

Instituto de Física

UFRJ



PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO DE FINAL DE CURSO

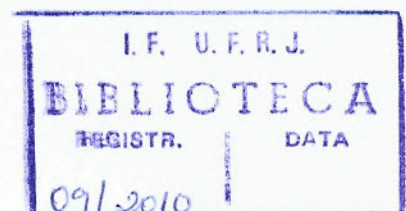
Calor, Radiação e o Meio Ambiente

Aluno: Cíntia Dias Martins

Orientadora: Prof^a Dr^a Wilma Machado Soares Santos

Outubro/2010

09/2010



Agradecimentos

Seria impossível citar cada uma das pessoas que me ajudaram, mas saibam que vou me lembrar de todas vocês em toda a minha vida. Àqueles que me incentivaram, motivaram e estenderam a mão quando precisei meus sinceros agradecimentos. Lembrarei com carinho dos mestres que me guiaram por esta jornada rumo ao crescimento e ao conhecimento. À orientadora prof^a Wilma Machado Soares Santos que apostou em meu potencial quando aceitou esta orientação se colocando a disposição para me auxiliar nos momentos de dúvidas e incertezas. Enfim agradeço em especial à minha mãe Graça pelo amor, dedicação, carinho e paciência acima de tudo, minha avó Nair, minha irmã Aline, e, principalmente, a Deus, meu guia e aquele em que sempre confiarei.

Índice

Resumo	4
Capítulo 1 - Introdução	5
Capítulo 2 - 2.1 Considerações sobre o calor.	6
2.2 - Calor e o meio ambiente.	10
2.3 - Calor- Uma abordagem microscópica.	12
Capítulo 3 - 3.1 Ondas Eletromagnéticas.	17
3.2 - Espectro Eletromagnético -.	18
3.3 - Dualidade Onda – Partícula -.	20
3.4 - Profundidade de Penetração de uma Onda Eletromagnética.	21
3.5 - Ionização e Excitação -.	22
Capítulo 4 - 4.1 Radiação Ultravioleta.	23
4.2 - Bases Físicas da Radiação UV -.	24
4.3 - Histórico do uso de RUV.	25
4.4 - Classificação da Radiação Ultravioleta -.	26
4.5 - Fontes de Radiação Ultravioleta.	27
4.6 - Espectro Contínuo -.	27
4.7 - Espectro de Linha e de Banda -.	28
4.8 - Radiação UV Solar -.	30
4.9 - Principais Agentes que modificam a irradiância.	32
Capítulo 5 - Conclusões.	36
Referências Bibliográficas.	37

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar material didático sobre Calor, Radiação e o Meio Ambiente, ele se destina a professores do Ensino Médio e alunos de Física interessados em fenômenos térmicos.

Há um entendimento do que deva ser o foco da educação no Ensino Médio. Dentro da nova visão, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) recomendam que o ensino deva contemplar a interdisciplinaridade, o cotidiano e o desenvolvimento da capacidade do aprendiz em analisar fenômenos físicos.

Assim o propósito dessa monografia é mostrar o efeito das radiações na vida, nos seres humanos e no meio ambiente. O principal intuito é o de suprir eventuais deficiências na formação dos professores, muito comuns nesta área.

Capítulo 1

Introdução

O trabalho se baseia nas orientações propostas contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais do MEC, cobrindo sugestões incluídas nos Temas Estruturadores [1], relacionados ao estudo dos fenômenos térmicos para a análise dos problemas relacionados aos recursos e fontes de energia no mundo contemporâneo, desde o consumo doméstico ao quadro de produção e utilização nacional, avaliando necessidades e impactos ambientais.

A motivação do trabalho é propor uma melhor compreensão da fenomenologia: calor, radiação e meio ambiente quando abordados concomitantemente a conteúdos da física.

Primeiramente no capítulo 2 foi abordado as considerações sobre o calor, o calor e o meio ambiente, e sua abordagem microscópica. No capítulo 3 as bases físicas das ondas eletromagnéticas, do espectro eletromagnético, assim como o conceito de dualidade onda-partícula, profundidade de penetração, ionização e excitação. Depois no capítulo 4 foi introduzida a radiação ultravioleta, as suas bases físicas, seu histórico de uso, sua classificação, suas fontes, espectro contínuo, espectro de linha e de banda, a radiação ultravioleta solar e os principais agentes que modificam a irradiância.

A radiação ultravioleta emitida por laser foi omitida propositadamente, devido ao uso restrito e sua complexibilidade para o ensino médio.

Capítulo 2

2.1 Considerações sobre o calor

A identificação do calor como uma forma de energia, ocorrida na segunda metade do século XIX, constituiu-se em um grande passo para o desenvolvimento da física. Esse progresso conduziu ao surgimento da **termodinâmica**, ciência que se baseia na idéia de conservação de energia e analisa a conversão de calor em trabalho, de acordo com a e.q. 1, por meio de máquinas térmicas. Esses estudos viabilizaram a revolução industrial ocorrida naquela época, cujas repercussões em nossos dias são ainda muito intensas. [2] Quando você toca uma estufa aquecida, a energia passa para sua mão porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão num pedaço de gelo, a energia sai de sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido da transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio. É importante observar que a matéria não contém calor. O calor é uma propriedade.

Muitas vezes, usamos os termos temperatura e calor como sinônimos.

Não podemos, porém, confundir os dois conceitos. Se, por exemplo, você quiser ferver um copo de água e um litro de água, terá que aquecê-la mais tempo no segundo caso. Então, a quantidade de calor fornecida nos dois casos é diferente. Se um termômetro for colocado na água, irá marcar aproximadamente 100° C nas duas experiências. Portanto, as temperaturas são iguais, mas para fazer ferver um litro de água devemos fornecer uma quantidade de calor maior do que a quantidade de calor necessária para fazer ferver a água de um copo. Porque $Q \propto m$, $Q \propto c$ e $Q \propto \Delta T$, isso se deve à fórmula $Q = m c \Delta T$, da quantidade de calor sensível.

Percebeu a diferença?

O termômetro mediu a temperatura da água, mas não sua quantidade de calor.

Quando falamos em calor, logo pensamos em alguma coisa quente. Mas um sorvete também contém calor numa forma potencial. O corpo “frio” é aquele que possui menor quantidade de calor.

$$\Delta U = Q - W \tag{1}$$

Onde: W = trabalho, ΔU = variação de energia interna, Q = quantidade de calor

No (SI) a unidade de medida das grandezas acima é joule (J).

Quando $\Delta U = 0$, $Q = W$, o calor também pode ser obtido pelo trabalho.

No dia-a-dia, usamos com frequência a palavra calor.

“Estou com calor!”

“O calor hoje está infernal!”

Também dizemos:

“O frio hoje está demais!”

“Estou morrendo de frio!”

O calor e o frio seriam mesmo elementos opostos de mesma natureza? Seriam essas duas “coisas” responsáveis por parte de nossas intempéries?

E o que são o frio e o calor? Que tal colocarmos os dois no banco dos réus? Pensamos em dispô-los frente a frente, mas... Veja por que desistimos.

Com o intuito de obter uma melhor compreensão para o aluno que está vendo o conceito de calor pela primeira vez, é relatado abaixo um texto muito interessante.

UM “INTERROGATÓRIO” COM O CALOR

O elemento calor atendeu imediatamente à intimação. Já o outro preferiu esquivar-se. E, pasmem, um depoimento decisivo nos surpreendeu! Veja a íntegra do interrogatório com o calor:

- **Qual o seu nome?**

- Calor.

- **Então é você que provoca as secas, algumas queimadas e outros tantos acontecimentos?**

- É... mas também sou responsável pelas chuvas..

- **Como? Quer dizer que é você culpado pelas cheias, pelas enchentes?**

- Sim. No fundo, sou.

- **Tentamos marcar um encontro entre você e o frio, mas, como pode ver, ele não apareceu.**

- Eu sabia que ele não viria..

- **Como você sabia? Ele o avisou?**

- Não, não... Ele não existe! Nunca existiu! Na verdade, sou o responsável pelas geadas, pelas tempestades de neve etc.

- O quê? Como você pode esquentar e esfriar?

- Não se espante. Posso explicar como tudo acontece. Mas talvez fosse melhor começar por um caso em particular. O senhor já deve ter se esquentado, pela manhã, com a chegada dos primeiros raios solares, não é?

- Sim, claro. Principalmente nas manhãs de verão.

- E também já deve ter pego um dia de inverno, com céu encoberto, em que sentiu os pés gelarem.

- Claro que sim. Mas por que tantas perguntas?

- Pois bem, sou o responsável por essas situações. Chego diariamente em grande quantidade na Terra, vindo do Sol. Na verdade, uma grande estrela, cuja superfície apresenta uma temperatura de 6000°C... É muito quente.

- Se você vem de um lugar em que a temperatura é de 6000 °C é razoável que você possa esquentar. Mas e sobre as geadas e a sensação de frio? Como isso é possível?

- Calma, eu chego lá. Tenha um pouco de paciência. O Sol não me envia sozinho, mas em “bandos”. Todos nós aquecemos, mas alguns fazem outras coisas além disso. Uns vêm com a função de colorir o mundo na forma de luzes: vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta. Outros não são visíveis como a luz, mas têm a capacidade de esquentar muito a pele humana, como a radiação infravermelha. E ainda há a radiação ultravioleta, que em excesso pode fazer mal aos seres vivos, pois pode modificar o código genético das células.

- Espere um momento. Quer dizer que você e a radiação solar são a mesma coisa?

- Nesse caso, sim. Mas nem sempre isso ocorre...

- Você está me deixando confuso, Afinal de contas, quem é você? Ou melhor, o que é você? Até agora não me disse como pode produzir geadas e frio...

- Desculpe se estou complicando as coisas. Vou tentar explicar melhor. Na realidade, as pessoas me associam com as mudanças de temperatura dos corpos, mesmo que isso nem sempre seja verdade. Quando uma chama aquece uma panela com água, por exemplo, dizem que estive lá. O mesmo ocorre se no lugar da chama for colocado carvão em brasa...

- Agora estou me lembrando de alguns relatos antigos, nos quais as pessoas afirmavam que, ao pôr um corpo quente em contato com um frio, havia passagem de um fluido do primeiro para o segundo. Então você é esse tal fluido!

- Essas histórias são muito antigas...

As pessoas nem se lembram mais delas.

