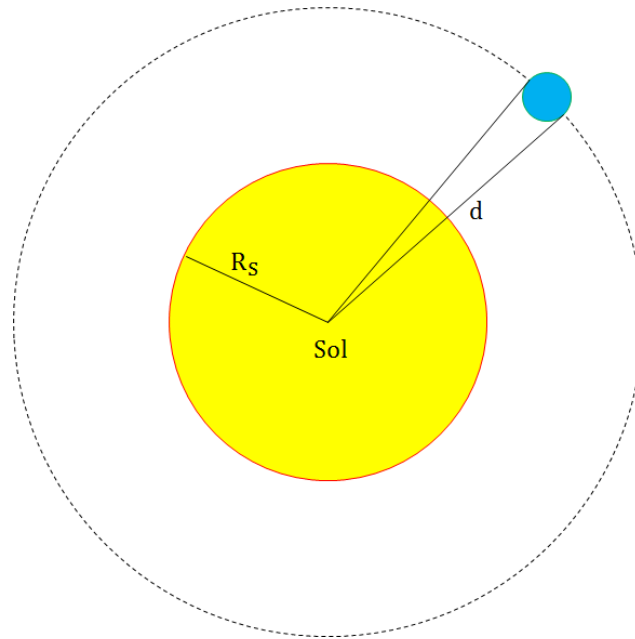


Figura 22. Representação gráfica da interação Sol-Terra.  
Fonte: Elaboração do autor.

Ao multiplicarmos eq.23 por uma superfície circular de raio igual ao da Terra, teremos a potência que chega ao nosso planeta. Então, essa potência será,

$$W_{\text{rad}} = (\sigma A_{\text{Sol}} T^4 / 4\pi d^2) \times \pi R_{\text{Terra}}^2 \quad \text{Eq. (24)}$$

Seguindo a nossa suposição inicial, essa quantidade de energia será absorvida e reemitida pela Terra, sendo assim, teremos:

$$W_{\text{Terra}} = \sigma A_{\text{Terra}} T_{\text{Terra}}^4 \quad \text{Eq. (25)}$$

Das equações eq.24 e eq.25 tiramos a seguinte relação,

$$(T_{\text{T}}/T_{\text{S}})^4 = 1/4 \times (R_{\text{S}}/d)^2 \quad \text{Eq. (26)}$$

Aplicando-se em eq.26 os mesmos dados fornecidos nas discussões anteriores, encontraremos  $T_{\text{T}} \cong 288,7 \text{ K}$ , ou seja, aproximadamente  $16^\circ\text{C}$ .

Para o pesquisador Maruyama (2009), não é possível ocorrer o descontrole total da natureza como foi e tem sido apontado na mídia. Os pesquisadores do IPCC

parecem ignorar um princípio natural básico, a Conservação de Energia. Segundo este autor, a própria natureza se encarregará de manter as coisas em equilíbrio, pois nela existem estruturas que impedem efeitos descontrolados. Um exemplo dessas estruturas é o Efeito de Amortecimento de Choque (Figura 23).

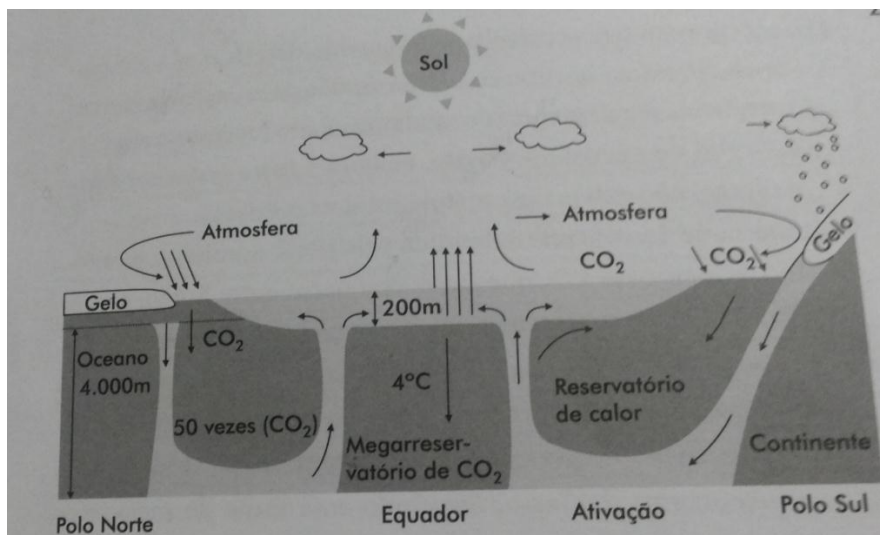


Figura 23. Mecanismo de amortecimento de choque da natureza, para manter constante a temperatura da superfície terrestre.  
Fonte: MARUYAMA, 2009, p. 21.

