

Aula 3

RADIAÇÃO E TRANSMISSÃO DE CALOR

META

Apresentar alguns fenômenos radioativos como fontes de energia do sistema atmosférico e as formas de transmissão de calor, para que o aluno compreenda a instabilidade no comportamento dos elementos do clima.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
reconhecer o papel da radiação solar para a produção do tempo e do clima;
comentar sobre outros fenômenos radioativos; apresentar formas de transmissão de calor; e
relacionar alguns fatores geográficos que explicam as diferenças entre a radiação emitida e a recebida.

PRÉ-REQUISITOS

Conhecimento sobre os conceitos de clima, tempo, Climatologia e Geografia.

Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto

INTRODUÇÃO

Depois da primeira aula, onde tratamos de clima, tempo, Climatologia e Geografia, você viu, na aula anterior, a composição gasosa da atmosfera que envolve a Terra. Agora, vamos continuar a nossa viagem de conhecimento do nosso planeta.

Por suas variações tanto no espaço (latitude) quanto no tempo, os fenômenos radioativos contribuem largamente para esboçar as grandes linhas climáticas.

O Sol – centro do nosso sistema planetário – é uma estrela de quinta grandeza e está longe de ser um radiador perfeito (corpo negro). Apresenta manchas que variam de localização e sofrem alterações com o tempo. Exerce, também, uma influência direta nos mecanismos das trocas de energia. O Sol é uma esfera gasosa, luminosa, apresenta em sua superfície uma temperatura de 6.000°C e emite energia em ondas eletromagnéticas, que se propagam à incrível velocidade de aproximadamente 299.300 quilômetros por segundo através do espaço, sem perder energia. Fornece 99,97% da energia que é utilizada para vários fins no sistema Terra-atmosfera.



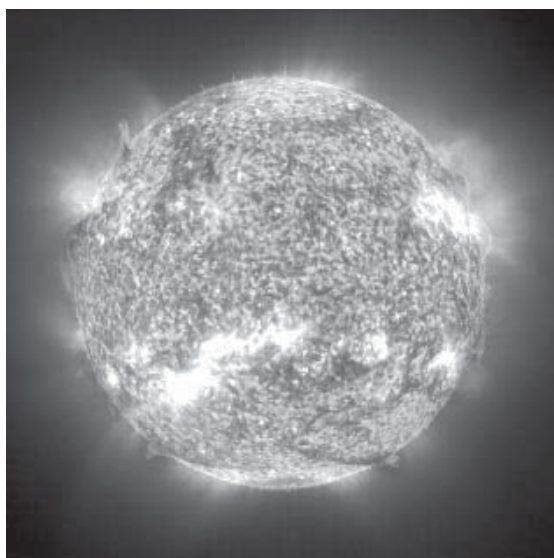
AS RADIAÇÕES

A radiação é a emissão de energia em forma de ondas eletromagnéticas derivadas da luz e que se move no vácuo à sua velocidade. É a luz transformada em calor. Por sua vez, define-se por Caloria a unidade que mede a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um corpo.

A intensidade da radiação varia com o comprimento de onda, que é inversamente proporcional à temperatura absoluta do corpo emissor. Portanto, quanto maior a temperatura do emissor, menor o comprimento da onda. Para o Sol, o comprimento de onda de máxima emissão é de, aproximadamente, 0,5 micra, composta 99% de ondas curtas, assim divididas: 9% ultravioletas, 45% na faixa visível e 46% infravermelhas. Assim, quando falamos de luz solar tratamos, no espectro eletromagnético, da radiação com comprimento de onda que abrange a luz visível, os raios ultravioletas, além dos raios X e gama, que corresponde à maior parte da energia solar que chega à Terra, abrangendo o infravermelho, as microondas e as ondas de televisão e rádio.