- **Não é bem assim... Muita gente ainda se lembra disso. Acreditava-se que você se escondia no fogo e de lá seguia para toda a vizinhança, esquentando tudo ao seu redor. Havia até quem dissesse que, ao se instalar nos corpos, você aumentava o “peso” deles. Você era chamado por alguns de calórico.**

- Tudo engano, Não sou um fluido nem nada de material. É que as pessoas são curiosas e, ao tentarem compreender os fenômenos envolvendo as sensações térmicas de quente e frio, usavam informações e idéias disponíveis na época. Percebiam que, ao receber calor, uma barra de ferro dilatava um pouco e concluíam que a dilatação ocorria porque o ferro ganhara algo. Esse “algo” deveria ser um tipo de matéria e, portanto, o corpo aquecido tinha se “peso” aumentado.

- **É, e depois pararam de falar nesse tal calórico.**

- Pararam porque, entre outras coisas, ao “pesarem” alguns corpos que ganhavam calor viram que o “peso” não variava.

- **Esse resultado deve ter sido inesperado. Como os estudiosos da época reagiram a isso?**

- A natureza é cheia de surpresas. A todo o momento ela nos desafia, exigindo novas idéias. A reação de muitos foi abandonar a idéia de fluido e adotar outra. Outros insistiam na existência do calórico, porém, como um fluido sem massa.

- **Tudo bem. Já entendi como você esquentas as coisas e que não é um fluido. Mas estou ficando irritado com sua má vontade em responder minha pergunta: como consegue fazer gelo?**

- Espere um pouco. Não falei isso. Afinal, não sou uma geladeira. Disse que também sou responsável pelas coisas frias. Mas é por omissão!

- **Por ação ou por omissão, para mim dá no mesmo! Pode ir se explicando... E sem rodeios!**

- Pois bem. Vamos voltar à radiação solar. Qualquer uma das radiações, ao ser absorvida pelos objetos, aumenta a vibração de suas moléculas. É uma magnífica transformação de energia! Essa vibração que as moléculas ganham provoca o aumento de temperatura do corpo.

- **Muito interessante...**

- Ao ficarem quentes, os objetos transformam-se numa eficiente fonte de calor. E aí estou eu novamente, entrando em cena com cara nova.

- **Tudo bem, tudo bem. Só que você ainda não explicou como pode esfriar as coisas...**

- Estou chegando lá. Se o Sol não enviasse uma quantidade enorme de radiação para a Terra, de onde as moléculas da superfície terrestre ganhariam energia para vibrar? Se não vibrassem, permaneceriam frias. Quanto menos vibrarem, mais baixa será a temperatura do corpo que elas constituem. Ou seja, o corpo que não ganhar calor permanecerá gelado.

- **E os objetos que já estão quentes?**

- Pois é... Os corpos que já se encontram com temperatura elevada podem esfriar ao perder calor, isto é, ao cedê-lo para a vizinhança. Sou eu “caindo fora” da situação.

- **É um verdadeiro crime de omissão deixar essas moléculas com pouco ou sem movimento algum!**

- Não é possível contentar todos ao mesmo tempo!

- **Quer dizer que o frio não existe?**

- Isso mesmo. O que existe é o calor, uma maravilhosa sensação que o senhor não vê, mas sente na própria pele! Minha ausência deixa os corpos frios. Que tal conhecer-me ainda melhor? [4]

2.2 Calor e o meio ambiente

Em todos os processos que ocorrem na natureza, o calor está direta ou indiretamente presente, pois todos os corpos no Universo irradiam calor. Ninguém duvida da existência do calor. O difícil é saber de que é feito. Chegamos ao ponto de dizer que “o frio é a falta de calor”. Ora, como você pode notar isso não explica absolutamente nada. Na natureza ocorrem aquecimentos e transformações térmicas. Por exemplo, o Sol fornece o calor necessário para que o ar, a água e o carbono tenham um ciclo. O ciclo da água pode ser considerado sob dois aspectos: o pequeno ciclo, ou ciclo curto, e o grande ciclo, ou ciclo longo. No pequeno ciclo, a água dos oceanos, lagos, rios, geleiras e mesmo a embebida no solo sofre evaporação pela ação do calor ambiental e passa à forma de vapor, dando origem às nuvens. Nas camadas mais altas da atmosfera, o vapor d’água sofre condensação, e a água líquida volta à crosta terrestre na forma de chuva. O ciclo das chuvas foi um dos responsáveis pelo resfriamento relativamente rápido da crosta terrestre, nos primórdios de nosso Planeta. Hoje, o ciclo das chuvas contribui para tornar o clima da Terra favorável à vida. No grande ciclo, a água é absorvida pelos

seres vivos e participa do metabolismo deles, sendo posteriormente devolvida para o ambiente. As plantas absorvem a água infiltrada no solo por meio de suas raízes. Além de ser solvente e reagente de inúmeras reações químicas intracelulares, a água é uma das matérias-primas da fotossíntese: seus átomos de hidrogênio irão fazer parte da glicose fabricada, e seus átomos de oxigênio se unem para formar o O_2 (gás oxigênio) liberado para a atmosfera. Na respiração, as plantas degradam as moléculas orgânicas que elas mesmas fabricam para obter energia, liberando gás carbônico e água. As plantas estão sempre perdendo água por meio da transpiração, principalmente durante o dia, quando seus estômatos estão abertos. É por isso que o ar é úmido nas florestas e seco nos desertos e áreas desmatadas. Uma vez que absorvem água do solo e a liberam, como vapor, para atmosfera, as plantas contribuem para a manutenção de um grau de umidade do ar altamente favorável à vida. [5]

O carbono presente nos seres vivos é, originalmente, proveniente da atmosfera. Por meio da fotossíntese, os seres fotossintetizantes fixam o carbono que retiram do CO_2 atmosférico. Esses átomos de carbono passam a fazer parte das moléculas orgânicas fabricadas. Durante a respiração, uma parte das moléculas orgânicas é degradada, e o carbono que as constituía é devolvido à atmosfera, novamente na forma de CO_2 . Parte do carbono retirado do ar passa a constituir a biomassa dos seres fotossintetizantes, podendo eventualmente ser transferida aos animais herbívoros. Nos herbívoros, parte do carbono contido nas moléculas orgânicas dos alimentos é liberada durante a respiração, e o resto irá constituir sua biomassa, que poderá ser transferida para um carnívoro. Dessa forma, o carbono fixado pela fotossíntese vai passando de um nível trófico para outro, enquanto retorna gradativamente à atmosfera, em consequência da respiração dos próprios organismos e da ação dos decompositores, que atuam em todos os níveis tróficos. Algumas vezes, o retorno do carbono para a atmosfera é demorado, levando milhões de anos para ocorrer. É o caso dos compostos de carbono que não foram atacados pelos decompositores e transformaram-se, no subsolo, em carvão, turfa e petróleo. A utilização desses combustíveis fósseis pelo homem tem restituído à atmosfera, na forma de CO_2 , átomos de carbono que ficaram fora de circulação durante milhões de anos. Devido à queima de combustíveis, a concentração de gás carbônico no ar aumentou, nesses últimos 100 anos, de 0,029% para cerca de 0,04% da composição atmosférica. Embora pareça pouco, esse aumento é, em termos proporcionais, da ordem de 38%. De acordo com muitos cientistas, o aumento do teor de CO_2 atmosférico pode provocar a elevação da temperatura média global por causa da intensificação do efeito

estufa - é um processo que ocorre quando uma parte da radiação solar é refletida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera. [6]

Executando papéis extremamente importantes para a regulação da vida no planeta, o oxigênio troca átomos entre fontes orgânicas e inorgânicas, permitindo sua utilização e liberação. Esses processos consistem no chamado “ciclo do oxigênio”. Na respiração de seres aeróbicos, por exemplo, o oxigênio é utilizado na forma de O_2 , liberando CO_2 , H_2O e energia. Moléculas de água poderão ser liberadas na atmosfera através da transpiração, excreção e fezes; e também utilizadas na síntese de diversas substâncias. Aliadas ao CO_2 e energia luminosa, participam do processo fotossintético. Na fotossíntese, alguns átomos de oxigênio são incorporados na matéria orgânica vegetal, podendo ser novamente disponibilizados na atmosfera, em consequência da decomposição; e outros, liberados na forma de O_2 , permitindo sua re-utilização na respiração aeróbica. O oxigênio pode, ainda, se ligar a metais do solo, formando óxidos; além de participar da formação da camada de ozônio, atuando como filtro protetor das radiações ultravioletas longas do Sol. Neste processo, radiações ultravioletas curtas rompem algumas moléculas de CO_2 da atmosfera, liberando átomos isolados que reagem com outras moléculas, formando o gás ozônio CO_3 . A destruição da camada de ozônio é resultado, principalmente, de atividades vulcânicas e liberação de gases de aviões supersônicos e clorofluorcarbonetos (CFC's) podem desencadear consequências sérias, como a redução da atividade fotossintética, e aumento da incidência de câncer de pele, catarata e problemas relacionados à imunidade [7].

2.3 Calor- Uma abordagem microscópica

Quando dois corpos, em temperaturas diferentes, são colocados em contato, sabemos que eles tendem a adquirir a mesma temperatura (equilíbrio térmico).

Microscopicamente, podemos descrever este processo da seguinte maneira:

- a energia cinética média das moléculas do corpo mais quente é maior que a do corpo mais frio;
- estabelecendo-se o contato entre eles, haverá colisões entre essas moléculas e, como ocorre em qualquer colisão, parte da energia das moléculas mais rápidas é transferida para as moléculas mais lentas;

- esta transferência de energia continua até que as energias cinéticas médias das moléculas dos dois corpos se igualem, isto é, até que os dois corpos atinjam a mesma temperatura;
- portanto, neste processo há uma redução na energia interna do corpo de maior temperatura e um aumento na energia interna do corpo de menor temperatura. Em outras palavras, há uma passagem de energia de um corpo para outro, e esta passagem ocorreu porque havia inicialmente uma diferença de temperatura entre eles. Esta energia transferida recebe a denominação de calor. [2]

No verão, por exemplo, um lago pode armazenar energia térmica durante o dia e transferi-la ao ambiente à noite.