## 2 UNIDADE DIDÁTICA TRABALHADA POR MEIO DO MÉTODO DO ARCO DE CHARLES MAGUERZ

Para aplicação desta Unidade Didática elaboramos uma pequena ementa. Esta ementa foi utilizada para discutirmos apenas alguns conteúdos de Física na disciplina Física do Meio Ambiente. Portanto, não se trata de um curso semestral, mas somente para 10 aulas. O Quadro 1 traz a ementa supracitada.

**Quadro 1.** Ementa para 10 aulas de FMA.

Curso: Licenciatura em Física	
Disciplina: Física do Meio Ambiente	Carga horária: 10h/aula
EMENTA	
Energia e sua conservação; Fusão Nuclear; Efeito Estufa e Aquecimento Global.	
PROGRAMA	
Objetivo	
Objetivo Geral	
Discutir a interação Terra-Sol a partir do tema Efeito Estufa e Aquecimento Global, visando ensinar conteúdos de Física oferecendo um caráter científico à problematização destas questões ambientais.	
Objetivos Específicos	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Diferenciar efeito estufa de aquecimento global.</li> <li>2) Identificar os gases de efeito estufa.</li> <li>3) Distinguir efeito estufa natural do efeito estufa antropogênico.</li> <li>4) Explicar o processo de fusão nuclear na geração de energia solar.</li> <li>5) Definir mancha solar; ejeção de massa coronal e vento solar.</li> <li>6) Mostrar a relação entre mancha solar; ejeção de massa coronal e vento solar com o efeito estufa e o aquecimento global.</li> <li>7) Calcular a temperatura média da superfície terrestre, observada ou não a influência do efeito estufa.</li> </ol>	

Conteúdos
1) Fusão Nuclear na geração de energia solar; 2) Mancha Solar; 3) Ejeção de Massa Coronal; 4) Vento Solar; 5) Radiação do Corpo Negro; 6) Lei de Stefan-Boltzmann; 7) Lei do Deslocamento de Wien; 8) Efeito Estufa; 9) Aquecimento Global.
Procedimento Metodológico
As aulas serão amparadas por um cronograma de encontros <sup>18</sup> .
Recursos Didáticos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kit multimídia completo;</li> <li>▪ Material de apoio didático (Lista de perguntas);</li> <li>▪ Marcador e apagador para quadro branco.</li> </ul>
Sistemática de Avaliação
A avaliação da aprendizagem consistirá da participação dos alunos, durante as discussões e do desenvolvimento do senso crítico e apropriação de conceitos científicos durante as aulas.
Referências <sup>19</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.1 O MÉTODO DO ARCO DE CHARLES MAGUEREZ<sup>20</sup>

No Método do Arco a realidade é o ponto de partida, onde na medida do possível procura-se trabalhar com elementos presentes na vida e no cotidiano do estudante. Charles Maguerез escrevia textos que posteriormente se transformaram em livros didáticos. Estes livros foram chamados de Estratégias de Ensino-Aprendizagem e utilizados na formação de professores.

<sup>18</sup> Ver Capítulo 4 da Dissertação.

<sup>19</sup> Encontra-se no final deste trabalho.

<sup>20</sup> Maguerез foi um educador francês que trabalhou na África com operários que não falavam a sua língua nem eram alfabetizados. Ele descobriu um método de ensinar que posteriormente foi, confirmado pela Teoria de Piaget.

A Unidade Didática para a disciplina FMA foi construída a partir de uma metodologia problematizadora, pois entendemos ser esse o caminho mais fértil para o desenvolvimento de habilidades e competências no aluno e por garantir a ele uma aprendizagem mais significativa. Temos como propósito com esse estudo, mostrar o potencial metodológico de uma abordagem problematizadora, mas sem deixar de apontar seus pontos positivos e negativos.