Os gases que compõem a troposfera comportam-se diferentemente diante da radiação em diversos comprimentos de ondas. Esses gases são transparentes à maior parte da radiação solar, sendo por isso que a luz atinge a superfície da Terra. Mas, são opacos à radiação terrestre, absorvendo-a e aquecendo-se, além de serem fundamentais para manter a temperatura da Terra.

A parte da radiação solar que atinge a superfície terrestre, após os processos de filtragem seletiva da atmosfera (absorção, difusão e reflexão), é denominada de *insolação*. A cada minuto o Sol irradia cerca de 2 calorias por cm² (*constante solar*), das quais a Terra intercepta cerca de 65% (*fração de insolação*). A fração de insolação é definida então pela forma e estrutura da superfície, pelo período e por sua localização.



(Fonte: <http://www.noaanews.noaa.gov>).



A temperatura média da superfície da Terra é somente 15°C, enquanto a temperatura do Sol é 6.000°C (Fonte: <http://pds.jpl.nasa.gov>).

Além da radiação solar, que é a principal fonte de energia do clima, existem outras formas radioativas de energia: radiação terrestre ou telúrica e radiação atmosférica.

A superfície da Terra, quando aquecida pela absorção da radiação solar, torna-se uma fonte de radiação de ondas longas. A temperatura média da superfície da Terra é somente 15°C, enquanto a temperatura do Sol é 6.000°C. A maior parte da radiação emitida pela Terra está na faixa espectral infravermelha (os constituintes gasosos também

irradiam energia nos comprimentos de onda infravermelhos). É também chamada de radiação noturna, uma vez que ela é a principal fonte radiativa de energia à noite, quando a radiação solar é interrompida, porém ocorre tanto durante o dia quanto durante a noite.

O padrão de distribuição da insolação é ligeiramente alterado sobre a superfície terrestre, basicamente por causa do efeito da atmosfera. Cerca de 18% da insolação são absorvidos diretamente pelo ozônio, pelo vapor d'água e nebulosidade (sistema de nuvens). O ozônio absorve toda a radiação ultravioleta enquanto o vapor d'água atinge o nível mais alto.

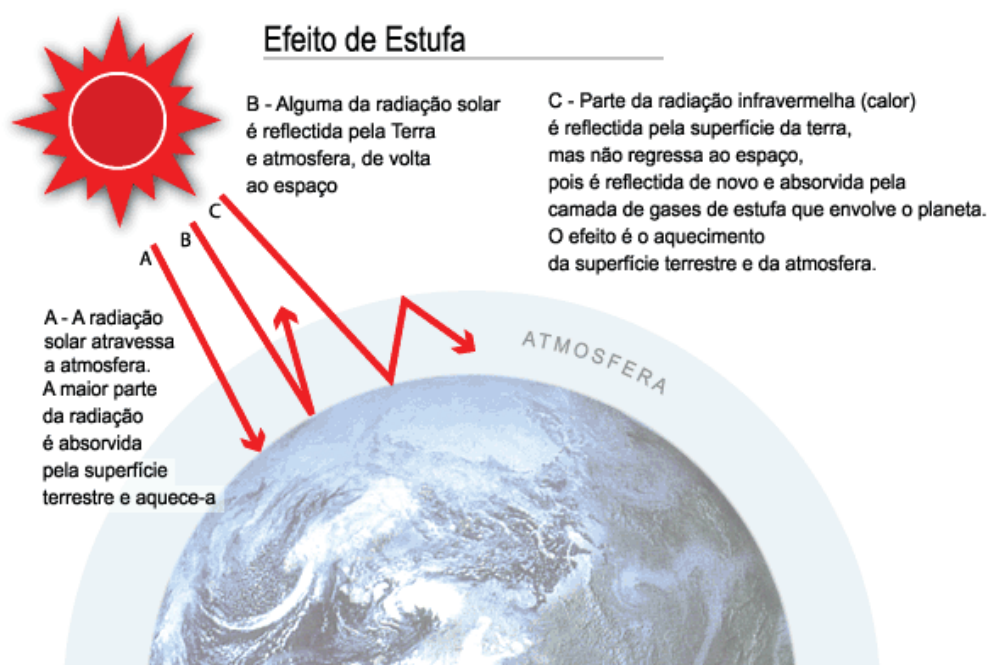
Como o solo, a atmosfera também absorve e emite energia radiante. Embora seja quase transparente à radiação em ondas curtas, ela apresenta alta capacidade de absorção de radiação infravermelha. Os principais absorventes da radiação infravermelha, dentre os constituintes da atmosfera são o vapor d'água, o ozônio, o bióxido de carbono e as nuvens. Enquanto a atmosfera absorve somente 24% da radiação solar que atinge a Terra, que é formada de ondas curtas, somente 9% da radiação terrestre infravermelha é a forma liberada diretamente no espaço, principalmente através da chamada janela atmosférica.

