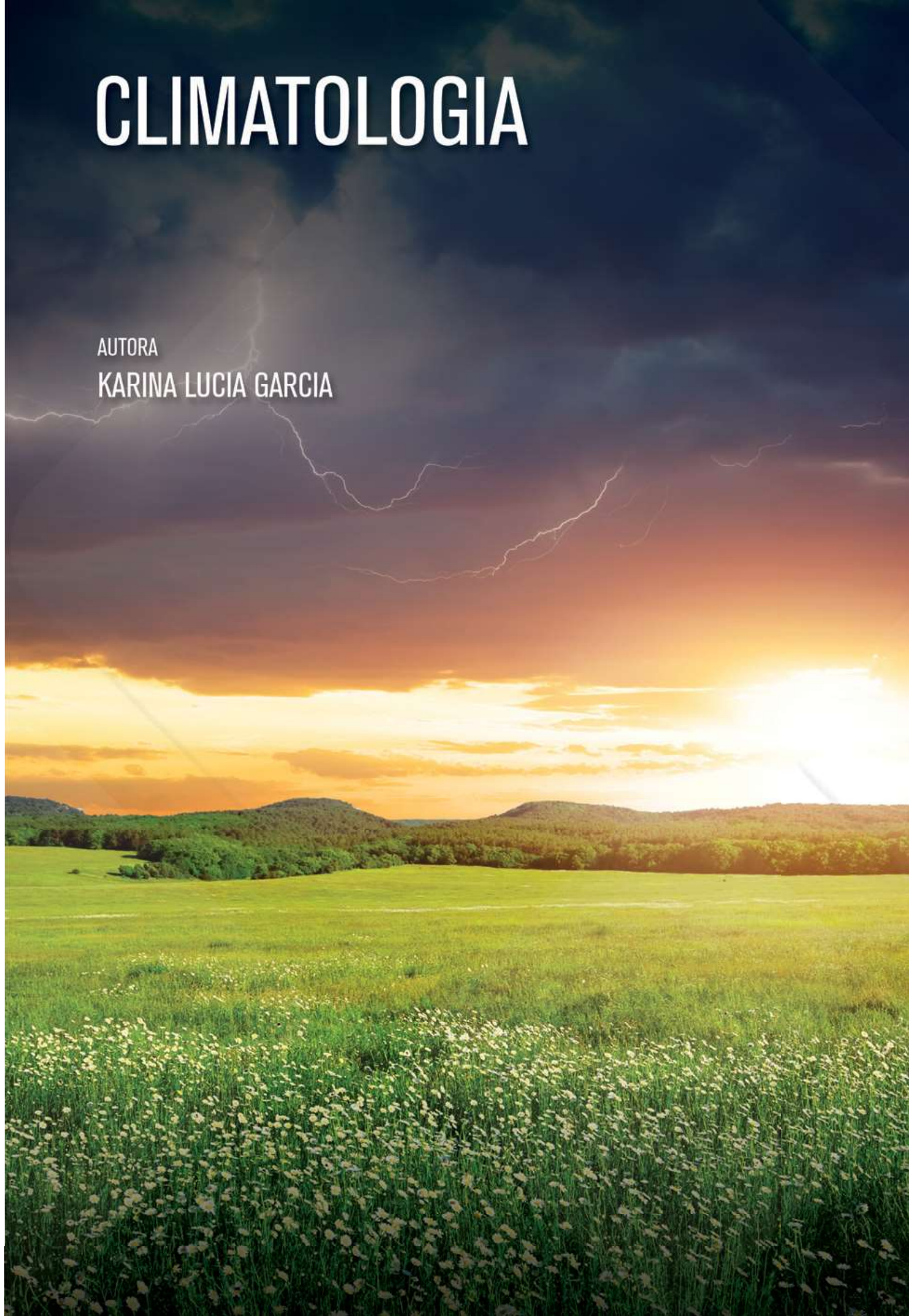


CLIMATOLOGIA

AUTORA

KARINA LUCIA GARCIA



CLIMATOLOGIA

AUTORA

KARINA LUCIA GARCIA

1ª EDIÇÃO

SESES

RIO DE JANEIRO 2018



Estácio

Conselho editorial ROBERTO PAES E GISELE LIMA

Autor do original KARINA LUCIA GARCIA

Projeto editorial ROBERTO PAES

Coordenação de produção GISELE LIMA, PAULA R. DE A. MACHADO E THAMYRES MONDIM
PINHO

Projeto gráfico PAULO VITOR BASTOS

Diagramação BFS MEDIA

Revisão linguística BFS MEDIA

Revisão de conteúdo RODRIGO DOS SANTOS RAINHA

Imagem de capa DJGIS | SHUTTERSTOCK.COM

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou transmitida por quaisquer meios (eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e gravação) ou arquivada em qualquer sistema ou banco de dados sem permissão escrita da Editora. Copyright SESES, 2018.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G216C GARCIA, KARINA LUCIA

Climatologia / Karina Lucia Garcia.

Rio de Janeiro : SESES, 2018.

104 P.

ISBN: 978-85-5548-592-3.

1. CLIMATOLOGIA. 2. METEOROLOGIA. 3. ATMOSFERA. 4. CLIMA. I. SESES.
II. ESTÁCIO.

CDD 551.60981

Diretoria de Ensino — Fábrica de Conhecimento
Rua do Bispo, 83, bloco F, Campus João Uchôa
Rio Comprido — Rio de Janeiro — RJ — CEP 20261-063

Sumário

Prefácio	5
1. A atmosfera terrestre	7
O tempo e o clima	8
Clima na Terra: onde se começa a vida!	11
A atmosfera	12
2. Elementos climáticos parte - radiação, pressão e temperatura	25
Calor e temperatura: há relação?	26
Ciclo energético: radiação	29
Ciclo energético: equilíbrio/balanço	33
Insolação e inversão térmica	35
Pressão atmosférica	37
3. Elementos climáticos - umidade, precipitação. Fatores climáticos - ar e ventos	43
Umidade, precipitação e nebulosidade: uma questão de água	45
O ar: circulação, zonas de convergência, massas e vento	52
Circulação da atmosfera	53
Zona de convergência	57
Massas de ar	58
Ventos	60
4. Fatores climáticos - altitude, vegetação, mar e climas	65
O que é altitude?	67
O clima perante o relevo e vegetação	68

As correntes marinhas, o El Niño e La Niña	72
Classificação climática e os climas do mundo	74
5. Climas do Brasil e aquecimento global	85
Climas do Brasil	87
Classificação de climas do Brasil por Wilhelm Koppen	91
Tipos de massas de ar atuantes no Brasil	93
Aquecimento global e efeito estufa	94

Prefácio

Prezados(as) alunos(as),

A importância do clima como um fator condicionante para a configuração, não somente da paisagem que vivemos, mas também de nossa própria vida, é uma discussão contínua desde a antiguidade. Nas escrituras do médico Hipócrates (460-370 a.c.), suas ideias em relação ao papel do clima são expostas de forma clara, principalmente no que dizia respeito em termos de saúde (*Tratados hipocráticos*, volume II: Sobre os ares, as águas e os lugares).