A metodologia da problematização, apesar de seu pragmatismo, não surgiu inicialmente num contexto acadêmico. Ela teve início na década de 1970 quando Charles Maguerez desenvolveu um método de ensino-aprendizagem denominado “Arco”, veja a Figura 24.

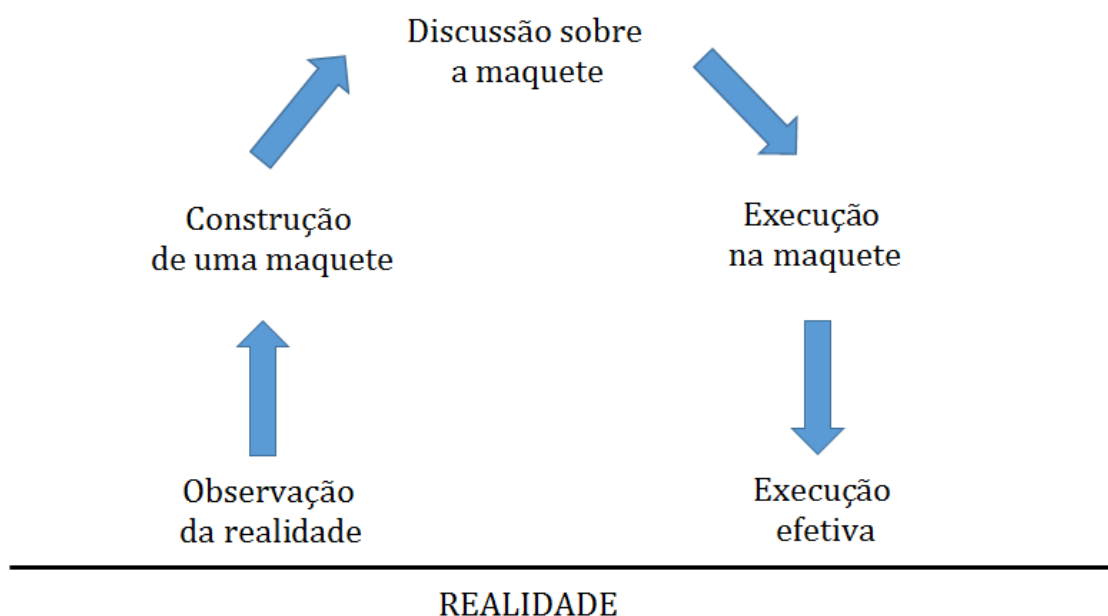


Figura 24. Representação do Método do Arco de Charles Maguerez.  
Fonte: BORDENAVE; PEREIRA, 2007, p. 49.

No ano de 1988, Bordenave e Pereira (2007) renomearam, sistematicamente, algumas etapas do Método de Maguerez. Após realizar tais modificações, Juan Díaz Bordenave aplicou o Método do Arco no ensino superior no Instituto Superior de Relações Públicas do Paraguai. A Figura 25 mostra como ficou o Método do Arco de Maguerez, após as modificações de Bordenave.