A atmosfera age como o vidro numa estufa, admitindo a radiação solar, mas não permitindo que a radiação terrestre saia para o espaço, originando o chamado **efeito de estufa**. O tão falado na mídia “efeito estufa” nada mais é do que a troca de calor entre a atmosfera, especialmente as nuvens, e a superfície, provocando um aumento de temperatura global – o que popularmente conhecemos por mormaço.

A cobertura de nuvens impede a penetração da insolação. A quantidade de radiação refletida pelas nuvens depende não somente da quantidade e da espessura, mas também do seu tipo. Em média, aproximadamente 25% da radiação solar que atinge a terra são refletidos de volta ao espaço pelas nuvens.

Ver glossário no final da Aula

Aqui você já pôde perceber a importância das nuvens para a manutenção da vida na Terra. Veja que a atmosfera reirradia as radiações terrestre e solar absorvidas, em parte para o espaço e em parte de volta para a superfície terrestre, sendo as nuvens as radiadoras mais eficazes da atmosfera.



(Fonte: <http://geographicae.files.wordpress.com>).

VARIAÇÕES DA RADIAÇÃO

Depois dessa cuidadosa viagem pela atmosfera da Terra, convido você a entrar comigo em temas mais pontuais para o entendimento da lição.

Ângulo de Incidência - Um fator a considerar nas variáveis da radiação é o ângulo que os raios solares fazem chegando ao solo, denominado de ângulo de incidência.

Com efeito, a quantidade de energia recebida pelo solo é máxima com os raios perpendiculares (o sol estando no **zênite**). Quanto mais os raios são inclinados, mais a energia dispensada é repartida sobre uma grande superfície, chegando mais fraca. Abstraindo o papel desempenhado pela atmosfera, admite-se que um decréscimo regular do ângulo de incidência corresponde a uma diminuição de energia calorífica. Calcula-se que para raios inclinados a 60° a energia atingia quase $9/10$ do que ela teria com os raios verticais e que no ângulo de 30° a intensidade calorífica é reduzida à metade. Neste caso, as regiões intertropicais são privilegiadas, enquanto as altas latitudes são bastante desfavorecidas.

A altura ou altitude do sol acima do horizonte é fundamental, pois ela regulariza as diferenças na distribuição de calor, não somente durante os dias ou durante as estações, mas, principalmente, ao longo do mesmo meridiano. É determinada pela latitude do local, pelo período do dia e pela estação. Geralmente diminui com o aumento da latitude. É elevada à tarde, porém baixa pela manhã e ao entardecer. Do mesmo modo, é mais elevada no verão que no inverno.

A altura do Sol, que é o ângulo entre seus raios e uma tangente à superfície no ponto de observação, afeta a quantidade de energia solar recebida. Quanto maior a altura tanto mais concentrada será a intensidade da radiação por unidade de área e tanto menor será o albedo (a proporção da radiação incidente refletida pela superfície).