As fontes de calor podem ser naturais ou artificiais. As fontes naturais de calor são o Sol, o centro da Terra e o nosso corpo. A energia térmica existente no centro da Terra pode ser comprovado pelos vulcões e pelas fontes de água quente, chamadas águas termais. E as fontes artificiais de calor são a eletricidade, a combustão e o atrito. Quando ligamos um ferro elétrico, a energia elétrica se transforma em energia térmica, aquecendo o ferro. Quando esfregamos fortemente as mãos, elas ficam aquecidas pelo atrito. São também fontes artificiais de calor: a lâmpada elétrica, os fogões a gás, as máquinas a vapor, o atrito de dois pedaços de madeira ou de dois metais. [8]

O aquecimento dos corpos pode produzir:

1. Dilatação: De maneira geral, os corpos ao serem aquecidos se dilatam e, ao terem suas temperaturas reduzidas, se contraem. Alguns exemplos: Os trilhos das estradas de ferro dilatam-se ao serem aquecidos pelos raios solares. Por isso, ao se colocar os trilhos, deixa-se um espaço entre um e outro, para que eles possam dilatar-se livremente, sem causar acidentes. Outro exemplo são os fios elétricos, os fios de telefone e os que servem para a iluminação e o tráfego dilatam-se no verão, por isso apresentam-se frouxos entre os postes. Existem três tipos de dilatação: Dilatação linear = é o aumento de um comprimento, dilatação superficial = é o aumento da área de uma superfície e dilatação volumétrica = é o aumento do volume de um corpo. Suas equações são respectivamente:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta \Theta \quad (2)$$

$$\Delta S = S_0 \beta \Delta \Theta \quad (3)$$

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \Theta \quad (4)$$

Onde: ΔL = variação de comprimento no (SI) em metro(m), α = coeficiente de dilatação linear no (SI) em $^{\circ}\text{C}^{-1}$, ΔS = variação superficial no (SI) em m^2 , β = coeficiente de dilatação superficial no (SI) em $^{\circ}\text{C}^{-1}$, γ = coeficiente de dilatação real no (SI) em $^{\circ}\text{C}^{-1}$, ΔV = variação volumétrica no (SI) em m^3 .

2. Mudança de estado: os objetos se encontram em um dos estados: sólido, líquido gasoso. A cera sólida colocada ao fogo passa ao estado líquido. A água líquida, pelo calor, evapora, passando ao estado gasoso. A clara de ovo, viscosa, ao fogo, passa ao estado sólido. Portanto, o calor pode mudar o estado das coisas. Esse calor trocado pelo sistema durante a mudança de estado e com temperatura constante, recebe o nome **calor latente**. E é representado pela equação:

$$Q = m L \quad (5)$$

Onde: Q = quantidade de calor no (SI) em J, contudo, por razões históricas as unidades mais utilizadas na calorimetria é a caloria (cal), onde $1\text{cal} = 4,186\text{ J}$, m = massa em g e L = calor latente cal/g.

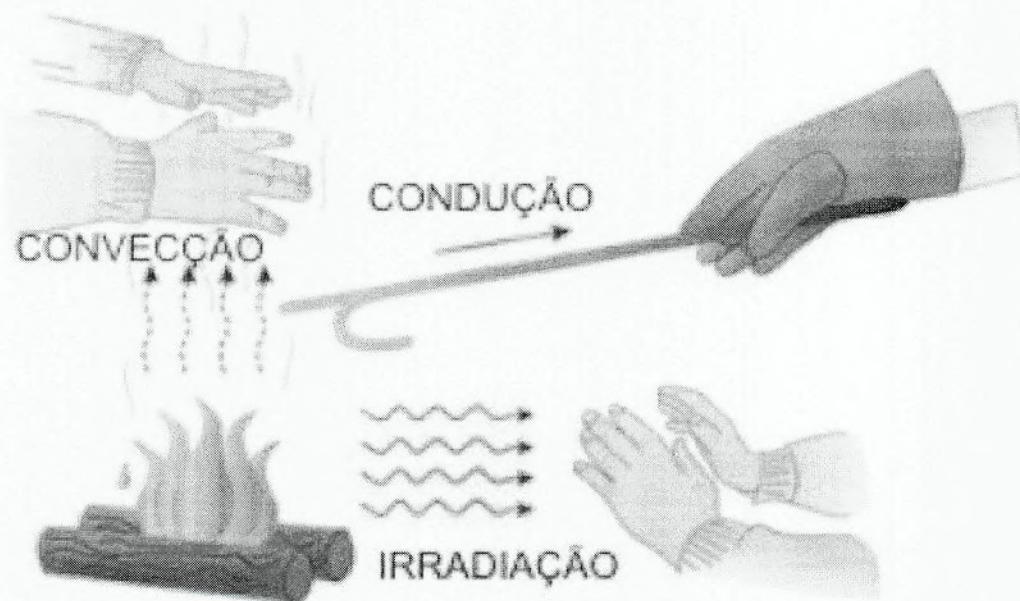
3. Variação da temperatura: O calor contribui para a variação de temperatura dos corpos. Esse calor, que ao ser trocado por um sistema, produz variação de temperatura costuma ser chamado **calor sensível**, pois seu efeito pode ser medido com um termômetro. A expressão:

$$Q = mc\Delta\Theta \quad (6)$$

Onde: Q = quantidade de calor sensível em cal, c = calor específico no em cal/g $^{\circ}\text{C}$ e $\Delta\Theta$ = variação de temperatura $^{\circ}\text{C}$.

Pode ser usada para se calcular tanto o calor absorvido quando o corpo é aquecido quanto o calor liberado quando ele se resfria. [9] Esse é o efeito mais presente no mundo que nos cerca, é o que vai ser visto a seguir.

Os tipos de propagação de calor são mostrados de acordo com a fig.1:



Crédito da imagem

<http://passingneboosh.com/fire/2008/01/10/1-element-2-principles-of-fire-and.html>

Fig.1 Tipos de propagação de calor [17]

- **Condução:** quando o calor se transfere através de um corpo por condução, essa energia se propaga em virtude da agitação atômica no material, sem que haja transporte de matéria no processo. No Universo existem bons e maus condutores de calor. Os bons condutores de calor são materiais que transmitem o calor com facilidade. Exemplo: os metais (cobre alumínio, ferro, prata, zinco etc.). Já os maus condutores de calor ou isolantes são materiais que transmitem o calor com dificuldade. Exemplos: madeira, isopor, cortiça, plástico, vidro, borracha etc.

De acordo com a lei de Fourier da condução térmica que rege a condução térmica em um regime estacionário, o fluxo de calor ϕ através da barra é diretamente proporcional à área da seção transversal S da barra e à diferença de temperatura $(\Theta_2 - \Theta_1)$ entre as suas extremidades, é inversamente proporcional ao comprimento L da barra. Analiticamente, a lei de Fourier da condução térmica pode ser expressa por:

$$\phi = \Delta Q / \Delta t = K(S(\Theta_2 - \Theta_1)) / L \quad (7)$$

Onde, ϕ = fluxo de calor no (SI) em joule por segundo (J/s) que recebe o nome de watt (W), ΔQ = quantidade de calor transmitida através da área S no (SI) em J, Δt = intervalo de tempo no (SI) em s.

- Convecção: a transferência de calor nos líquidos é feita, sobretudo por meio de correntes de convecção, que se formam em virtude da diferença entre as densidades das partes mais quentes e mais frias do líquido.

O fluxo de calor transmitido por convecção entre uma superfície sólida e um fluido pode ser avaliado quantitativamente pela expressão:

$$\Phi = h \cdot A \cdot \Delta\Theta \quad (8)$$

h = coeficiente de transmissão convectiva de calor no (SI) em $J/s.m^2.^\circ C$, A = área da superfície sólida em no (SI) m^2 , $\Delta\Theta$ = diferença de temperatura entre a superfície e o fluido no (SI) em $^\circ C$.

- Radiação: a transferência de calor por radiação é feita por meio de ondas eletromagnéticas (raios infravermelhos), que podem se propagar mesmo na ausência de um meio material (vácuo).

A avaliação do fluxo de energia radiante refletida, absorvida e transmitida em um corpo é feita através das grandezas adimensionais refletidas(r) ou poder refletor, absorvidade (a) ou poder absorvedor e transmissividade(t) ou poder transmissor, definidas por:

$$\text{Refletividade: } r = \Phi_r / \Phi_i \quad (9)$$

$$\text{Absorvidade: } a = \Phi_a / \Phi_i \quad (10)$$

$$\text{Transmissividade: } t = \Phi_t / \Phi_i \quad (11)$$

Onde: r = refletividade, a = absorvidade, t = transmissividade. São grandezas adimensionais. [2]

Capítulo 3

3.1 Ondas Eletromagnéticas

A primeira previsão da existência de ondas eletromagnéticas foi feita, em 1864, pelo físico escocês, James Clerk Maxwell. Ele conseguiu provar teoricamente que uma perturbação eletromagnética devia se propagar no vácuo com uma velocidade igual à da luz.

E a primeira verificação experimental foi feita por Henrich Hertz, em 1887. Hertz produziu ondas eletromagnéticas por meio de circuitos oscilantes e, depois, detectou-se por meio de outros circuitos sintonizados na mesma frequência. Seu trabalho foi homenageado posteriormente colocando-se o nome "Hertz" para unidade de frequência. A fig.2 demonstra seu experimento.

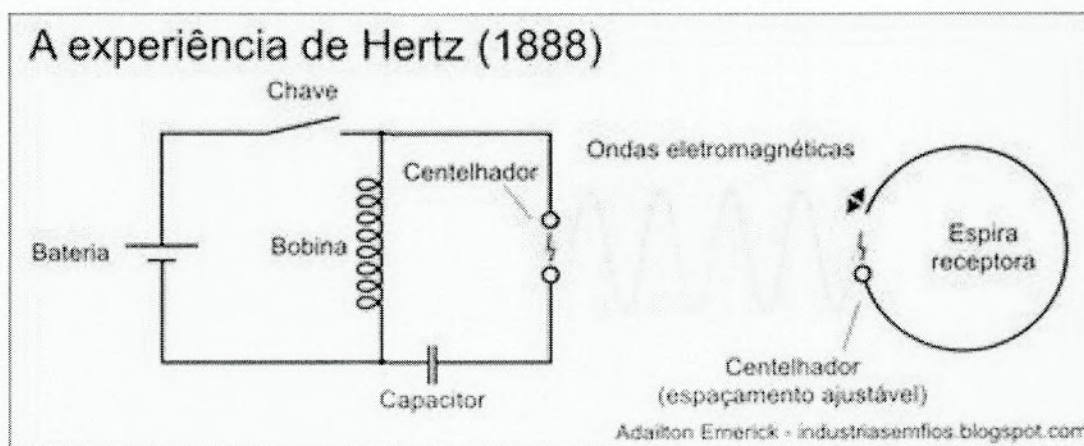


Fig.2 Experimento de Hertz [18]

A velocidade de propagação de uma onda eletromagnética depende do meio em que ela se propaga. As ondas eletromagnéticas não exigem um meio material para a sua propagação. Isso quer dizer que elas podem se propagar tanto na matéria quanto no vácuo.