Autores mais recentes, mas também importantes para a ciência climatologia como Austin Miller (1975), enfatizam que os temas estudados por esta ciência estão intimamente ligados com os feitos produzidos pela vida em todos os dias.

A distribuição da população, os tipos de atividades que praticamos e o que consideramos em termos de conforto, se relaciona aos aspectos climatológicos de forma direta. Antes mesmo de haver uma ciência relacionada ao estudo dos aspectos do clima, os homens já o observavam para descrever a própria dinâmica da sociedade.

O conhecimento da composição, a relação dos compostos com os fenômenos e os resultados que vivenciamos da dinâmica climatológica é fundamental para que possamos desenvolver formas de sobreviver às mudanças que certamente virão em um futuro não tão distante, pois o clima é um fenômeno cíclico na Terra e ocorre de tempos em tempos, de maneira muito similar ao passado.

Nesta obra, veremos a estrutura da atmosfera e sua composição, elementos climáticos que compõe a atmosfera como ventos, chuvas, temperatura, radiação, pressão, umidade, altitude, vegetação entre outros. Além de importantes discussões sobre os climas do Brasil e do mundo e as controvérsias do aquecimento global e efeito estufa.

Nosso objetivo é provocar a reflexão, apresentando conceitos chaves da ciência climatologia que possibilitem e suportem discussões relacionadas a geografia física e meio ambiente.

Desta forma, esse livro é um convite para o conhecimento de nossa dinâmica de vida e da Vida na Terra. Vamos lá?

Bons estudos!

1

A atmosfera terrestre

A atmosfera terrestre

Nos últimos anos, clima e tempo tem sido assuntos que despertam nossa curiosidade, um tanto inusitada, não somente na opinião pública, mas também entre a comunidade científica. Costumava-se dizer que quando não havíamos do que falar, o tempo sempre é um assunto interessante.

Atualmente, a frequente aparição de notícias nos meios de comunicação, geralmente de cunho catastrófico, sobre questões relacionadas com a mudança climática, vem sensibilizando, de uma maneira notável, a sociedade, embora isto seja feito de uma forma misturada entre o que se é comprovado cientificamente com especulação e sensacionalismo.

É claro que enfrentamos problemas ambientais integrados com a questão da mudança climática, mas não somente no que diz respeito ao famoso aquecimento global, muitos, e complexos fatores, estão integrados nesses assuntos.

Sendo assim, para iniciarmos nosso aprendizado sobre o grande tema Climatologia, temos que, pouco a pouco, reconhecer conceitos que nos darão base para uma reflexão mais crítica sobre o que de fato é nosso clima e como podemos nos adaptar às mudanças dele.



OBJETIVOS

- Apresentar conceitos chaves em termos de clima e tempo;
- Explicar a composição da atmosfera, bem como a disposição de suas camadas;
- Discutir informações da camada de ozônio na Estratosfera.

O tempo e o clima

Você já pensou em qual a diferença entre clima e tempo? Será que há diferença de conceito entre estes dois termos?

Pois bem, embora o uso dos dois termos, clima e tempo, seja confundido de forma muito comum, convém insistirmos com firmeza que não são a mesma coisa e seu conhecimento resulta essencial para englobar a problemática de mudanças climáticas.

Por exemplo, se confundirmos uma previsão climatológica de algum tipo de desastre – futuro e hipotético como corresponde a este estudo – com algum tipo

de evento que ocorrerá de forma imediata – o que corresponderia a uma previsão meteorológica – e logo se vê que a previsão não foi bem sucedida, muitas pessoas pensarão que o aviso não foi sério, que na realidade não aconteceria nada e que não precisam se preocupar, pois os avisos alarmantes são apenas para se economizar recursos (como água e energia, por exemplo).

Desta forma, as previsões “apocalípticas” que tanto gostam os ecologistas e alguns outros, se convertem em uma “faca de dois gumes”, que pode se voltar contra quem as usa indiscriminadamente. Um exemplo desta situação é do fenômeno do “El Niño”, que traria enormes epidemias e doenças, para nós brasileiros, e também que teríamos uma crise de falta de água jamais vista anteriormente, sem possibilidades de controle. Vê-se que após o final do último século e início deste, o “El Niño” já passado, e continuamos com água e sem grandes mudanças em termos de doenças e epidemias.

Sendo assim, podemos dizer que tempo é a soma de todos os parâmetros físicos e químicos que caracterizam a atmosfera em um determinado momento e em um determinado lugar. Podemos medir cada um destes parâmetros com equipamentos ou até sem eles, acumulando dados numéricos, objetivos, que se referem a muitos locais e muitos momentos. Exemplos: O tempo hoje está nublado. O tempo ontem estava chuvoso. O tempo no mês passado estava com mais umidade e frio que agora.

Perceba: o tempo é o que se vê e sente!



Figura 1.1 – Tempo em uma determinada hora do dia e em um local específico.

Já quando falamos em clima, não uma medição precisa, mas sim uma estimativa, pois não se trata de um conceito referente a uma realidade física, podemos dizer até que poderia ser uma realidade virtual. Na realidade, o clima é como uma radiografia a longo prazo (isso quer dizer dezenas, centenas e, por muitas vezes, a milhares de anos). Exemplo: Se temos ao longo de 50 anos a medida máxima e mínima de temperatura de cada dia e calculamos uma média, teremos um dado virtual – a média das máximas e das mínimas – e este dado médio será o que consideraremos de “normal” de temperatura. Com isso o valor de um dia, não é muito significativo para o clima. O dado de somente um dia, em específico, poderá ter significado em tempos recentes, como a média de um mês ou até um ano. O que temos costume de fazer é tirar a média de temperatura de um dia, a quantidade média de chuva de um dia.

Uma definição formal de clima é dada por Gibbs (2011, p. 2431), que coloca que o termo clima é usado para indicar “a probabilidade estatística de ocorrência de alguns estados da atmosfera (pressão, umidade, temperatura, vento entre outros), sobre uma localidade ou região, durante um período cronológico determinado”.