Duração de Iluminação - É interessante considerar a duração do sol acima do horizonte ou duração de iluminação. Sabe-se que, considerando a inclinação do plano equatorial sobre o plano da eclíptica (23° e 27°), o círculo de iluminação, que separa dia e noite, só passa sobre o eixo dos pólos duas vezes por ano. São os dias dos **equinócios**. Se no Equador a duração do dia é invariável, nas outras regiões aumenta no verão (dias mais longos) e diminui no inverno (noites mais longas). As desigualdades entre as estações não param de aumentar com a latitude, sendo máxima quando se aproxima dos pólos.

Sobre o paralelo 17° , a mais longa duração de iluminação possível não ultrapassa 13 horas; sobre o paralelo 49° (nas linhas tropicais), ela já é de 16 horas; no círculo polar ($66^\circ 33'$), ela atinge 24 horas (solstício de verão); na latitude de $67^\circ 21'$ ela chega a um mês e nos pólos, seis meses; no Cabo Norte (lat. $71^\circ 12'$) o sol não se põe entre 15 de maio e 29 de julho, durante 75 dias (o sol da meia noite) e não nasce entre 17 de novembro e 26 de janeiro (70 dias).



(Fonte: <http://bp2.blogger.com>).

Aurora significa exibição de luz visível na atmosfera superior à noite. Aurora Boreal, ou Luzes do Norte, tem como equivalente no hemisfério sul a Aurora Austral. As auroras ou luzes polares são vistas a uma latitude de cerca de 70°. Assumem formas de arcos luminosos, bandas e coroas, até formas difusas que lembram nuvens.

Entretanto, durante o período do solstício de verão, a duração da iluminação pode compensar de certa forma a fraqueza do ângulo de incidência, que em contrapartida se agrava no inverno.

Albedo - É a razão entre o total de energia luminosa incidente e refletida numa superfície. A porcentagem do albedo é constituída por ondas curtas. Essa energia refletida não é absorvida e, portanto, não se transforma em calor. É tanto menor quanto mais escura for a cor da superfície. Em geral as superfícies secas refletem mais radiação do que as superfícies úmidas. Os fatores determinantes do albedo são, por conseguinte, a cor e a umidade.

Raios luminosos verticais (maior ângulo de incidência) geralmente produzem albedo menor que os raios oblíquos ou inclinados, propiciando um albedo de uma dada superfície ser elevado durante o nascer e o pôr-do-sol e baixo por volta do meio dia.

Em média, 25% da radiação solar que atinge a Terra são refletidos de volta ao espaço pelas nuvens que, com a energia refletida pela superfície terrestre, soma a 35%.

ALBEDO DE ALGUNS TIPOS DE SUPERFÍCIE

Superfície	Albedo
Água	2-40
Areia	15-25
Cidades	14-18
Floresta	3-10
Gramados	15-30
Neve	80
Nuvens	44-50
Solo	7-20
Solo negro e seco	14
Solo negro e úmido	8

A INFLUÊNCIA DA ALTITUDE E DO RELEVO (TOPOGRAFIA)

Caro aluno, querida aluna, neste ponto vamos verificar a importância da topografia para o fenômeno da insolação do planeta.

A altitude regulariza as variações sazonais da inclinação dos raios do sol (ângulo de incidência) e da duração dos dias e das noites, exercendo controle sobre a distribuição da insolação, particularmente numa escala local ou microclimática.

Os valores de insolação em altitudes elevadas, sob céus claros, são geralmente maiores que os verificados em lugares próximos ao nível do mar, no mesmo ambiente.

Nas altas montanhas, acima de 2500m, estando nas baixas latitudes, os valores da radiação são freqüentemente elevados. O bronzeamento do corpo de uma pessoa nas montanhas é bem rápido, pois se calcula que a entrada calorífica deve ser igual à de uma planície na região do equador.