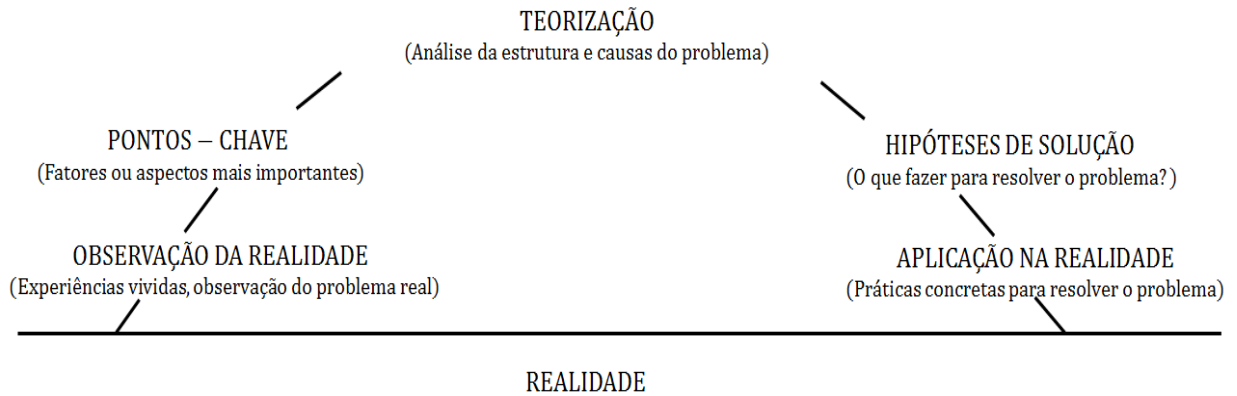


Figura 25. Representação do esquema de arco adaptado por Bordenave e Pereira.  
Fonte: BORDENAVE, 2005, p. 3.

A literatura nos ensina que vários países vêm discutindo os benefícios de se adotar, em seus currículos escolares, uma metodologia baseada em situações-problema, dentre estes países podemos mencionar, *a priori*, Holanda, África do Sul e o Brasil. No Brasil, essa abordagem vem ganhando, lentamente, espaço nas discussões pedagógicas de vários centros de ensino, porém ainda encontra muita resistência (BOMFIM, 2011).

Para os autores Araújo e Sastre (2009), no Brasil, apesar dos diferentes contextos em que ela foi desenvolvida, a metodologia baseada em problemas surgiu de forma bem pragmática, principalmente por causa de experiências profissionais dos educadores que criticavam vários aspectos do ensino tradicional.

Uma abordagem baseada na Metodologia da Problematização não exige, da escola, mudanças materiais e físicas significativas. As maiores alterações ocorrem na programação da disciplina, onde os professores e alunos passam a dar um tratamento mais crítico e reflexivo aos temas a serem estudados (BORILLE *et al.*, 2012).

Nos propusemos a trabalhar na Unidade Didática com o Método, adaptado, do Arco de Magueres. Agora faremos uma descrição das etapas de uma abordagem problematizadora, de acordo com este Método.

São cinco etapas explícitas do Método do Arco: Observação da realidade; Pontos-chave; Teorização; Hipóteses de solução e Aplicação na realidade. Achamos razoável iniciarmos com o elemento motivacional, sendo este implícito ao Método.

### 2.1.1 Elemento motivacional e Problematização da Realidade

A temática presente, na Unidade Didática, está inserida no contexto da vida real do aluno, aonde ele é sujeito no processo de construção do conhecimento. A motivação é inerente à prática docente, e esta proposta metodológica também trabalha, intencionalmente, com problemas relacionados à vivência do discente. Esses problemas são motivacionais e objetivam, por meio deles, o desenvolvimento dos processos de ensinar e aprender.

Encontramos guarida, para esta discussão inicial, no entendimento de Araújo e Sastre (2009), quando afirmam que a utilização de problemas da vida real e das atividades significativas são elementos motivacional e contextual para a aprendizagem do aluno.

### 2.1.2 Observação da realidade

A partir de um elemento motivacional relacionado à realidade e ao tema da Unidade Didática, os alunos são orientados pelo professor a olharem atentamente e registrarem sistematicamente o que perceberam sobre o fenômeno em estudo. Depois de analisar os dados fornecidos, através de tabelas, gráficos, textos científicos, textos jornalísticos, charges, em grupo, formularão hipóteses e proporão possíveis resoluções para o problema, levando em conta o conhecimento que já possuem sobre o fenômeno em análise.

### 2.1.3 Pontos-chave

Nesta etapa, o professor leva os alunos a refletirem sobre as possíveis causas do problema em estudo. Por que este problema surgiu? Como este problema surgiu? São indagações que devem ser feitas neste momento. Mesmo utilizando os conhecimentos adquiridos noutras disciplinas básicas de Física, os alunos percebem que existem muitas variáveis, as quais além de serem menos evidentes ou menos diretas, são complexas. O aluno pode e deve listar: tópicos a serem estudados, perguntas a serem respondidas. Estes são os pontos-chave que devem ser estudados na teorização.