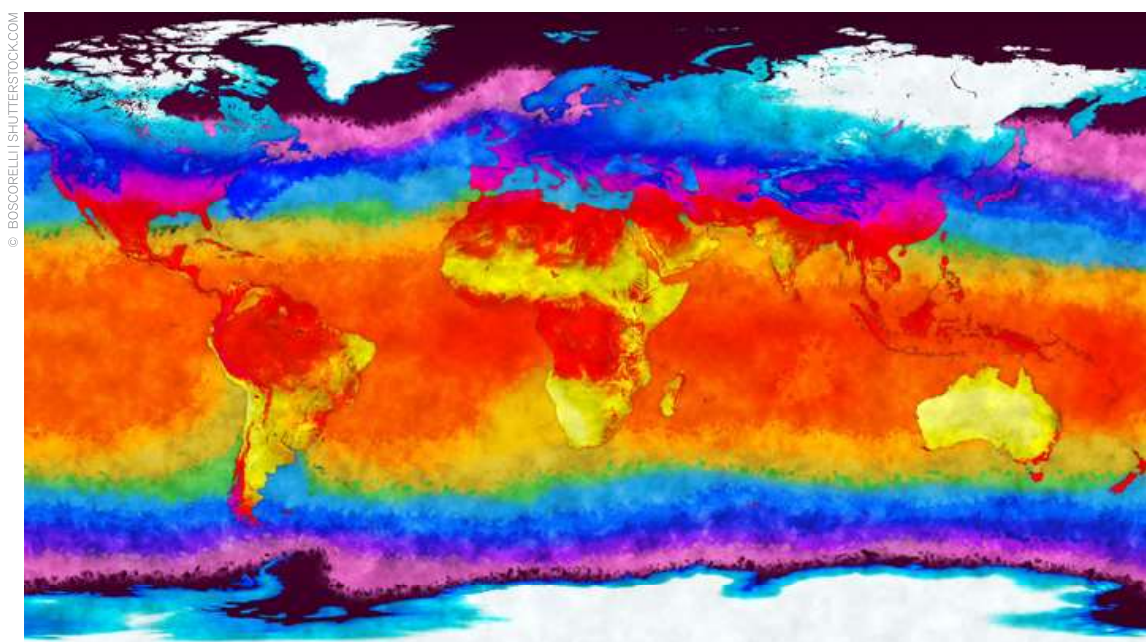


Figura 1.2 – Estudo de temperatura.

Então, com isto nos diz que a climatologia é uma ciência incerta? De forma alguma! O que temos que saber é que a climatologia é uma ciência de estatísticas de manuseio cuidadoso e que não deve ter seus dados postos a dizer coisas que não dizem, como é feito atualmente por muitos.

Clima na Terra: onde se começa a vida!

A vida é uma raridade, na verdade é uma exceção. A Terra, por exemplo, está em um ponto exato no Sistema Solar relacionado ao Sol que a privilegia, nem muito perto a ponto de seus raios nos queimarem e a água só exista na forma gasosa, mas nem tão longe a ponto de não termos energia térmica para vivermos em uma área de glaciação eterna. Em astrofísica, informalmente nos congressos e encontros gerais, fala-se que vivemos numa *ZONA DE HABITALIDADE ESTELAR*, Braseró (2013).

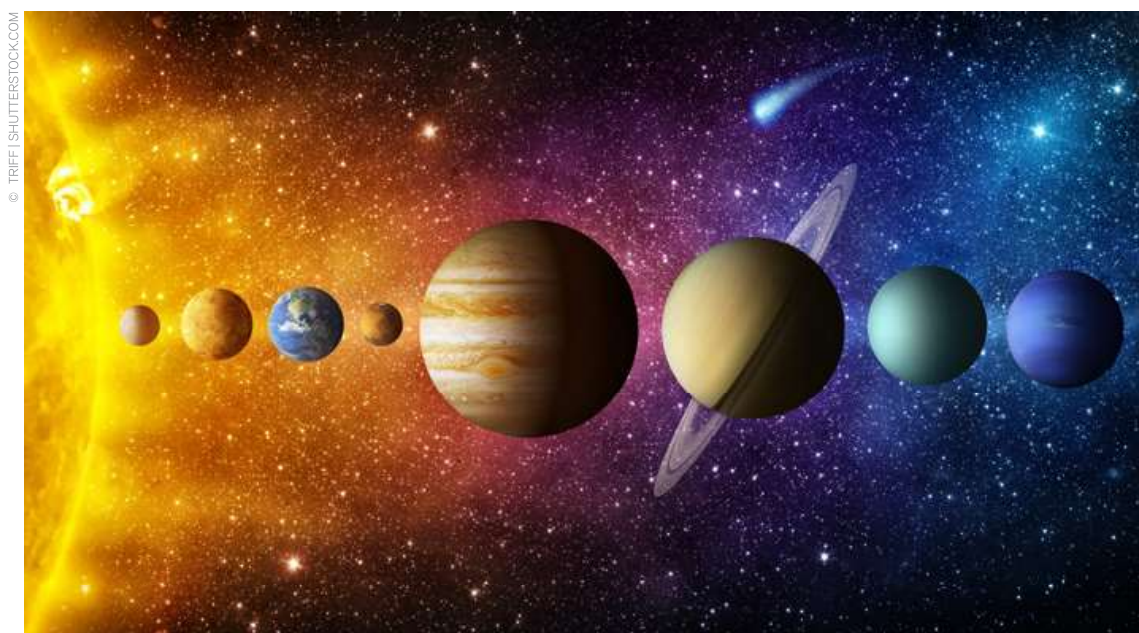


Figura 1.3 – Sistema solar e o planeta terra na zona de Habitabilidade Estelar.

Em explorações sobre vida em outros planetas, um dos requisitos mínimos é a composição atmosférica e, é exatamente neste ponto, onde começamos a falar tudo o que nos interessa nos estudos da climatologia.

Ter atmosfera, não significa ter vida, Vênus tem atmosfera, mas possui grande parte de sua composição em dióxido de carbono. O que torna a vida como conhecemos, impossível de se formar e se manter em um local como este. Marte é outro exemplo, pois também tem atmosfera, mas além de também possuir grande quantidade de dióxido de carbono e de registrar fortes e constantes ventos, tem uma extensão muito pequena e é menos densa - se na Terra tivéssemos o mesmo tamanho e densidade da atmosfera de Marte, teríamos uma temperatura tão baixa, que nem em glaciações do passado poderíamos ter registros.

Agora, temos que saber que a atmosfera é um dos cinco componentes, relacionados entre si, do chamado Sistema Climático. Este Sistema, o Climático, é definido em um documento elaborado em 1975 pelo Programa Global de Investigação Atmosférica (GARP) da Organização Meteorológica Mundial (Houghton & Morel, 1984), como um sistema integrado entre seus componentes: a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera, a litosfera e a biosfera, onde todos eles constituem subsistemas heterogêneos termo-hidrodinâmicos, possuem propriedades físicas distintas e apresentam forte acoplamento entre si por meio de complexos processos que implicam fluxos de energia, momento e matéria com limites, além de estarem sujeitos a radiação provinda do Sol.

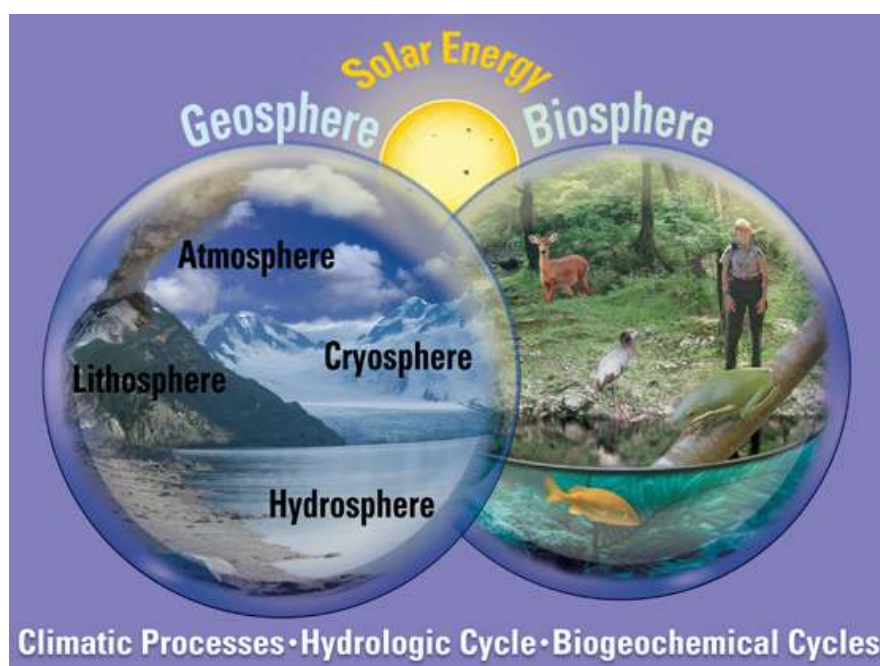


Figura 1.4 – Componentes do sistema climático da Terra. Fonte: <<https://www.usgs.gov/media/images/biogeochemical-cycling-diagram-showing-climatic-processes-hydrologic>, acesso em: 29/10/2017>.