Maxwell mostrou que a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética, no vácuo, é dada pela expressão:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \quad (12)$$

Onde ϵ_0 é a permissividade elétrica do vácuo e μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo.

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m.}$$

O valor para a velocidade da onda eletromagnética:

$$c \cong 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ou

$$c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$$

que é igual a velocidade da luz. Nisso Maxwell se baseou para afirmar que a luz também é uma onda eletromagnética. [10]

As ondas eletromagnéticas são produzidas por cargas elétricas em movimentos oscilatórios. São movimentos de vaivém muito rápidos que ocorrem nas antenas transmissoras de rádio, televisão, radar.

Entre as ondas eletromagnéticas incluem-se as ondas de rádio, luminosas, infravermelhas, ultravioleta, de raios X, de raios gama, de raios cósmicos e microondas. Entre todas elas, a única visível a olho humano é a luz. Dentre essas ondas iremos tratar especificamente da radiação infravermelha e a ultravioleta que chegam à Terra através da energia emanada pelo Sol. Os raios infravermelhos e os ultravioletas, quando em excesso, prejudicam a nossa saúde.

3.2 Espectro Eletromagnético

A palavra espectro (do latim "spectrum", que significa fantasma ou aparição) foi usada por Isaac Newton, no século XVII, para descrever a faixa de cores que apareceu quando numa experiência a luz do Sol atravessou um prisma de vidro em sua trajetória. A radiação infravermelha foi a primeira a ser descoberta, em 1880, depois da luz. A seguir foram descobertas a radiação ultravioleta, em 1881, as ondas de rádio, em 1888, a radiação X, em 1895, a radiação gama, em 1900, e as microondas, em 1932. Atualmente chama-se espectro eletromagnético à faixa de frequências e respectivos comprimentos de ondas que caracterizam os diversos tipos de ondas eletromagnéticas. Frequências altas são curtas, e frequências baixas são longas. [11]

As ondas eletromagnéticas no vácuo têm a mesma velocidade, modificando a frequência de acordo com espécie e, conseqüentemente, o comprimento de onda.

A fig.3 mostra o espectro eletromagnético, que é representado pelo conjunto de todas estas radiações, desde os raios gama até as ondas de rádio, que nada mais é do que a ordenação destas

radiações em função do comprimento de onda e da frequência. E a fig.4 demonstra o espectro visível ao Homem.

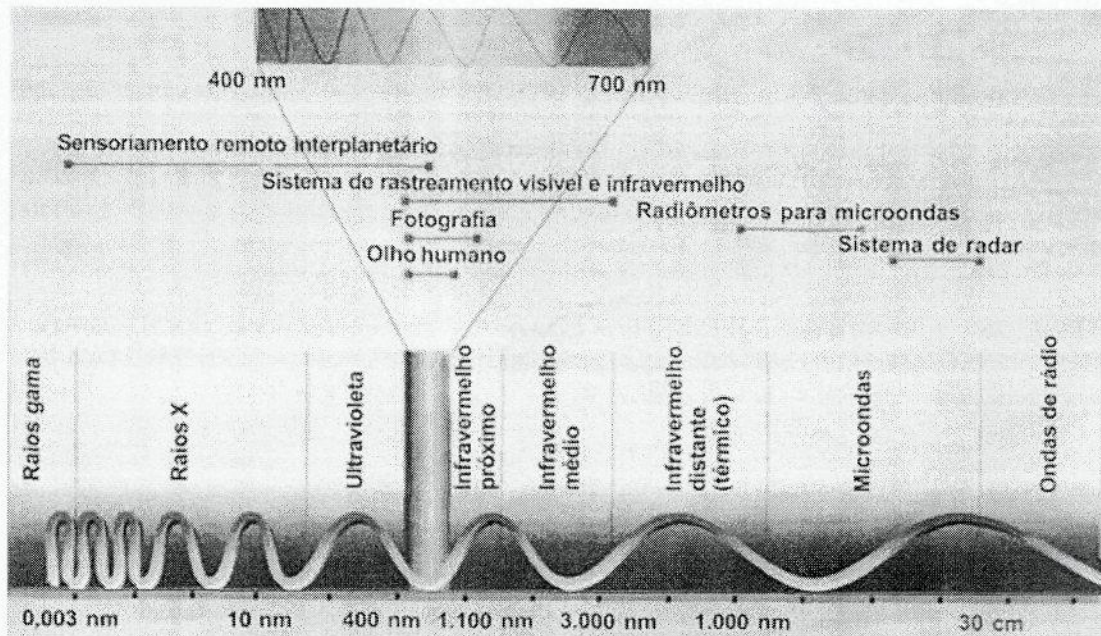


Fig 3 Espectro eletromagnético [14]

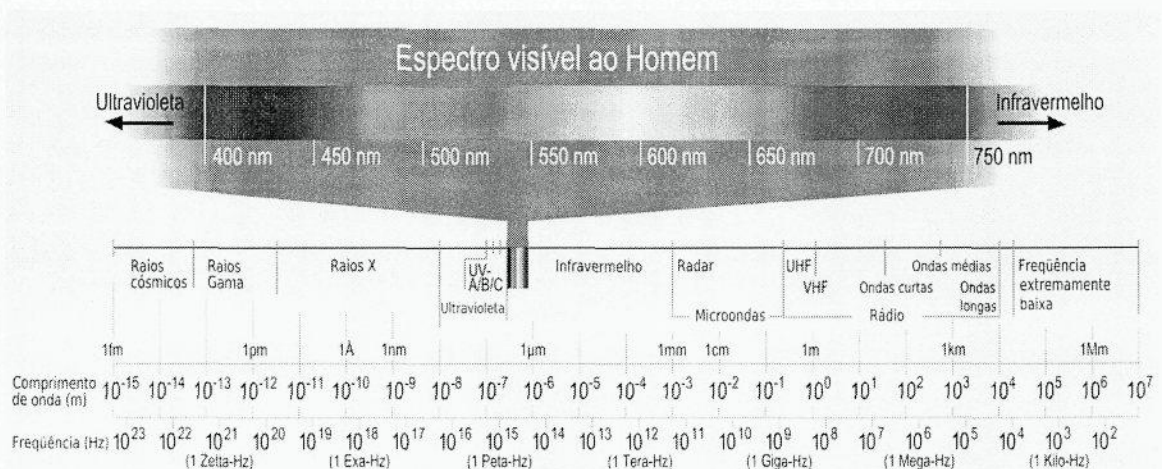


Fig4 Espectro visível ao Homem [15]

Fisicamente, não há intervalos no espectro. Podemos ter ondas de qualquer frequência que são idênticas na sua natureza, diferenciando no modo como podemos captá-las. Observe que algumas frequências de TV podem coincidir com a frequência de FM. Isso

permite algumas vezes captar uma rádio FM na televisão ou captar um canal de TV em um aparelho de rádio FM.

3.3 Dualidade Onda – Partícula

Toda radiação eletromagnética pode ser descrita como tendo simultaneamente um caráter ondulatório e um caráter de partícula, sendo que a partícula que é um quantum ou pacote de energia foi chamada de fóton. A prevalência de um caráter sobre o outro depende do fenômeno a ser observado ou do equipamento usado na detecção. Alguns experimentos só podem ser explicados se considerarmos a radiação eletromagnética como onda, enquanto outros só como fótons.

A luz apresenta fenômenos de interferência, difração e polarização, que são característicos de ondas, mas também apresenta o efeito fotoelétrico, típico de partículas, em que um fóton libera um elétron de um metal. Assim dizemos que ela tem um caráter dual, e ambas as teorias se complementam. A luz visível e a radiação ultravioleta podem ser descritas tanto como ondas ou como fótons, enquanto que os raios X e gama são mais bem descritos como fótons, pois o comprimento de onda que caracteriza suas ondas eletromagnéticas é muito pequeno, onde $x(\text{espessura}) = 10^{-12}$ m. Em 1905, Albert Einstein ampliou os trabalhos iniciados por Max Planck, em 1901, sobre a quantização das ondas eletromagnéticas. Ele assumiu que toda onda eletromagnética com frequência f era constituída por fótons, sendo que cada fóton tinha uma energia $E_{\text{fóton}}$ dada por

$$E_{\text{fóton}} = hf \quad (13)$$

Em que h é a constante de Planck e vale:

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s} = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV.s.}$$

Como numa onda eletromagnética $f\lambda = c$, a equação pode também ser escrita como

$$E_{\text{fóton}} = hc/\lambda \quad (14)$$

Assim, conhecendo-se a frequência ou o comprimento de onda de uma onda eletromagnética podemos calcular a energia do fóton. Como a energia do fóton é diretamente proporcional à frequência da onda eletromagnética, quanto maior a frequência, maior a energia do fóton. [11]

3.4 Profundidade de Penetração de uma Onda Eletromagnética

Ao encontrar uma interface de separação entre dois meios, qualquer onda terá parte dela refletida de volta ao primeiro meio e outra parte transmitida para o segundo. O quanto é refletido e transmitido depende das características da interface e da energia da onda eletromagnética.

Há um conceito intuitivo muito comum e errado de que, quanto maior for a energia de um onda eletromagnética, maior será sua profundidade de penetração em um dado meio. A profundidade de penetração depende basicamente do tipo de interação que ocorre. Portanto, ela depende fortemente do meio e da energia da onda eletromagnética. Quanto maior for o número de interações, menor será a profundidade de penetração – neste caso, haverá maior deposição de energia na superfície do corpo. A luz, por exemplo, é pouco absorvida pelo vidro que é praticamente transparente à luz, mas já a radiação ultravioleta, que é mais energética, é bastante absorvida pelo vidro. Nosso corpo absorve radiação eletromagnética de todo o espectro, mas em forma e grau distintos, dependendo da faixa. As diferentes células do corpo respondem de forma diversa à radiação eletromagnética de cada faixa do espectro.