#### 2.1.4 Teorização

Nesta etapa, os alunos devem fazer uma pesquisa e/ou investigação sobre o problema estudado. Esta pesquisa deverá ser realizada em artigos científicos, jornais e revistas. Os alunos devem se organizar em grupos e buscar informações relevantes que necessitem saber sobre o tema. Buscarão sempre responder às perguntas elaboradas a partir das relações entre os pontos-chave. Por fim, cada grupo deverá avaliar os resultados obtidos na pesquisa e julgar se tais resultados contribuem ou não para a resolução do problema. Tudo isso deverá ser registrado.

#### 2.1.5 Hipóteses de solução

A partir das etapas anteriores e de todo o estudo realizado o aluno terá elementos que o ajudarão a elaborar, de maneira crítica e criativa, possíveis soluções, ou pelo menos sugerir-las. Depois de investigar o problema, sob todos os ângulos, hipóteses devem ser construídas como fruto do aprofundamento teórico que os alunos obtiveram sobre o problema.

#### 2.1.6 Aplicação na realidade

Esta é a última e mais complexa etapa, uma vez que ela ultrapassa o exercício intelectual do aluno. Neste momento, de aplicação do método, o aluno é levado a pensar sobre como suas atitudes se refletem na prática e de que forma elas proporcionam mudanças no meio em que eles habitam. Essa etapa implica num compromisso muito grande do aluno com o próprio meio em que vive. Assim, encerramos o ciclo do Método do Arco de Magueres; lembrando que estamos usando o Método do Arco a partir das adaptações realizadas por Bordenave e Pereira.

A última etapa é prática e transformadora. A intervenção, nesta fase, depende de diversos fatores, mas, alguma intervenção deverá acontecer, caso contrário não será, conforme as etapas do Arco de Magueréz, uma Metodologia da Problematização.

Em síntese, podemos dizer que na Metodologia da Problematização, os problemas são identificados pelos alunos, através da observação das mudanças ocorridas no meio ambiente em que vivem. Com a ajuda do professor os discentes apontam as características e/ou contradições para a existência de tais mudanças; é assim que surge o problema a ser estudado.

Após estudarem o problema eles percebem que poderão ou não surgir outros problemas em decorrência do primeiro. Essa fase de percepção acontece quando os alunos já adquiriram maturidade e aprofundamento teórico suficientes para apontar uma possível solução para o problema, a partir do conhecimento científico adequado ao problema.

Nessa metodologia não existe, em termos de conhecimento, um controle total sobre os resultados. Na verdade, eles são usados para responder a um problema específico. No entanto, esses resultados devem voltar-se para algum tipo de intervenção na realidade; na mesma realidade em que o problema foi observado.

Os conhecimentos científicos são importantes, eles são construídos pelos alunos na etapa da teorização. Mas, há um outro ponto relevante que diz respeito aos diferentes tipos de saberes que os alunos constroem como resultado das relações técnico-científicos, sociais, políticos e éticos. Por essa razão, esse Método é transformador e contribui significativamente para a construção de um conhecimento científico sólido e as razões, citadas anteriormente, aparecem durante o desenvolvimento das etapas do Arco de Magueréz.

## 2.2 PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA

A proposta de Unidade Didática para debater sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global baseia-se numa Metodologia Problematizadora, denominada de Método do Arco de Charles Magueréz.

### 2.2.1 Identificação

- Tema: Efeito Estufa e Aquecimento Global
- Tempo de duração: 4 encontros de 90 min cada (2h/aula)

### 2.2.2 Objetivos da Aprendizagem

#### **Objetivo Geral:**

Discutir a interação Terra-Sol a partir do tema Efeito Estufa e Aquecimento Global, visando ensinar conteúdos de Física oferecendo um caráter científico à problematização destas questões ambientais.

#### **Objetivos Específicos:**

- 1) Diferenciar efeito estufa de aquecimento global.
- 2) Identificar os gases de efeito estufa.
- 3) Distinguir efeito estufa natural do efeito estufa antropogênico.
- 4) Explicar o processo de fusão nuclear na geração de energia solar.
- 5) Definir mancha solar; ejeção de massa coronal e vento solar.
- 6) Mostrar a relação entre mancha solar; ejeção de massa coronal e vento solar com o efeito estufa e o aquecimento global.
- 7) Calcular a temperatura média da superfície terrestre, observada ou não a influência do efeito estufa.