Devido ao foco de nossas discussões, dos componentes climáticos existentes, iremos nos ater somente na Atmosfera.

A atmosfera

É o local onde ocorre as manifestações do tempo e do clima, sendo o componente central do Sistema Climático, além de ser o mais instável pela sua baixa densidade e fácil mobilidade. É fundamental no equilíbrio energético da Terra,

pois controla a quantidade de radiação que chega ao solo e a que é liberada da Terra para o espaço, com isso é o principal meio de transferência de calor.

Sem nossa atmosfera não existiria a vida, que dentre outras coisas que nos proporciona, provoca uma média de temperatura global de 15 °C (que desfrutamos nos dias atuais), também permitindo uma redução enorme das diferenças de temperatura entre dia e noite. Muito além disso, temos a atmosfera como um dos principais “motores propulsores” do ciclo da água, que nos permite também sobreviver.



Figura 1.5 – “Nossa” Lua, que não possui atmosfera, apresenta uma temperatura durante o dia de mais de 100°C e durante a noite de menos de 200°C negativos.

A atmosfera terrestre é formada por uma mistura de gases, partículas sólidas e líquidas em suspensão, sujeitas a força da gravidade. Por motivo de sua compressão, a atmosfera se concentra nos primeiros quilômetros da superfície, embora possa ser estimada em presença até aproximadamente 10.000 (dez mil) quilômetros de altitude, onde já se encontra indiscernível do meio interplanetário, mas ao certo, a encontramos até 1.000 (mil) quilômetros. As estimativas indicam que os cinco primeiros quilômetros contêm a metade da massa atmosférica total, tendo os dez quilômetros acima seguintes, dois terços do restante e, acima dos sessenta quilômetros, não encontramos mais que uma milésima parte da massa total atmosférica (tradução nossa, Cuadrat & Pita, 2016, p. 23).

Segundo Ayoade (2003), nossa atmosfera não possui cheiro, nem gosto e muito menos cor, acompanha todos os movimentos terrestres e, além disso apresenta uma espessura menor na região da linha do Equador, aumentando gradativamente de tamanho até os polos – isto devido a forma que nosso planeta possui, de Geoide.



CURIOSIDADE

Sobre a questão de nossa atmosfera não ter cheiro, vamos a uma curiosidade:

Bem, todos sabem que é a atmosfera que nos permite respirar, não?

Pois sim, ela é responsável por nossa respiração, que aliás é recomendável se queremos continuar vivos! Uma pessoa realiza em média 24.000 (vinte e quatro mil) respirações ao dia do ar, que possui cerca de 21% (vinte e um) de oxigênio.

E por que não há mais quantidade de oxigênio se é o que nos faz viver?

A quantidade de oxigênio da atmosfera é aquela exata para que nossas células não se oxidem depressa, possibilitando algumas décadas de vida a todos os homens.

Voltando às explicações da composição atmosférica, sabemos hoje que ela nem sempre foi do jeito que a conhecemos e que vem mudando gradualmente ao longo dos milhões e bilhões de anos da idade da Terra, assim como ocorre com a litosfera e a própria vida.

Conforme apresenta Cuadrat e Pita (2016, pg. 24, tradução nossa), atualmente temos três gases que constituem cerca de 99,95% (um pouquinho menos que toda a quantidade de gases) da atmosfera. São eles: nitrogênio, oxigênio e argônio, sendo que o nitrogênio e o argônio são geoquimicamente inertes e, uma vez desprendidos da atmosfera, ali permanecem. Do lado oposto, o oxigênio é muito ativo e sua quantidade vem determinada pela velocidade das reações que ligam o depósito atmosférico de oxigênio livre ao depósito redutor que existe nas rochas sedimentares (Graças a Deus existem rochas!).

Temos uma atmosfera única no Sistema Solar (Fornaro, 2013), veja:

- Terra: 78,08% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio e 0,93 % de argônio;
- Vênus e Marte: praticamente dióxido de carbono;
- Planetas gigantes gasosos: principalmente hidrogênio e hélio.

© KRISTINA SHEVCHENKO | SHUTTERSTOCK.COM



© TEDDYGRAPHICS | SHUTTERSTOCK.COM



© KRISTINA SHEVCHENKO | SHUTTERSTOCK.COM



Figura 1.6 – Vênus, Terra e Marte (respectivamente).

O restante dos outros elementos do ar está presente em quantidades tão pequenas, que suas concentrações se expressam, num geral, em partes por milhão de volume. Analise, com calma, a tabela 1.1 que apresenta alguns dos elementos químicos que compõem a nossa atmosfera:

COMPONENTES	FÓRMULA QUÍMICA	VOLUME % (AR SECO)
NITROGÊNIO	N ₂	78,08
OXIGÊNIO	O ₂	20,95
ARGÔNIO	Ar	0,93
DIÓXIDO DE CARBONO	CO ₂	350 ppm
METANO	CH ₄	2 ppm
HIDROGÊNIO	H ₂	0,5 ppm
MONÓXIDO DE CARBONO	CO	0,05-0,2 ppm
OZÔNIO	O ₃	0,02-0,03 ppm

Tabela 1.1 – Composição média da atmosfera pura e seca até 80km de altura. Fonte: Alterado de Cuadrat e Pita (2016, pg. 24).

Ppm – parte por milhão de volume

Atmosfera pura e seca: sem partículas sólidas em suspensão nem líquidas.