A profundidade de penetração da luz visível na pele é menor que a da radiação infravermelha. No olho, ela atravessa as diversas camadas e atinge a retina, onde ocorre a transdução do sinal luminoso em sinal elétrico, que em seguida é transmitido ao cérebro.

No caso da radiação ultravioleta, a profundidade de penetração na pele ou no olho é ainda menor que a da luz visível. Ela é totalmente absorvida antes de atingir a retina, motivo pelo qual não a vemos.

A seguir, em ordem crescente de energia, vêm os raios X e gama. A profundidade de penetração que vinha diminuindo com o aumento de energia da onda eletromagnética muda agora drasticamente, chegando alguns de seus fótons a atravessar nosso corpo. Poucos são os fótons que atravessam nosso corpo, mas aqueles que o fazem são detectados em filmes de raios X e são usados na formação de imagem para fins diagnósticos, já que o nível de absorção difere de tecido para tecido. [2]

3.5 Ionização e Excitação

Quando a radiação eletromagnética interage com a matéria que pode ser o nosso corpo ela pode arrancar elétrons de átomos que a constituem, transformando-os em íons, se tiver energia suficiente para tal. Nesses casos ela é classificada como ionizante. Quando a energia da radiação não for suficiente para produzir íons, é considerada não-ionizante. Um outro tipo de interação que ocorre é a excitação, em que um elétron não é arrancado do átomo, mas é excitado, passando de seu nível fundamental para níveis mais energéticos, denominados níveis excitados. Este elétron volta ao estado fundamental em um intervalo de tempo da ordem de 10^{-8} s, emitindo um fóton de luz.

A Comissão Internacional de Unidades e Medidas das Radiações, em sua publicação de 1998 (ICRU-60), sugere que a escolha do limiar de energia abaixo do qual a radiação não é mais ionizante depende da aplicação, e que, em Radiobiologia, o valor de 10 eV pode ser apropriado. Assim, do espectro eletromagnético, apenas os raios X e gama são considerados ionizantes. A radiação ultravioleta, cuja faixa de comprimento de onda vai de 100 a 400 nm, está no limite entre radiação ionizante e não-ionizante e, no contexto usual de Radiobiologia, é considerada não-ionizante, por ter capacidade de penetração na matéria menor que a da luz visível. Além disso, um fóton da radiação UV com energia de 10 eV corresponde a uma onda eletromagnética com comprimento de onda de 124 nm, que é rapidamente absorvida no ar. Esse tipo de radiação pode ser produzido artificialmente em alguns processos de soldagem ou emitida por algumas lâmpadas específicas. Por outro lado, a radiação ultravioleta proveniente do Sol é totalmente absorvida pelo ozônio antes de atingir a superfície terrestre. [11]

Portanto, o tipo de interação da radiação ultravioleta com os átomos do nosso corpo é predominantemente a excitação. É o início de um dano biológico que ainda pode ser corrigido, uma vez que nosso organismo tem inúmeros mecanismos de reparo, mas, se isso não ocorrer, pode resultar no surgimento de um câncer.

Agora serão apresentadas as classificações das radiações ultravioletas (RUV). Será detalhado alguns aspectos da nossa principal fonte emissora natural de RUV, que é o Sol, com agentes modificadores de seu nível e especificado algumas fontes artificiais.

Capítulo 4

4.1 Radiação Ultravioleta

"O que existe entre o céu e a terra que pode afetar tanto a nossa vida? Que relação há entre a nossa pele, a nossa saúde e os raios que vêm do alto, durante o dia? Por que, a cada árvore que cai, um pouco do nosso ar puro nos é furtado? É preciso estabelecer ligações de tudo com tudo, como se nossa vida fosse e realmente é uma imensa trama, uma imensa teia, onde a harmonia de um minúsculo inseto em frente à nossa casa, quebrada pela poluição ou pelo desmatamento, ou o esguichar de um simples aerossol na rua defronte, isso tudo pode ter efeitos acima daquilo que conseguimos supor, em países tão distantes que talvez nunca venhamos a visitar. Viajando no tempo e chegando até os dias de hoje, as lições dessa teia e os cuidados que devemos tomar para assegurarmos bem-estar e saúde" [12].

A radiação ultravioleta, conhecida como UV, faz parte da luz solar que atinge o nosso planeta e é essencial para a preservação do calor e a existência da vida. No entanto, em função dos buracos na camada de ozônio, provocados pela nossa civilização, estamos expostos a esta radiação sem qualquer proteção. Sem a camada de ozônio, os raios UV podem causar queimaduras, fotoalergias, envelhecimento cutâneo e até o câncer de pele. Pesquisas mostram que há forte correlação entre câncer de pele e exposição à radiação ultravioleta solar principalmente se ela ocorrer desde a infância. Apesar de informações a respeito serem veiculadas toda vez que um novo verão se inicia, cada dia há mais pessoas se expondo exageradamente ao Sol sem proteção adequada, ou mesmo em câmaras artificiais de bronzeamento, uma vez que a pele bronzeada é considerada padrão de beleza e de saúde em muitos país

A radiação Ultravioleta (UV) ao atingir nossa pele penetra profundamente e desencadeia reações imediatas, como as queimaduras solares, as fotoalergias (alergias desencadeadas pela luz solar) e o bronzeamento. "Provoca também reações tardias, devido ao efeito acumulativo da radiação durante a vida, causando o envelhecimento cutâneo e as alterações celulares que, através de mutações genéticas, predis põem ao câncer da pele", alerta o médico [12].

A incidência de câncer de pele é a maior dentre os tipos de câncer, e continua aumentando a cada ano, não só no Brasil, mas no mundo todo. Vários organismos internacionais, como a Organização Mundial da Saúde, estão extremamente

preocupados com essa questão. Diversas pesquisas epidemiológicas e também pesquisas feitas com animais em laboratórios demonstram haver uma forte correlação entre radiação ultravioleta e câncer de pele. Já se conhece o tipo de dano no DNA que resulta da exposição da pele à radiação ultravioleta. É um dano característico que é considerado como uma “assinatura” da radiação ultravioleta. É por causa desses danos, entre outros, que as organizações internacionais atuando em diferentes áreas como Dermatologia, Proteção Radiológica, Saúde Pública, Meteorologia e pesquisas espaciais vêm investindo de todas as formas em alertar a população para não se expor ao Sol cerca de duas horas antes e duas horas depois do meio-dia. Se o Sol é, por um lado, a principal fonte de energia para todos os seres vivos do nosso planeta, é também a principal fonte de radiação ultravioleta.

Para entender um pouco melhor este processo de radiação, vamos começar do início: o que são os raios ultravioletas?

4.2 Bases Físicas da Radiação UV

Para isso será feito um breve relato da evolução histórica do uso da radiação ultravioleta (RUV). Foram abordadas as bases da Física relacionadas com as ondas eletromagnéticas e o espectro eletromagnético com as diferentes faixas, a fim de mostrar a inserção da RUV nesse espectro. A questão da dualidade de onda-partícula foi tratada brevemente para introduzir uma forma de caracterizar ondas eletromagnéticas através de seu comprimento de onda ou da frequência ou ainda da energia dos fótons. A profundidade de penetração foi discutida em relação a todo o espectro eletromagnético com o intuito de mostrar que ela não é uma função monotonicamente crescente ou decrescente da energia da onda eletromagnética. Por fim foi apresentada a separação do espectro eletromagnético em radiação ionizante e não-ionizante, enfatizando que um tipo importante de interação da RUV com a matéria é a excitação de seus átomos. [11]

4.3 Histórico do uso de RUV

O médico dinamarquês Niels Ryberg Finsen (1860-1904) foi o primeiro a usar, na fototerapia, a radiação ultravioleta, que ele chamou de raios químicos. Usou-a principalmente no tratamento de lupus vulgaris, que é uma forma de tuberculose de pele. Ganhou o prêmio Nobel de Medicina em 1903 pela sua contribuição no tratamento de doenças, principalmente o lupus vulgaris. Os primeiros cientistas a relatarem que a luz solar tinha a capacidade de destruir bactérias maléficas aos seres humanos foram Downes & Blunt em 1877. Eles não sabiam se esse efeito era causado pelo calor da radiação solar ou por alguma outra característica. Só mais tarde Duclaux, em 1885, e Ward, em 1892, demonstraram que a radiação ultravioleta era responsável pela ação bactericida.[11]

Dois dos colaboradores de Finsen, V. Bie e S. Bang estabeleceram em 1900 que ondas eletromagnéticas com comprimento de onda menor do que 300 nm, em especial as de 250 nm, eram as mais eficientes para matar bactérias. A correlação entre exposição à radiação ultravioleta e o câncer de pele foi estudada durante a década de 1940 pelo fisiologista H. F. Blum, que publicou, em 1959, o livro intitulado “Carcinogenesis by ultraviolet light”. O Conselho de Medicina Física da Associação Médica Americana recomendou em 1946 o limite de $0,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para exposição diária de 7 h em instalações médicas onde se usam lâmpadas germicidas. [11] Em 1974, M. L. Kripke mostrou que tumores transplantados em ratos se desenvolviam se fossem pré-irradiados com radiação ultravioleta, que causa uma debilitação no sistema imune.

Em 1976 foi realizado o 7º Congresso Internacional de Fotobiologia em Roma. O tema nesse evento foi de que, como a exposição à luz do Sol é danosa à saúde, ela deve ser evitada, mesmo que moderada. Foi feita a sugestão de que deveria ser adotada a prática de usar protetores solares todas as manhãs, da mesma forma que escovamos nossos dentes diariamente. As recomendações sobre o limiar de valores limites de exposição ocupacional à radiação UV foram inicialmente publicadas pela ACGIH (Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais) em 1976. [11]

A norma para regulamentação do uso de lâmpadas de bronzeamento solar do FDA (Food and Drug Administration) foi inicialmente elaborada em 1979 – 1980, tendo em vista a possível correlação entre melanomas e exposição à RUV.

Em 1994, a WHO (Organização Mundial da Saúde) junto com a UNEP (Proteção ao Meio Ambiente das Nações Unidas) e com a ICNIRP (Comissão Internacional de

Proteção à Radiação Não- Ionizante) formaram um grupo de trabalho para rever os efeitos biológicos da radiação ultravioleta. Essa comissão elaborou um documento conhecido como Environmental Health Criteria Document Number 160.