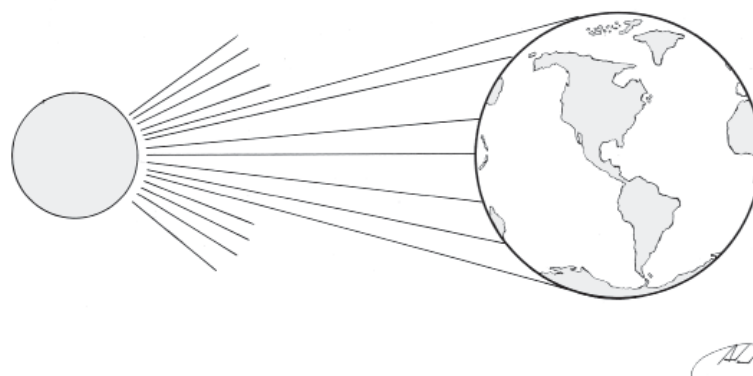
Tal crescimento radioativo se deve a dois fenômenos:

- a massa atmosférica é menos densa;
- o ar límpido e seco deixa passar melhor as radiações, assegurando menor interferência da atmosfera sobre a insolação.

A maior parte das superfícies apresenta diferentes inclinações e orientações em relação aos raios solares. A relação que existe entre a radiação recebida por uma superfície horizontal e outra inclinada dependem do ângulo que formam os raios solares. As diferenças, então, se manifestam pela dissimetria entre as vertentes, segundo sua exposição e por seus gradientes de altitude.

Nas médias e altas latitudes, as vertentes voltadas para a direção dos pólos geralmente recebem menos radiação do que as vertentes voltadas para o equador. Nos vales alpinos da Europa, por exemplo, os estabelecimentos humanos e os cultivos estão concentrados sobre as vertentes voltadas em direção ao Sol.

As encostas do lado ensolarado são conhecidas como adrett, enquanto as vertentes voltadas para o norte, ubac ou lado ensombrado, se apresentam cobertas por florestas.



ATMOSFERA E NEBULOSIDADE

Considerando as regiões de altas latitudes desfavorecidas, deve-se considerar ainda a presença da massa atmosférica como agente que absorve, difunde e reflete uma parte da energia solar e o elevado albedo da cobertura de neve.

A nebulosidade também é um fator utilizado para compreender as diferenças de insolação e radiação na superfície terrestre. Uma parte do calor absorvido pela Terra acaba sendo perdida para o espaço. Outra parte retorna para a superfície. As trocas de calor entre a troposfera, de um lado, e os oceanos e continentes, de outro, reduzem o resfriamento do planeta. A nebulosidade não aparece nas altas latitudes e atua no mesmo sentido que os fatores precedentes, todos tributários do ângulo de incidência dos raios solares.

CONTINENTALIDADE: DISTRIBUIÇÃO DAS SUPERFÍCIES TERRESTRES E AQUÁTICAS

Os valores de radiação são pouco mais elevados nos oceanos do que nos continentes, nas mesmas latitudes, principalmente por causa da maior absorção da radiação sobre os oceanos e da menor quantidade de radiação que é liberada.

Os valores de radiação líquida são bem inferiores nas áreas continentais áridas do que nas áreas continentais úmidas, por causa da maior quantidade de radiação perdida em áreas continentais áridas sob céus relativamente limpos.

DISTRIBUIÇÃO DA INSOLAÇÃO: SÍNTESE

1. Ângulo de Incidência (Inclinação dos raios);
2. Duração da Insolação (Variação entre dias e noites);
3. Albedo (Cor e umidade)
4. Altitude (Densidade e pureza do ar);
5. Relevo – Topografia (Vertentes ensolaradas e ensombradas);
6. Nebulosidade (Efeito de estufa – baixa, nas altas latitudes);
7. Continentalidade (Maior radiação e absorção nos oceanos).

OUTRAS TRANSMISSÕES DE CALOR

Condução - Processo de transferência de calor, através de uma camada de moléculas para a camada vizinha, sem mudança relativa. O calor é transportado pela matéria sem o transporte da matéria em si. Ocorre com o ar atmosférico em contato com uma superfície aquecida. O sentido de transferência de calor será sempre do corpo mais aquecido para o menos aquecido.