Os gases nitrogênio, oxigênio e argônio, aparecem em proporções sensivelmente constantes até altitudes aproximadas de 80 km, o que possibilita que os chamemos de gases permanentes. Porém, o papel essencial dos fenômenos do tempo recai nos gases variáveis, principalmente nos seguintes (Cuadrat & Pita, 2016; Ayoade, 2003; Gibbs, 2011; Brasero, 2013):

- a) **Dióxido de carbono:** Está na atmosfera pela ação dos organismos vivos e oceano, numa menor medida também se apresenta pela decomposição da matéria orgânica e a queima de combustíveis fósseis. Esta quantidade relacionada a variação de quantidade, é regulada pela fotossíntese e pela absorção da biosfera e dos oceanos, o que o mantém em equilíbrio e quantidades reduzidas;

b) Ozônio: Sua presença é relativamente pequena e está determinado pelo balanço entre as reações que o produzem e o destroem. Se origina na atmosfera superior pela dissociação das moléculas de oxigênio pela radiação ultravioleta e sua recombinação em ozônio, localizando-se principalmente entre 15 e 35km de altitude. É fundamental, pois é o único gás terrestre que absorve quase todas as radiações ultravioletas solares, protegendo a vida. O conteúdo de ozônio varia de forma considerável com a latitude, sendo baixo no Equador e alto acima de 50°. De latitude, além de também sofrer importantes mudanças estacionais, com um máximo na primavera e um mínimo no outono;

c) Vapor de água: É o elemento primordial da maior parte dos processos meteorológicos, além de um agente eficaz no transporte de calor e regulador térmico. Se origina da evaporação das águas superficiais e da transpiração das plantas, se difunde na atmosfera, onde sua concentração varia desde 5% em volume de ar próximo ao solo nas regiões equatoriais até quase desaparecer acima dos 10 ou 12 km de altitude;

d) Aerossóis: São partículas suspensas em pó, cinzas, sais e matéria orgânica, procedentes de atividades naturais e, numa forma mais recente de tempo, atividades humanas. Influem em absoluto na transparência do ar e desempenham funções decisivas no clima, pois atuam basicamente como núcleos de condensação na formação de nuvens e névoas. É um dos maiores problemas de contaminação do ar, quando em concentrações elevadas.

A atmosfera pode se dividir em camadas horizontais, com diferenças variáveis de pressão, temperatura, densidade, estado molecular elétrico e magnético, além da diferença de composição química que falamos a pouco. Com cada camada é possível tentar correspondência em seções de altitude e, em alguns casos, num contexto mais favorável, no modelo de estrutura. É importante saber que as pesquisas estão sendo feitas, mas ainda pairam muitas dúvidas a respeito da estrutura da atmosfera, desta forma não há uma definição aceita para níveis mais superiores em termos de camadas mais altas na nossa atmosfera.

Sendo assim, apresentaremos a visão mais clássica (Dominguez, 1979; Ayoade, 2003; Torres & Machado, 2008), utilizada no Brasil, que segue:

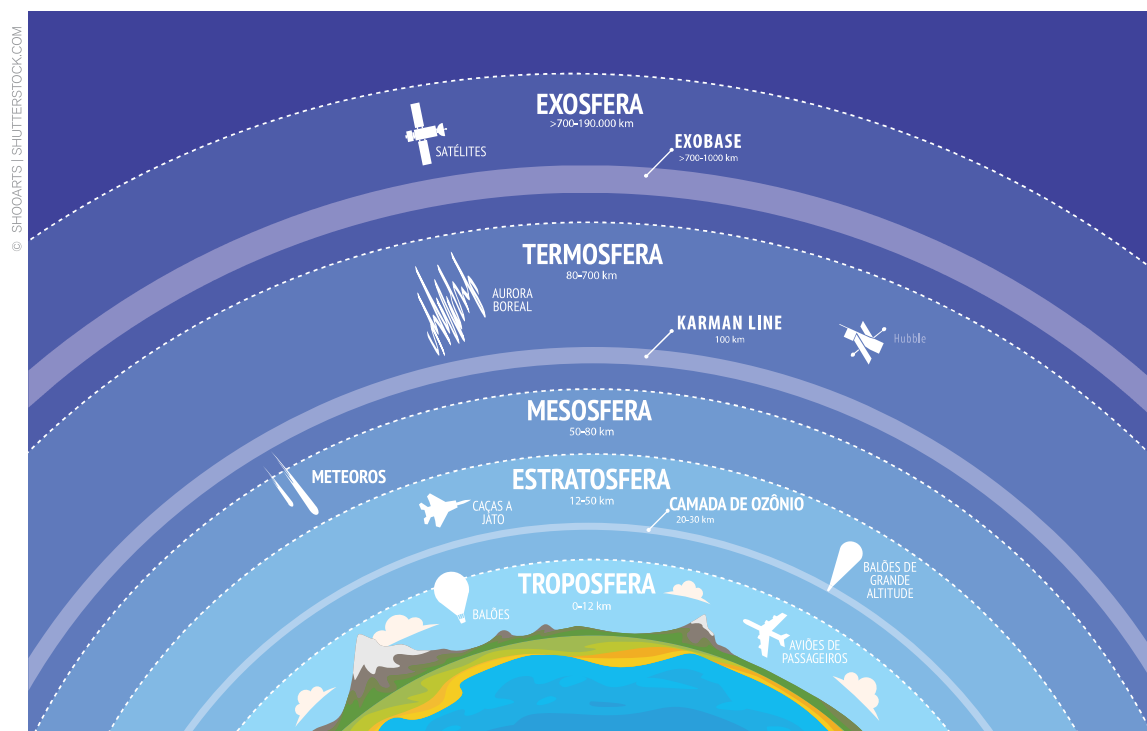


Figura 1.7 – Estrutura da Atmosfera Terrestre.

I. Troposfera

Diz-se entre amigos que estamos em um lugar justo com a roupa apertada. Brincadeiras à parte, esta é uma definição que podemos achar interessante na relação com a troposfera. É exatamente nesta camada que ocorre praticamente tudo o que nos interessa como humanos, de uma forma muito egoísta, se supõe.

Esta camada é a mais baixa da atmosfera, começa onde estamos e vai até, mais ou menos, 12 km de altura. Se quisermos ser mais exatos, podemos dizer que se estende de 8 até 10 km nas zonas polares e de 14 a 16 km nas zonas equatoriais. Nas zonas polares, a extensão da atmosfera é menor devido também a baixas temperaturas, que promovem uma contração dos componentes atmosféricos.

Na troposfera ocorrem a maior parte dos fenômenos climáticos, dentre eles os mecânicos ou aéreos – o vento -, os acústicos – o trovão -, os aquosos – a chuva -, os óticos – o arco-íris, e os elétricos – os raios.

Nesta camada se concentra quase toda a água presente em toda a atmosfera e é onde se criam as borrascas e anticiclones, ocorrem chuvas, tormentas, furacões, onde nascem e crescem nuvens.

Em termos de temperatura, sabe-se que diminui conforme a altura aumenta, ou seja, a média é de 0,6 °C a cada 100 metros de altitude. O limite mais alto/superior da troposfera é chamado de tropopausa e corresponde às temperaturas mais baixas da camada.

Especificamente, segundo Dominguez (1979), uma coisa interessante de sabermos é, que em relação a diferença de temperatura entre a região do Equador e a dos polos, é que sendo a tropopausa mais baixa nos polos (pois a altura da troposfera é menor nestes locais), a temperatura aqui diminui somente até 33 °C negativos, em média, enquanto que no Equador desce até 63 °C negativos.



CURIOSIDADE

Alguém poderia pensar “Como pode a temperatura baixar a medida que subimos em altura na atmosfera, se estando mais altos também estamos mais perto do Sol? O interessante é saber que o Sol não esquentar o ar diretamente, mas sim o solo, na realidade, a superfície da Terra. O Sol está tão longe (cerca de 149 milhões de quilômetros), que uns quilômetros mais acima ou mais abaixo não fazem diferença alguma em termos de temperatura.