4.4 Classificação da Radiação Ultravioleta

Na tabela 1 mostramos a classificação da radiação UV em UVA, UVB e UVC nos intervalos listados abaixo foi feita por dermatologistas e introduzida na década de 1930 pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), sendo adotada formalmente em 1970. Entretanto, ainda hoje há cientistas que separam a UVA e UVB usando, como limiar, o comprimento de onda de 320 nm.

Denominação	Intervalo de λ (nm)	Denominação popular
UVA	400 – 315	Luz negra
UVB	315 – 280	Luz eritematogênica
UVC	280 - 100	Radiação germicida

Tab. 1 Classificação da radiação ultravioleta[11]

A radiação ultravioleta cujo comprimento de onda λ se situa entre 100 nm e 200 nm é também chamada *UV vácuo*, porque se propaga bem no vácuo, mas é quase totalmente absorvida em poucos centímetros de ar.

A RUVA é também chamada *luz negra*, que é usada em casas noturnas ou em espetáculos porque produz um efeito fluorescente interessante. Muitos objetos expostos a ela brilham, que é o caso de roupas brancas e dentes naturais, por exemplo. Os dermatologistas ainda subdividem a RUVA em UVA-I(340-400 nm) e UVA-II (315-340 nm). Essa divisão decorreu da observação de que a UVA-II é semelhante a UVB por sua capacidade eritematogênica, ou seja, o potencial de causar uma queimadura de pele, bem como o de alterar o sistema imune e o de causar câncer. A UVA-I apresenta maior profundidade de penetração que a UVA-II, chegando a atingir não só a epiderme e a derme média, mas até mesmo estruturas vasculares.

A RUVB é também conhecida como luz eritematogênica, por causar eritema, que é a queimadura de pele desencadeada pela RUV. E a faixa mais energética, a de RUVC, recebe o nome de radiação germicida, por ser capaz de destruir germes.

4.5 Fontes de Radiação Ultravioleta

No dia-a-dia estamos expostos à radiação ultravioleta proveniente de nossa principal fonte natural - o Sol, bem como de fontes artificiais – as lâmpadas. Há fontes que emitem RUV em forma de espectro contínuo, enquanto outras emitem um espectro de linhas ou de bandas. A fig. 5 mostra respectivamente o espectro contínuo, espectro de linha de emissão e espectro de linha de absorção.

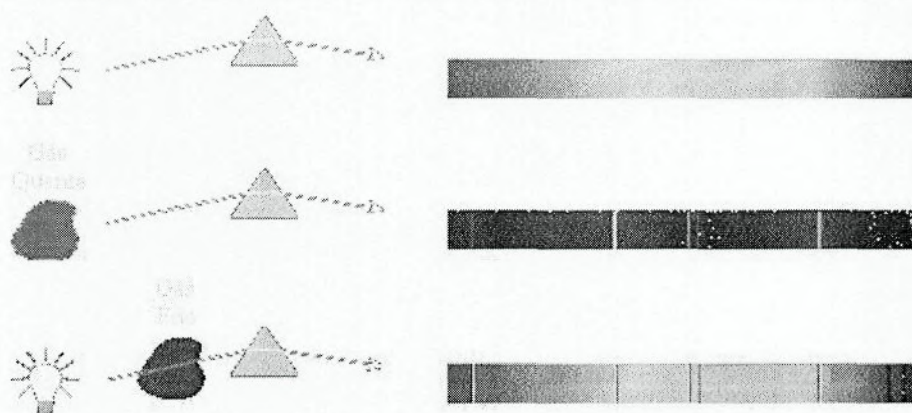


Fig 5 Tipos de espectro[16]

Chamamos de *espectro* um gráfico em que o eixo das abscissas é o do comprimento de onda ou da frequência da radiação eletromagnética e o eixo das ordenadas é a intensidade ou a irradiância dessa onda. Os espectros são observados e medidos após a passagem da radiação por um prisma ou por uma rede de difração que a separa em pequenas faixas de frequência. As belas cores do arco-íris da luz solar são vistas depois que ela atravessa um prisma.

4.6 Espectro Contínuo

O espectro contínuo é emitido por corpos cuja temperatura é maior que 0 K. Quando a temperatura do corpo é baixa, a radiação emitida está na faixa do infravermelho e, mesmo que não a vejamos temos uma sensação de leve calor na proximidade desse corpo. À medida que a temperatura do corpo é aumentada, a radiação emitida passa do vermelho para uma cor alaranjada até ficar azulada e esbranquiçada, devido a uma contribuição cada vez maior da luz visível e da RUV. Essas colorações podem ser facilmente percebidas em carvão aceso, por exemplo.

Nosso corpo emite radiação infravermelha e ela pode ser usada para fins diagnósticos, pois nas proximidades de um tumor a temperatura é mais alta e sua emissão pode ser distinguida daquela de um corpo normal.

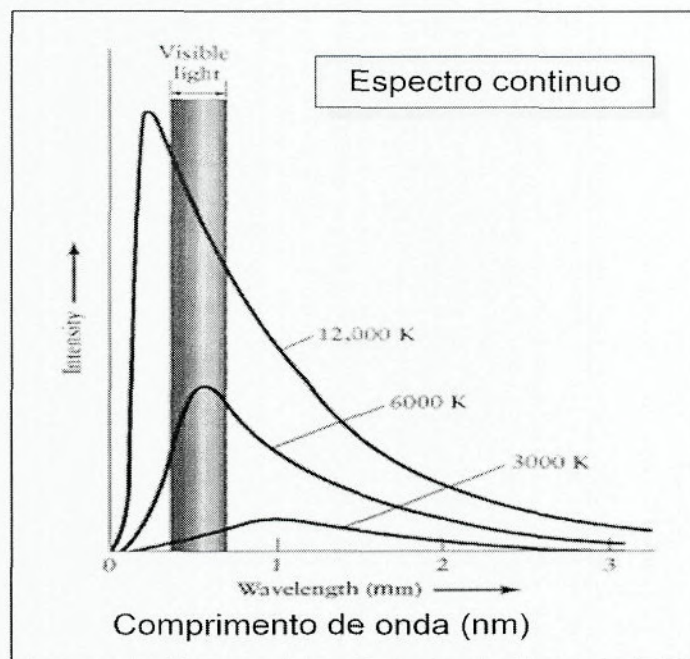


Fig 6 Espectros emitidos por corpos aquecidos[11]

A fig. 6 representa os espectros emitidos por corpos aquecidos às temperaturas de 3000 K a 6000 K. Nela pode-se ver que, quanto maior a temperatura do corpo, mais radiação UV é emitida. A temperatura da superfície do Sol é da ordem de 6000 K, enquanto a do filamento de tungstênio de uma lâmpada de 100 W, comum em residências, emite pouquíssima RUV: ela é tipicamente da ordem de 0,1% da potência total irradiada.

O espectro contínuo emitido por corpos aquecidos depende basicamente da temperatura dos corpos, mas não depende do material que constitui o corpo.

4.7 Espectro de Linha e de Banda

O espectro de linha também chamado espectro de raia, diferentemente do espectro contínuo, é um espectro discreto formado por fótons emitidos por elétrons quando estes decaem de um nível excitado para outro de menor energia ou para o nível fundamental. A energia com que o fóton é emitido é dada exatamente pela diferença entre as energias do elétron nos dois níveis. Quando o elétron que efetua a transição de um nível a outro for o de valência, os fótons emitidos estão na faixa do visível, UV, IV. Como cada

átomo tem níveis de energia característicos, o espectro de linha de um dado átomo é uma assinatura daquele átomo.

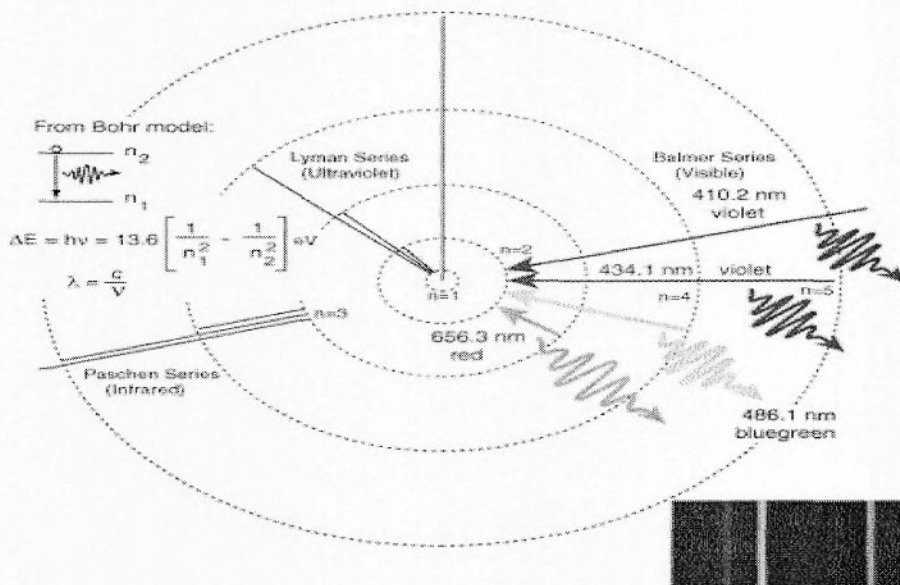


Fig 7 Órbitas do átomo de hidrogênio[10]

A figura 7 mostra as órbitas do átomo de hidrogênio, segundo o modelo de Bohr, e a emissão de um fóton de cor vermelha que formará a raia H_α quando o elétron efetua a transição do nível excitado de energia com número quântico principal $n=3$ para $n=2$. A figura também mostra a emissão de um fóton de cor azulada, que formará a linha H_β quando o elétron decai do nível com $n=4$ para $n=2$.

A figura 8 mostra o espectro de linha do átomo de hidrogênio, formadas por fótons emitidos quando o elétron efetua a transição do nível de energia com número quântico principal $n=3,4,5$ e 6 para o nível final com $n=2$, respectivamente. Esse espectro foi chamado série de Balmer, por ter sido ele a desenvolver uma fórmula empírica, em 1885, para calcular os comprimentos de onda dessas raias espectrais.