### 2.2.3 Conteúdos

- 1) Fusão Nuclear na geração de energia solar;
- 2) Mancha Solar;
- 3) Ejeção de Massa Coronal;
- 4) Vento Solar;
- 5) Radiação do Corpo Negro;

- 6) Lei de Stefan-Boltzmann;
- 7) Lei do Deslocamento de Wien;
- 8) Efeito Estufa;
- 9) Aquecimento Global.

## 2.2.4 Metodologia

As aulas serão distribuídas pelo seguinte cronograma de encontros:

**Quadro 1.** Encontros e atividades baseadas no Método do Arco de Magueres.

1° ENCONTRO		
Momento	Atividades	Função
01 (10 min)	Exposição da Atividade	O professor deverá expor o tema da aula, com o intuito de fazer um diagnóstico das concepções prévias dos alunos sobre o tema. Em seguida, orientar os alunos para a realização das atividades.
02 (20 min)	Observação de uma Charge. (Elemento Motivacional).	O aluno deverá escrever, individualmente, os detalhes que mais lhes chamaram a atenção.
03 (40 min)	Socialização dos detalhes observados.	Os alunos deverão verbalizar os detalhes observados e o professor deverá anotar os pontos-chave.
04 (15 min)	Relações entre os pontos-chave e transformá-los em perguntas.	O professor deverá formular perguntas a partir da relação de combinação dos pontos-chave anotados por ele.
05 (5 min)	Orientações para o próximo encontro.	O professor deverá solicitar que os alunos entreguem as anotações referentes à charge. Em seguida, deverá solicitar que formem grupos, pesquisem e estudem para responder às perguntas.
2° ENCONTRO		
Momento	Atividades	Função
01 (10 min)	Retomada da aula anterior.	O professor deverá iniciar a aula recolhendo o material com as respostas que os grupos deram para as perguntas formuladas na aula anterior.
02 (60 min)	Debate entre o professor e os grupos.	O professor deverá motivar os grupos a fazerem um debate para discutir as respostas, bem como registrar no quadro os fatores mais importantes para o estudo.
03 (15 min)	Proposição de perguntas que relacionam o tema com a Física.	O professor deverá propor essas perguntas para os grupos e sugerir os conteúdos de Física que devem ser pesquisados.
04 (5 min)	Orientações para o próximo encontro.	O professor deverá solicitar que os grupos pesquisem e estudem esses conteúdos para responderem às perguntas junto com o professor no próximo encontro.

3° ENCONTRO		
Momento	Atividades	Função
01 (5 min)	Retomada da aula anterior.	O professor deverá iniciar a aula relembrando o que foi solicitado no encontro anterior, perguntando o que os alunos estudaram e se sentiram dificuldades.
02 (80 min)	Debate entre o professor e os grupos.	O professor deverá motivar os grupos a fazerem um debate para construírem juntos as respostas das perguntas feitas no encontro anterior, com o intuito de identificar como os alunos utilizariam os conteúdos de Física para responderem às perguntas.
03 (5 min)	Orientações para o próximo encontro.	O professor deverá informar que, na próxima aula eles continuarão respondendo às perguntas que faltam.
4° ENCONTRO		
Momento	Atividades	Função
01 (5 min)	Retomada da aula anterior.	O professor deverá relembrar a pergunta que faltou ser respondida e dar continuidade a aula.
02 (80 min)	Debate entre o professor e os grupos.	O professor deverá motivar os grupos a fazerem um debate para construírem juntos a resposta da pergunta que não foi respondida no encontro anterior.
03 (5 min)	Orientações para o próximo encontro.	O professor deverá informar que no próximo encontro ele fará uma breve retomada de tudo que foi discutido.
5° ENCONTRO		
Momento	Atividades	Função
01 (20 min)	Retomada dos encontros anteriores.	O professor deverá relembrar tudo o que foi discutido durante os quatro encontros anteriores.
02 (10 min)	Propor um problema.	O professor deverá solicitar que os grupos proponham sugestões de como solucionar o problema.
03 (50 min)	Anotar as sugestões.	O professor deverá anotar no quadro todas as sugestões e depois, junto com os grupos, discutir sobre a viabilidade das sugestões.
04 (10 min)	Considerações Finais.	O professor deverá fazer o fechamento da Unidade Didática sobre Efeito Estufa e Aquecimento Global. Sugerindo, em termos do saber e/ou do fazer, aplicação à realidade.