Há um conceito chamado Diatermia, que define uma propriedade quase milagrosa e mágica do ar: é capaz de ser atravessado pelos raios solares sem esquentar. Milagrosa, porque sem sua existência estaríamos perpetuamente asfixiados em viver na base de uma capa de ar que já nos chegaria reaquecidíssima; e quase mágica porque os raios infravermelhos que chegam são absorvidos diretamente pelo solo, sendo somente, em parte, refletidos e retornados ao ar.

Desta forma você agora já compreende o porquê é mais calor na luz do Sol do que na sombra, pois é uma questão de absorção e reflexão de raios infravermelhos pelo solo e não tem nada a ver com a energia térmica do sol.

II. Estratosfera

Esta camada da atmosfera, que em nome quer dizer estratificação, vai desde a tropopausa até, mais ou menos, uns 50 km de altitude. Até 20-25 km seus valores térmicos se mantêm constantes ou com moderada diferença, mas acima disto, a absorção que o ozônio faz da radiação ultravioleta e parte da radiação visível e infravermelha, cria uma verdadeira capa quente de temperaturas de 0 °C a 10 °C, que culmina numa área conhecida como Estratopausa.

O ozônio possui forte concentração por volta dos 25 km de altitude, sendo uma fonte de calor para as camadas superiores, em contraste com a Troposfera que é aquecida principalmente por baixo (solo).

No quesito de aumento de temperatura, temos muitas controvérsias nesta camada da atmosfera, pois autores como Dominguez (1979) coloca que a temperatura pode chegar até 17 °C e outros autores como Ross (1995), mencionam que na capa de ozônio pode-se ter uma temperatura superior a 50 °C.

Além da temperatura, também há controvérsias sobre o quesito de circulação de ventos, pois sabe-se que são fortes e de leste a oeste em fluxos alternantes, mas estes sistemas são ainda pouco conhecidos e objetos de muitos estudos, principalmente aplicados à aviação.

Imagine: se no final desta camada pudessem viajar os aviões (falando em torno de 50 km), o que não ocorre atualmente, teríamos o anúncio do comandante dizendo que “Senhoras e Senhores, voamos a uma altura de 50 km acima do nível do mar e temos uma temperatura exterior a cabine de aproximadamente 50 °C. Para as pessoas que não conhecem as informações das diferentes composições da atmosfera pareceria normal mais abaixo estarmos mais frios, mas agora você já sabe que isso não ocorre desta forma, pois não está relacionado com o calor do Sol, a temperatura desta camada é mais quente pelo ozônio e a temperatura da Troposfera se diferencia por causa da energia do solo e sua reflexão de radiação. NÃO ESQUEÇA DISTO!

Vamos dar um destaque ao ozônio nesta parte de nossas conversas, pois o mesmo suscita muitas dúvidas devido as comunicações feitas pelas mídias nacionais.



Figura 1.8 – Molécula de ozônio.

Mais de uma vez, você já escutou que “Atenção, está previsto um aumento de nível de ozônio, as autoridades recomendam que as pessoas não façam os esportes ao ar livre e pessoas com problemas respiratórios, idosos e crianças, evitem sair no Sol”. Daí você pensa: “Mas o ozônio não é um gás bom que nos protege?”

Vejamos muito bem: o ozônio é exatamente as duas coisas, bom e ruim para nós, o que acontece é que tudo depende de onde se encontra. Se ele, o ozônio,

está ali em cima, na Estratosfera, formando parte da camada de ozônio, ele nos protege absorvendo os raios ultravioletas que seriam danosos a nós. Agora, se o ozônio se encontra na Troposfera, entre nós, por uma questão de poluição, principalmente, é um gás muito nocivo a nossa saúde, provocando, principalmente, problemas respiratórios.

Desta forma é muito importante sabermos que o ozônio troposférico é aquele que se referem as notícias, que acabam sendo alarmantes, confusas e desnecessárias em muitos casos, pois ainda não atingimos os níveis de poluição com ozônio a ponto de ficarmos totalmente desesperados. Digamos que podemos ficar um pouco preocupados a ponto de não poluir, mas entrarmos em desespero, ainda não.

Na Estratosfera, devido ao ozônio, é onde ouvimos dizer também sobre a inversão térmica, o que vemos que não é ruim, pelo contrário, é muito bom como você percebe pelas nossas explicações.



Figura 1.9 – Raios solares e a Terra com sua capa protetora junto a Lua.

Com isso, a dica é sempre ficar atento ao que se é dito, pois nem sempre corresponde à realidade quando o assunto é atmosfera, inversão térmica e camada de ozônio!

III. Mesosfera

É a camada que vai desde a Estratopausa até mais ou menos 80km de altitude, onde se apresenta uma outra descontinuidade chamada Mesopausa. Nesta camada

da atmosfera, a temperatura retorna a ser baixa, descendendo rapidamente conforme a altitude aumenta, chegando a 80-90 °C negativos na Mesopausa, tendo 3,5 °C a menos a cada quilômetro, estimadamente.

Em termos de composição, contém uma pequena quantidade de ozônio e vapores de sódio, que tem papel fundamental em processos de luminosidade na atmosfera total.

IV. Termosfera ou ionosfera

Esta camada da atmosfera vai desde a Mesopausa até mais ou menos uns 500km de altitude, sendo bastante rarefeita¹. No seu limite superior temos uma outra descontinuidade, chamada Termopausa.

Neste ponto, na camada Ionosfera, a atmosfera é bastante afetada pelos famosos “Raios X” e pela radiação ultravioleta, o que permite a ionização e o carregamento elétrico. Isto é muitíssimo importante para nós, pois é devido a esta propriedade elétrica e ionizante que de fato temos as transmissões de rádio e de televisão, já que refletem ondas de diversos comprimentos emitidas da Terra, possibilitando a captação pelas emissoras.

Em termos de temperatura, a mesma aumenta com a altitude, pois ocorre a absorção da radiação ultravioleta pelo oxigênio atômico, onde temos autores, como Cuadrat e Pita (2016) que dizem que as mesmas podem chegar até valores de 300 °C.

A Ionosfera e a Exosfera, podem ser também chamadas em conjunto como Atmosfera Superior por alguns autores.

V. Exosfera

É uma camada da atmosfera que se estende desde a Termopausa, de 500 km de altura aproximadamente, até mais ou menos 800 a 1.000km, mas muitas controvérsias estão a respeito desta informação. Mas convencionalmente, segundo Retallack (1977 *apud* Torres & Machado, 2008), estabeleceu-se o limite superior da atmosfera a uma altura aproximada de 1.000km a nível médio do mar.

Temos nesta estrutura, o predomínio dos átomos de hidrogênio e hélio, que são elementos muito leves e provocam cada vez mais a diminuição da densidade da atmosfera (a atmosfera vai se rarefazendo), tendendo a tornar-se vácuo. Aqui, a

1 Com pouca densidade.

densidade atmosférica é igual a do gás interestelar que a circunda e em termos de temperatura, as mesmas são elevadíssimas, além de também ocorrer a incidência de poeira cósmica.

Para finalizarmos este capítulo, é importante sabermos, assim como bem coloca Cuadrat e Pita (2016 – tradução nossa), que todo sistema possui uma estrutura que se relaciona, conforme o passar do tempo, com uma entrada (uma causa), com um impulso (de matéria ou energia) e uma saída (um efeito ou resposta); mantém, ainda, fluxos e transferências de massas ou energia e, com frequência, apresenta um estado de equilíbrio. Sendo assim, o nosso sistema climático é uma expressão de um sistema em equilíbrio global, dominado por relações e mudanças energéticas, com diferentes fatores de entrada que interferem no controle da parte central e no mosaico de climas do globo como resultante de todo um conjunto.