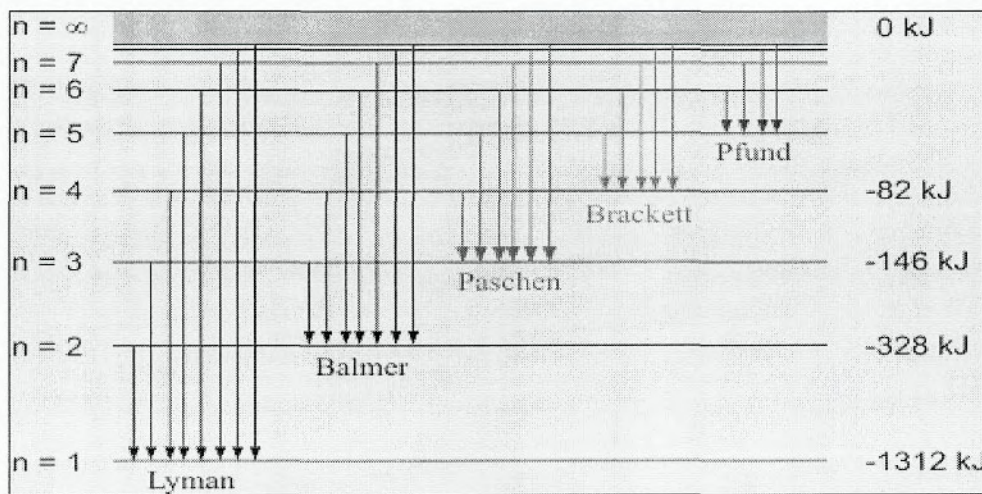
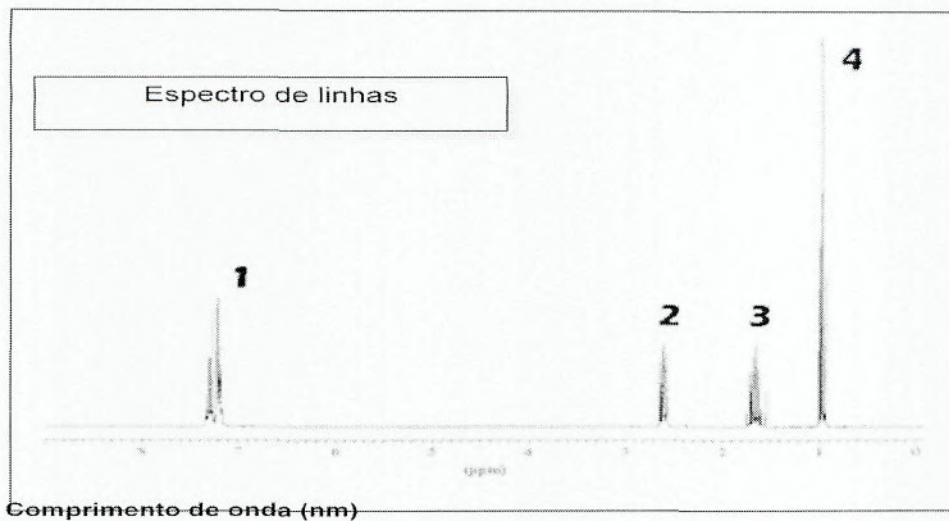


Fig 8a e 8b Espectro de linhas do átomo de hidrogênio [11]

Para se obter experimentalmente o espectro do átomo de hidrogênio, colocam-se átomos de hidrogênio dentro de um tubo de vidro selado, como uma lâmpada. A diferença entre o espectro de linhas e o de bandas está na separação entre as linhas espectrais. No primeiro caso a separação é grande e no segundo muito pequena, dando às vezes a impressão de ser um espectro contínuo, em certas faixas.

4.8 Radiação UV Solar

A principal fonte natural de radiação ultravioleta à qual estamos expostos é o Sol. O Sol é um corpo incandescente cuja temperatura na superfície é da ordem de 6000 K e emite um espectro de radiação contínuo. Algumas pessoas são expostas à radiação solar durante longas horas do dia devido às suas ocupações, como os lavradores, jardineiros,

pescadores, marinheiros etc. Outras o fazem por lazer ou mesmo com a finalidade única de se bronzear. Assim, torna-se importante conhecermos a irradiância solar em função das horas do dia, da estação do ano, da latitude, da altitude, da presença de nuvens, da espessura da camada de ozônio etc.

A tabela 2 mostra a distribuição espectral da irradiância solar acima da atmosfera terrestre. E mostra a radiação solar média, separada em comprimento de onda na faixa do visível, UVA, UVB e UVC e infravermelho que atinge o topo da atmosfera e ao nível do mar, após atenuação pela atmosfera.

Faixa de comprimento de onda (nm)	Irradiância (W/m ²)	% do total
UVC (<280)	6,4	0,5
UVB (280-315)	21,1	1,5
UVA (315-400)	85,7	6,3
Visível (400-700)	532,0	38,9
Infravermelho (>700)	722,0	52,8

Tab. 2 Distribuição espectral da irradiância [11]

A radiação solar que atinge a superfície terrestre é atenuada pela atmosfera e consiste basicamente de uma componente direta e de outra componente, difusa ou espalhada. O espalhamento da radiação pode ocorrer pelos processos Rayleigh e Mie. No primeiro caso, algumas moléculas da atmosfera – como o oxigênio e o nitrogênio, que possuem dimensões menores que o comprimento de onda λ da radiação – espalham a radiação solar e a energia espalhada é inversamente proporcional a λ^4 , isto é, o espalhamento é mais pronunciado para RUVB do que para RUVA.

O espalhamento do tipo Mie é causado por partículas de diâmetro comparável ao comprimento de onda da radiação, como as de pó, aerossóis e gotículas de água. Ao meio dia, a irradiância na superfície terrestre tem contribuições iguais de radiação direta e espalhada, enquanto que ao amanhecer e ao entardecer a componente espalhada é maior.

4.9 Principais Agentes que modificam a irradiância

Fatores temporais, geográficos e meteorológicos afetam a irradiância espectral da radiação UV na superfície da Terra. Os principais fatores são abaixo descritos.

Hora do dia: no verão, cerca de 20 a 30% da irradiância total diária de RUV atinge a Terra entre 11 e 13 horas, e entre 70 e 80% entre 9 e 15 horas. É esse o motivo da recomendação aos veranistas para irem à praia antes das 9 horas ou depois das 15 horas.

Estação do ano: a irradiância da RUVB diária, próximo ao Equador (20°N), apresenta variação sazonal de +25% no verão e -30% no inverno em relação à primavera/outono. Na zona temperada (40°N), esses valores correspondem a +70% e -70%, respectivamente.

Latitude geográfica: o fluxo de radiação UV diminui com o aumento da distância ao Equador.

Altitude: em geral, a cada 1 Km de aumento na altitude, o fluxo de RUV aumenta ao redor de 6%. É por isso que em localidades cuja altitude é cerca de 1 Km acima do nível do mar, por exemplo, a pele se queima mais facilmente do que no litoral.

Nuvem: a presença de nuvens no céu afeta muito a irradiância de radiação infravermelha, mas pouco a de RUV. Se o Sol estiver encoberto por nuvens, a quantidade de RUVB ainda corresponderá a cerca de 50% daquela de um dia claro.

Reflexão na superfície: a neve e a areia refletem respectivamente cerca de 30% e 25% da RUV, enquanto as superfícies terrestre e marítima refletem menos de 7%. Assim, se uma pessoa estiver sob um guarda-sol na praia, não recebe radiação solar direta, mas recebe a radiação refletida pela areia e pode se queimar.

Ozônio: é o fator mais importante de absorção da RUV, principalmente da RUVB e RUVVC solar dirigida à superfície terrestre. Na atmosfera da Terra existe um gás chamado ozônio que desempenha importante papel na preservação da vida terrestre. Ele forma uma camada que envolve nosso planeta e funciona como um escudo protetor contra os raios ultravioleta provenientes do Sol. O ozônio é uma molécula formada por 3 átomos de oxigênio, o O_3 , enquanto o oxigênio O_2 que respiramos é constituído de 2 átomos. O ozônio é um gás altamente tóxico – é ainda mais tóxico que o monóxido de carbono, podendo levar à morte um indivíduo exposto à concentração de 50 ppm (parte por milhão) durante 30 minutos. Entretanto, graças ao seu odor pungente característico,

sua presença pode ser imediatamente detectada mesmo em concentrações muito abaixo de valores danosos. Seu poder de oxidação é cerca de 1,5 vezes o do cloro, podendo assim ser usado mais eficientemente na desinfecção da água por oxidação de microorganismos. Há cerca de 20 anos o ozônio era usado em todos os velórios para desinfetar o ambiente.

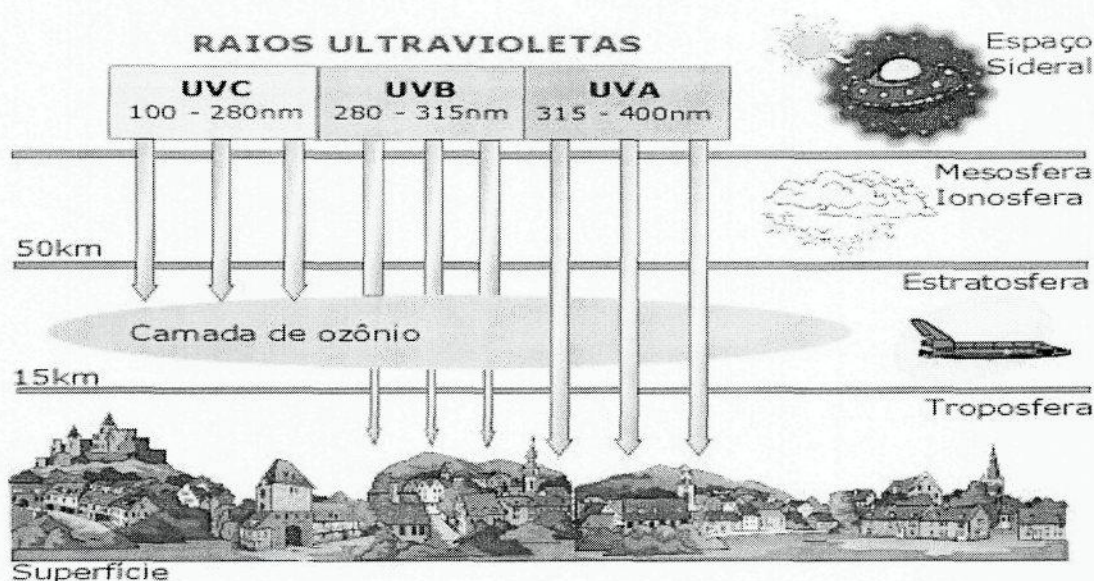
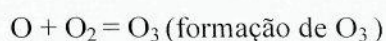
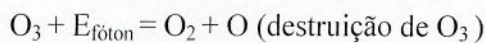


Fig.9 Localização da camada de ozônio na atmosfera terrestre [19]

O ozônio existe em toda a atmosfera, sendo que, na parte mais baixa, a troposfera, sua concentração é extremamente baixa. De acordo com a fig.9, na estratosfera, que fica entre 15 Km e 50 Km de altitude, a concentração do ozônio atinge um máximo ao redor de 30 Km. Entre 25 Km e 35 Km define-se, arbitrariamente, a região da camada de ozônio.