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 2.2.5 Recursos Necessários

- Kit multimídia completo;
- Material de apoio didático (Lista de perguntas);
- Marcador e apagador para quadro branco.

### 2.2.6 Sistemática de Avaliação

A avaliação da aprendizagem consistirá da participação dos alunos, durante as discussões e do desenvolvimento do senso crítico e apropriação de conceitos científicos durante as aulas.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Neste estudo voltamos nossa atenção para como a disciplina Física do Meio Ambiente vem sendo lecionada no Brasil, considerando que é relevante para a formação do docente de Física. Para isto, fizemos estudos bibliográficos que nos permitiram elaborar uma Unidade Didática que possibilitasse aos professores trabalhar com competências e habilidades inerentes aos conhecimentos em Física tendo como suporte o entendimento das questões ambientais pautados na produção científica da área.

Discutimos como é complexo e delicado incorporar, na prática do professor, metodologias que proporcionem o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias à compreensão dos conteúdos vinculados à Física do Meio Ambiente, posto que o objetivo desta disciplina se propõe a fazer convergir e apontar soluções em um espaço científico no qual existem muitas definições e muitos entendimentos sobre o significado de aprendizagem significativa, competências e habilidades.

Trouxemos, sob a ótica da Física, um breve estudo sobre efeito estufa e aquecimento global e em breves notas discutimos as análises que são realizadas sobre alguns modelos climáticos e sobre as discussões acerca dos resultados apontados por tais modelos.

Finalmente, discutimos como ensinar conteúdos de Física usando estas questões ambientais por meio de uma metodologia problematizadora, aplicamos essa metodologia e relatamos a experiência como forma de subsidiar a prática de professores que por ventura queiram fazer uso de tal metodologia ao trabalhar com a Unidade Didática elaborada como produto desta dissertação. Este produto também será distribuído, gratuitamente, em CD-ROM.

Esta intervenção metodológica se deu com a utilização de um método denominado Método do Arco de Charles Maguerez e observamos que este pode ser utilizado na disciplina Física do Meio Ambiente por permitir ao professor mediar conhecimentos científicos com seus alunos partindo de uma realidade, ou de um problema real que possibilita reconstruir conceitos, saindo, portanto, do senso comum para uma atividade mais científica e reflexiva.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Antônio Carlos Aido de. **Estudo das correlações entre a atividade solar e processos atmosféricos**. 2001. 89f. Tese (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ARAÚJO, Ulisses F.; SASTRE, Genoveva. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. São Paulo: Summus, 2009.

BACCARO, Marco Aurélio Corcini. **Modelo hidrodinâmico bidimensional de ejeção de massa coronal**. 2009. 98f. Dissertação (Mestrado em Astrofísica) – INPE, São José dos Campos, 2009.

COSTA, Felipe A. P. L. Primórdios do aquecimento global. **Ciência Hoje**, v.40, n.238, p. 76-78, jun. 2007.

COSTA JÚNIOR *et al.* O vento solar e a atividade geomagnética. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v.33, n.4, p.2-3, 2011.

EISBERG Robert *et al.* **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.

LEROUX, Marcel. **Aquecimento global: uma impostura científica**. 2008. 53 p. Disponível em: <[http://www.resistir.info/climatologia/impostura\\_cientifica.html](http://www.resistir.info/climatologia/impostura_cientifica.html)>. Acesso em: 15 mar. 2014.

RICCI, Mário César; CARNEIRO JR, Delfim Pinto. **Radiação Solar e Vento Solar**. 2005, 10 p. Disponível em: <<http://www2.dem.inpe.br/mcr/Inpe/.../Radiação%20e%20vento%20solar.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2014.

ROSA, Pedro Sérgio. **Louis de Broglie e as ondas de matéria**. 2004. 200f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

TAVARES, M. Aprendendo sobre o sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Niterói, v.22, n.1, p. 78-82, mar.2000 a.

TAVARES, M. Meteorologia Espacial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Niterói, v.22, n.4, p. 496-502, dez.2000 b.

TEODORO, Pacelli Henrique Martins; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, ago. 2008.