ESTUDO DE CASO

Observe esta matéria do jornal o Globo, de 30/06/2016, e comente de forma breve, conforme explicações sobre o ozônio e sua formação, o que podemos dizer sobre a notícia. Acesse o link: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2016/06/buraco-na-camada-de-ozonio-sobre-antartida-esta-diminuindo-diz-estudo.html>>.

O aluno deve comentar como o ozônio é formado, assim como colocado no texto, por dissociação de moléculas de oxigênio e por recombinação, não sendo uma constante. Este elemento também sofre influência, em quantidade, nas mudanças estacionais, com máximos e mínimos, conforme a estação do ano. Embora a notícia apresente dados de pesquisa, omita a informação que se refere a ozônio troposférico.



ATIVIDADES

01. Assinale a alternativa que **não** diz respeito a uma camada da atmosfera terrestre:

- a) Troposfera
- b) Criptosfera
- c) Ionosfera
- d) Estratosfera
- e) Exosfera

02. Assinale a alternativa que corresponde a um elemento que controla a absorção dos raios infravermelhos e ultravioletas do Sol:

- | | |
|--------------|---------------|
| a) Aerossóis | d) Nitrogênio |
| b) Ozônio | e) Argônio |
| c) Oxigênio | |

03. Qual das camadas da atmosfera corresponde a definição a seguir:

“Nesta camada da atmosfera, a temperatura retorna a ser baixa, descendendo rapidamente conforme a altitude aumenta, chegando a 80-90 °C negativos no seu limite superior, tendo 3,5 °C a menos a cada quilômetro, estimadamente”.

- | | |
|---------------|---------------|
| a) Troposfera | d) Exosfera |
| b) Mesosfera | e) Termosfera |
| c) Ionosfera | |



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p.

Brasero, R. **Entender el Tiempo para torpes**. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, 2013. 270p.

DOMINGUEZ, A. **A formação da Terra**. Rio de Janeiro: Salvat, 1979. 146p.

Fornaro, A. 2013. **Evolução da atmosfera terrestre**. Palestra. Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas DCA/IAG/USP. Disponível em: http://www.dca.iag.usp.br/www/material/fornaro/ACA410/evolu%E7%E3o%20quimica%20atmosfera_abril2013.pdf, acesso em: 31/10/2017.

Gibbs, J. A., E. Fedorovich, and A. M. J. van Eijk. Evaluating Weather Research and Forecasting (WRF) model predictions of turbulent flow parameters in a dry convective boundary layer. **J. Appl. Meteor. Climatol.**, 2011, v.50, p. 2429–2444.

Houghton, J. D. and Morel, P. The World Climate Research Programme. In: J. D. Houghton (ed.) **The Global Climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984, pp. 1–11.

ROSS, J. L. S. (org). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1995. 546p.

Torres, F.T.P; Machado, P.J.O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Editora Geográfica. 2008. 234p.

2

Elementos climáticos parte I - radiação, pressão e temperatura

Elementos climáticos parte I - radiação, pressão e temperatura

Quando falamos em elementos do clima, temos que saber que estão relacionados a um conjunto de componentes que caracterizam o tempo atmosférico e que estão inter-relacionados entre si e com a troposfera, segundo estudos de meteorologia.

Estes elementos são o resultado de muitas relações que provocam e produzem diversos e distintos fenômenos físicos que, além de lhes darem origem e se relacionarem com outros elementos, podem ser modificados concomitantemente pelos fatores climáticos.

Parece difícil de entender à primeira vista, mas não o é! Quando começamos a estudar estes elementos/componentes separados e pouco a pouco vemos que nada mais são do que assuntos que temos, rotineiramente, contato em nossa vida, pois são eles: temperatura, radiação, pressão atmosférica, precipitação, umidade, vento, evaporação, nebulosidade.

Estes assuntos fundamentam as bases científicas da climatologia e são as interconexões existentes entre esta nossa ciência e a meteorologia. Somente não podemos esquecer que os dados que precisamos em nossos estudos, para serem confiáveis, devem estar relacionados a um relativo período de tempo, relacionado a décadas ou mais.

Que tal, nesse capítulo, estudarmos um pouco mais a fundo a radiação, a temperatura e a pressão? Vamos nessa?



OBJETIVOS

- Apresentar conceitos sobre temperatura, radiação solar, insolação e pressão atmosférica;
- Discutir informações sobre a inversão térmica e as ilhas de calor;
- Explicar como são feitas as medições de pressão atmosférica e movimentação do ar.

Calor e temperatura: há relação?

Será que calor e temperatura significam a mesma coisa? Você já pensou sobre momentos em que está com muito calor mesmo com a temperatura estando baixa? Então, essa é uma reflexão que precisamos ter para entender o clima, pois calor e temperatura são dois conceitos estritamente relacionados entre si, mas não são a mesma coisa.

Calor é uma forma de energia, a energia calorífica, e como tal se mede em unidades energéticas². A temperatura não é uma forma de energia e mesmo sua definição precisa sendo muito complexa, podemos resumi-la dizendo que é a qualidade que determina a direção do fluxo calorífico entre dois corpos, ou seja, a medida da agitação das moléculas. A temperatura não se mede em unidades energéticas e sim em unidades específicas para esta magnitude, tal como os graus centígrados.

Sendo assim, quando colocamos dois corpos com temperaturas diferentes em contato, o mais quente cede calor para o mais frio até que tenham a mesma temperatura, momento a partir do qual estas permanecem constantes e o fluxo de troca é interrompido, chegando ao equilíbrio térmico entre ambos os corpos. Um exemplo disto é o que acontece quando medimos nossa temperatura corporal com o termômetro: a temperatura do líquido dentro dele (geralmente o mercúrio) fica em equilíbrio com a nossa temperatura.

Não obstante, a própria definição de temperatura implique que exista uma relação muito estreita entre essa e calor, relação que se traduz no fato de que quando adicionamos calor a um corpo, este normalmente aumenta sua temperatura. Pois bem, essa relação não é rígida e nem fixa. Assim, em determinadas circunstâncias podemos não ter a temperatura aumentada de um corpo mesmo com a adição de calor.

Este é o caso da água, quando alcança a temperatura de 100 °C, onde a partir deste momento, o calor adicionado não elevará a temperatura da água, apenas a utilizará para que a mesma mude de estado, do estado líquido para o gasoso, processo pelo qual se necessita de grandes quantidades de calor.

Por outro lado, nem todos os corpos elevam suas temperaturas à medida que lhes adicionamos a mesma quantidade de calor, definindo-se o calor específico de um corpo como sendo a quantidade de calor que temos que adicionar ao mesmo para que sua temperatura se eleve 1 °C, sendo uma magnitude variável de uma substância a outra.

	°C	K	°F
°C	1	-273,15	(°F-32)x1,8
K	+273,15	1	[(°F-32)x1,8]+273,15
°F	(°C x 1,8) +32	[(K-273,15)x1,8] +32	1

°C – grau Celsius; K – grau Kelvin; °F – grau Fahrenheit.