Calor Latente - Quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo, no qual, durante a sua troca, o corpo não experimenta nenhuma variação de temperatura. Em lugar disto, ele muda de estado. O calor latente de condensação é a quantidade de calor desprendida pelo vapor d'água, ao passar para o estado líquido, que foi o mesmo calor recebido durante a evaporação. O calor latente de evaporação é a quantidade de calor desprendida pela água ao passar para o estado gasoso. Pode ser definido como o número necessário de calorias para transformar um grama de água em vapor.

Circulação do Ar - O movimento pequeno do ar através dos ventos ou grandes movimentos através da circulação de massas de ar na atmosfera também funciona para trocas de calor em seus fluxos horizontais e verticais. A troca horizontal é a transmissão de calor pela movimentação horizontal do ar e é denominada advecção. Já o fluxo vertical de trocas é formado por correntes ascendentes e descendentes de transmissão do calor, sendo denominado convecção.

CONCLUSÃO

Estimado aluno ou querida aluna. Encerramos esta aula que nos levou a um grande passeio pela nossa atmosfera. Vimos que a radiação solar, com a interferência ativa da atmosfera, estabelece as variações climáticas no nosso planeta.

Então, ficaram algumas dúvidas? Lembre-se de que as constantes trocas de calor criam uma dinâmica atmosférica que determina as condições meteorológicas. Você viu como até a nossa Terra produz energia? Pois é! Emite ondas infravermelhas que, principalmente à noite, garante a estabilidade da nossa temperatura. Por isso é chamada “radiação noturna”, embora ela ocorra também durante o dia.

Então, até a próxima aula e não esqueça de fazer as atividades.



RESUMO

Como vimos, o Sol é uma estrela de quinta grandeza, sendo a grande fonte de radiação responsável pela vida no nosso planeta. A temperatura na superfície do Sol é de 6.000°C, emitindo energia sob a forma de ondas eletromagnéticas, que se deslocam a uma velocidade de 299.300 quilômetros por segundo.

A intensidade da radiação varia com o comprimento de onda que é inversamente proporcional à temperatura, ou seja, quanto mais alta for a temperatura menor é o comprimento da onda.

A parte da energia solar que atinge a Terra, após o processo seletivo de filtragem atmosférica, é denominada insolação. A cada minuto o Sol irradia cerca de 2 calorias por cm².

A superfície da Terra também se torna uma fonte de irradiação de energia quando aquecida pelo Sol. A temperatura média da superfície da Terra é de 15°C. A Terra irradia ondas na faixa infravermelha, que é chamada de radiação noturna.

A duração da iluminação diária depende do paralelo de observação. Por exemplo, você estando no paralelo 17°, o dia permanece 12 horas. Já no 49°, dura 16 horas e no 66° chega a 24 horas, ou seja, não anoitece!

Os valores de insolação em altitudes elevadas, sob céu claro, são geralmente maiores do que os verificados em lugares próximos ao nível do mar. A radiação, também, é um pouco mais elevada nos oceanos do que nos continentes.



ATIVIDADES

1. Descubra os problemas de saúde decorrentes do excesso de exposição à radiação ultravioleta.
2. Mencione aplicações práticas para outros tipos estudados de radiação.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Você deve acompanhar, diariamente, pelos telejornais e veículos de comunicação em geral, os comentários acerca da meteorologia, quando o apresentador fala da incidência dos raios ultravioletas. Às

vezes eles falam que o índice é extremo, o que se traduz em risco para a saúde dos seres humanos, que suportam sem esses riscos apenas um determinado percentual.

Mas, nós não vimos apenas os raios ultravioletas. Vimos também os infravermelhos, os raios X, e sabemos que existem aplicações práticas para esses raios na Medicina, na Física e em outros ramos de conhecimento científico.