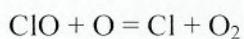
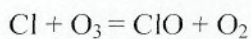
Nessa camada, normalmente há um equilíbrio entre a formação e destruição das moléculas de ozônio. A formação ocorre pela combinação de uma molécula de O_2 com um átomo de O . Este último provém da fotodissociação de O_2 , isto é, da quebra de uma molécula de O_2 por um fóton da RUVVC com λ menor do que 242 nm. O ozônio O_3 , por sua vez, é também dissociado em O e O_2 por um fóton com λ menor do que 315 nm. A dissociação de O_3 é o mecanismo responsável pela quantidade desprezível de radiação UV com λ menor do que 290 nm na superfície terrestre.





É dessa forma que a camada de ozônio absorve toda RUVC e grande parte da RUVB.

Nos últimos 20 anos, as substâncias químicas sintetizadas em laboratórios e conhecidas pelo nome coletivo de clorofluorcarbonos(CFC) têm sido responsabilizadas pela depleção da camada de ozônio, alterando o balanço natural de criação e destruição de O_3 . Um fóton da RUV quebra a molécula de CFC e libera o Cl. As seguintes reações se seguem:



Com o cloro regenerado, recomeça tudo de novo, ou seja, mais ozônio será destruído. Um único átomo de Cl é capaz de destruir centenas de moléculas de ozônio. A diminuição drástica das moléculas de ozônio libera a passagem dos fótons da RUVB pela atmosfera de modo que eles passam a atingir a superfície terrestre.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolve um importante programa no território nacional com uma rede de observatórios para monitorar a camada de ozônio e de radiação ultravioleta.

Porém reações químicas na superfície de cristais de gelo liberam formas ativas de CFCs para as nuvens. Começa a depleção de ozônio, e aparece o “buraco” na camada de ozônio. Aproximadamente de dois a três meses, desaparecem 50% da quantidade total de ozônio na atmosfera. A alguns níveis, as perdas chegam 90%. A destruição em massa ocorre principalmente no pólo sul, sobre a Antártida. Nesse local, no mês de setembro, início da primavera, o ozônio some da atmosfera, deixando sem proteção uma área muito extensa, maior que a da América do Sul. Esta área corresponde a cerca de 15% da superfície da Terra. Nos últimos anos constatou-se que, sobre o Ártico, há também buracos na camada de ozônio.

O buraco de ozônio da Antártida foi descoberto em 1985 por cientistas britânicos Joseph Farman, Brian Gardiner, e Jonathan Shanklin. O buraco “de ozônio” é uma redução na concentração de ozônio sobre a terra na estratosfera. Ele está geograficamente definido como a área em que a quantidade de ozônio total é menos de 220 Unidades de Dobson. O buraco cresceu continuamente em tamanho e comprimento durante as últimas duas décadas. De acordo com a fig.10. [13]

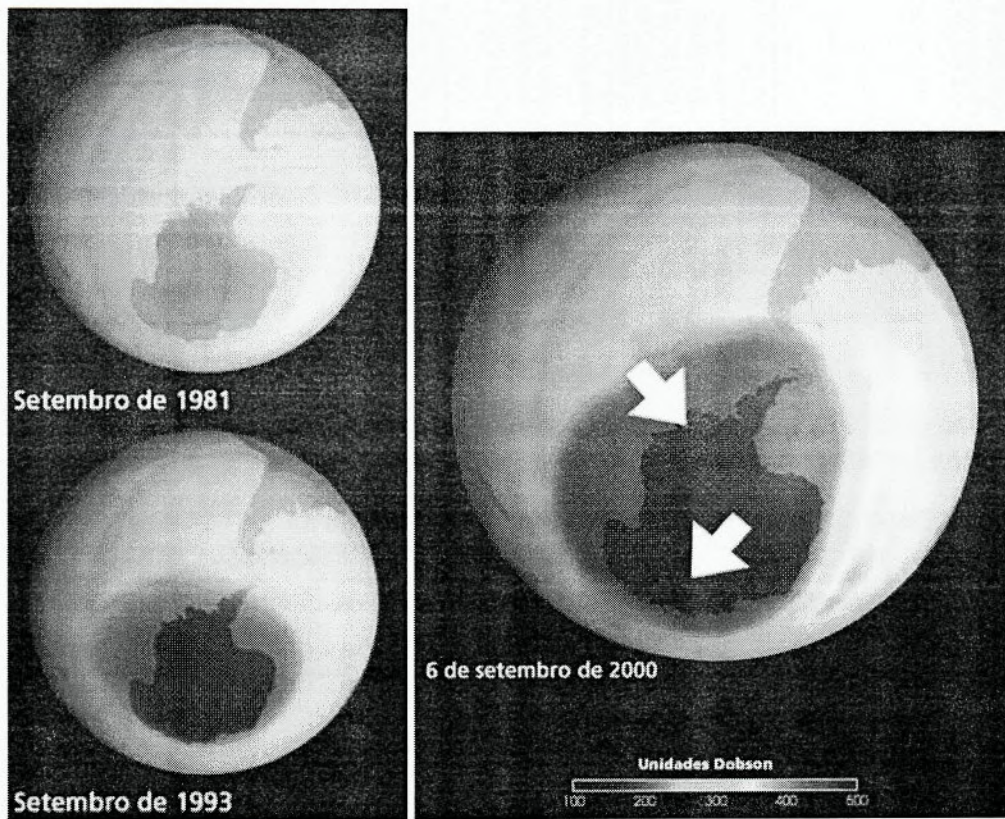


Fig.10 Evolução do buraco na camada de ozônio [20]

Capítulo 5

Conclusões

A origem do calor na Terra tem sido motivo de indagação há muito tempo. A luz do Sol atravessa milhares de quilômetros de espaço vazio, sem atmosfera, até chegar ao nosso planeta. Este processo de propagação é chamado de radiação. Somos capazes de sentir o calor porque temos receptores na nossa pele que são ativados quando detectam o aumento de energia térmica. Cerca de 75% da radiação solar recebida durante a vida, ocorre nos primeiros 20 anos, logo, os efeitos da radiação solar ultravioleta (UV), em geral, só se manifestam com o passar do tempo, pois vão se acumulando no organismo. Com esse trabalho foi possível esclarecer algumas dúvidas, relacionadas ao calor tão presente no nosso dia-a-dia, com grande enfoque na radiação ultravioleta, proveniente do Sol. Constatamos que os raios ultravioletas (UV) penetram na pele de forma diferente como: radiação UVA e UVB (os raios UVC não atingem a Terra, e por esse motivo não foi aprofundado no trabalho).

Porém, para entender sobre as radiações ultravioletas foi preciso primeiramente tratar do conceito de calor, das bases físicas das ondas eletromagnéticas, da sua classificação, assim como seu conceito de profundidade de penetração. Dentre os principais agentes que modificam a irradiância foi citado o ozônio que vem sendo especulado há muitos anos, pois a camada de ozônio protege a terra dos raios ultravioletas. A diminuição do ozônio atmosférico tem como resultado o aumento da radiação ultravioleta na superfície da terra. E isso é muito sério, pois estamos mais suscetíveis a doenças de pele, como o câncer, e estamos contribuindo para a criação do efeito estufa, isto é, uma condição que propicia à Terra ter calor suficiente para garantir a continuidade da vida humana. Porém este aquecimento está aumentando cada vez mais, contribuindo para o aquecimento global, e conseqüentemente o efeito estufa. O que podemos fazer para reverter essa situação? A solução seria a curto ou longo prazo?

O objetivo didático desta monografia foi mostrar aos professores de ensino médio, como pode ser abordado o calor em uma maneira mais ampla e de mais fácil compreensão para os alunos que estão pela primeira vez conhecendo este conceito de CALOR.

Referências Bibliográficas

- [1]: Brasil, MEC. PCN+, Ensino Médio. Parâmetro Curricular Estruturador 2, unidade temática 3.
- [2]: Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga, FÍSICA, 1ª ed, Editora Scipione, 2006
- [3]: Hewitt, Paul G., Física Conceitual, 9ª ed., Editora Bookman, 2002.
- [4]: Anibal Figueiredo, Maurício Pietrocola, Calor e Temperatura, Editora FTD,2000.
- [5]: <http://www.colegioweb.com.br/biologia/ciclo-da-agua-e-ciclo-do-carbono>
- [6]: <http://www.colegioweb.com.br/biologia/ciclo-do-carbono-e-ciclo-do-nitrogenio>
- [7]: <http://www.colegioweb.com.br/biologia/ciclo-do-oxigenio>
- [8]: Marcelo Gleiser, Livro do Cientista, 1ªed, Editora Companhia das letrinhas,2004.
- [9]: Paulo Cesar M. Penteado, Física 2 (Conceitos e Aplicações), 1ª ed., Editora Moderna, 1998.
- [10]: Paulo Cesar M. Penteado, Física 3 (Conceitos e Aplicações), 1ª ed., Editora Moderna,1998.
- [11]: Emico Okuno, Maria Aparecida Constantino Vilela, Radiação Ultravioleta: características e efeitos, 1ª ed, Editora Livraria da Física, 2005.
- [12]: <http://boasaude.uol.com.br/lib/ShowDoc.cfm?LibDocID=3764&ReturnCatID=666>
- [13]: <http://www.theozonehole.com/>
- [14]: www.geog.ufpr.br/disciplinas/espectro1.doc
- [15]:
http://pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/multimedia/imagens/eletromagnetismo/espectro_eletromagnetico
- [16]: http://www.prof2000.pt/users/angelof/luz_e_espectros.htm
- [17]: http://www.novafisica.net/conteudo/pdf/texto_apoio_microondas.pdf
- [18]: http://www.automacoes.com/2010_02_01_archive.html
- [19]: http://getulio.apolo.zip.net/arch2008-10-05_2008-10-11.html
- [20]: http://getulio.apolo.zip.net/arch2008-10-05_2008-10-11.html