Tabela 2.1 – Conversão de unidades mais usuais para expressão de temperatura. Fonte: Pita (2016, p.461). Adaptado.

2 Ver tabela 2.1 de conversão entre as unidades mais usuais para a expressão da temperatura

Conforme explicam Torres e Machado (2008), temos três formas fundamentais de temperatura dentro da meteorologia: a temperatura do ar, da água e do solo. Apesar da temperatura ser influenciada por vários outros componentes, a altitude, a latitude, a continentalidade e a maritimidade são os principais.

De forma geral, a temperatura diminui em função do aumento da latitude, ou seja, a temperatura diminui à medida que se afasta do Equador, indo em direção aos Polos. Essa modificação na temperatura é basicamente decorrente de dois efeitos: a primeira causa está ligada à forma como se dá a incidência dos raios solares na superfície terrestre, que é “perpendicular” na faixa equatorial e de forma mais oblíqua em direção aos Polos (Torres & Machado, 2008, p.32).

Uma coisa importante de sabermos é que a temperatura dos Polos é muito baixa porque a neve tem uma grande capacidade de reflexão dos raios solares e não necessariamente por uma questão de diferença de ângulo de incidência dos mesmos, onde maior reflexão gera menor aquecimento, segundo Sadourny (1994, *apud* Torres & Machado, 2008).



Figura 2.1 – O frio de locais com neve está relacionado, principalmente, a maior reflexão dos raios solares.

A atmosfera, como já sabemos, busca constantemente um equilíbrio e o tempo é a manifestação dos intercâmbios que ocorrem durante esta busca. Assim sendo,

vamos deixar claro uma coisa: sabemos quando dois corpos com temperaturas distintas entram em contato, o quente cede calor para o mais frio para equilibrar suas temperaturas; a partir disso então, constatamos que: não existe frio, somente existe uma ausência de calor.

Assim funcionam os equipamentos de ar condicionado em nossa casa: “roubam” calor do ar que está dentro da habitação e o “expulsam” condensado no exterior. A casa fica com ar mais fresco, enquanto no exterior, se alguém passa por baixo do equipamento neste exato momento, pode ter uma gota de água em sua cabeça: o calor do ar, condensado e transformado em água. A mesma coisa acontece com a geladeira: se colocar a mão atrás deste equipamento, sentirá onde está escapando o calor que se tira do ar do interior do local.

Observação: Em questão de temperatura tudo é calor ou ausência dele! Não esqueça que tudo o que se passa ao nosso redor é uma formidável e constante troca de energia e as diferenças entre as entradas e saídas de calor é o que denominamos de balanço energético.

Ciclo energético: radiação

Assim como o ciclo hidrológico, podemos falar em um ciclo energético: chega a nós a radiação solar que é o aporte de energia que necessita nosso Planeta; essa energia começa a funcionar na nossa atmosfera e os oceanos e plantas os devolvem depois para o Espaço.

O ciclo começa com o Sol, que é a fonte que emana a energia necessária para que possamos sobreviver. Essa energia se cria no núcleo do Sol e sobe até sua superfície, chamada “Fotosfera”, e daí chega a nós em forma de radiação, que são ondas eletromagnéticas. São de vários tipos, mas o que distingue umas das outras é a longitude das ondas.

Segundo alguns autores (Brasero, 2013, p. 82; Cuadrat & Pita, 2016, p. 43; Jimeno, 200, p.11), podemos resumir os vários tipos:

- a) Raios Gama e Raios X: São as menores longitudes de onda e apenas chegam a nós na borda de nossa atmosfera;
- b) Raios Ultravioletas: Também possui uma longitude de onda pequena, cerca de 0,1 a 0,4 micrômetros, um pouco maior que a dos raios anteriores, mas em sua maior parte, ainda é refletida pela atmosfera. Junto com os raios X e o Gama, transportam aproximadamente 9% da energia total emitida pelo Sol;

c) Luz Visível ou Luminosa: Raios com longitude superior, com cerca de 0,4 até 0,78 micrômetros, transportam cerca de 41% da energia total do Sol. Neste caso, temos uma subdivisão, dependendo também da longitude de onda: da menor para a maior, primeiro temos a luz azul e violeta, depois a verde e amarela e por último, a luz vermelha, que é a que chega mais longe (figura 2.2).



Figura 2.2 – Espectro visível de luz. Fonte: <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/cor-dos-objetos.html>>

d) Raios Infravermelhos: Possuem longitudes de onda compreendidas predominantemente entre 0,78 a 3 micrômetros, transportando os 50% restantes da energia solar.

O conjunto de todos esses são conhecidos como **Espectro Solar**. Até a superfície terrestre, se chega a luz visível e uma pequena parte das ultravioletas e infravermelhas. Quando nos referimos a “parte visível” do espectro, estamos falando da longitude da onda, referindo-se aos raios que estão entre os ultravioletas e os infravermelhos.

Todas estas radiações partem do Sol e chegam em primeiro lugar ao limite superior da atmosfera onde fornecem, em média, uma quantidade de energia equivalente a $348,7\text{W/m}^2$, que apresenta uma distribuição desigual de radiação entre as diferentes latitudes (tradução nossa, Cuadrat & Pita, 2016, p. 44).

A quantidade de radiação solar recebida nos distintos pontos do limite superior da atmosfera varia em função dos eixos: o tempo de exposição ao Sol de cada um desses pontos e o ângulo com que incidem os raios solares.

Segundo Cuadrat e Pita (2016 – tradução nossa), em relação ao tempo, quanto maior for o tempo de exposição ao Sol, maior será a radiação recebida. O ângulo de incidência dos raios solares atua de forma similar, determinando níveis de recepção maior quanto maior for o ângulo, sendo assim, um elevado ângulo de incidência determina que os raios solares se distribuam sobre uma pequena superfície, incrementando-se assim, a intensidade da radiação, por conseguinte, à medida que diminuimos o ângulo de incidência dos raios solares, sua distribuição será cada vez mais ampla, reduzindo progressivamente a intensidade da radiação.

Uma coisa é importante de sabermos aqui: a quantidade menor ou maior de radiação que recebemos depende do Sol e sua atividade, mas absorver a radiação recebida é outra coisa, porque depende de como a Terra recebe esta radiação. Isto depende da rotação, da inclinação do eixo e do albedo³.

abemos que devido a rotação, existem, na Terra, a noite e o dia. Portanto, um período que estamos expostos ao Sol e outro que não estamos expostos. Também a forma de nosso Planeta é fundamental: se fosse plana, o Sol incidiria em todas as partes por igual – com o mesmo ângulo – mas ao ser esférica, os raios esquentam mais as latitudes baixas que as altas e, sobretudo, no Equador, que é onde os raios incidem em ângulo reto.

Além da forma e da rotação, o movimento ao redor do Sol é importante também, pois a Terra faz “esta viagem” inclinada sobre seu próprio eixo e isto provoca com que, segundo o ponto deste trajeto em que se encontra, o tempo de exposição aos raios solares e o ângulo de incidência destes, seja distinto nas diferentes zonas, daí como resultado, temos as estações do ano.

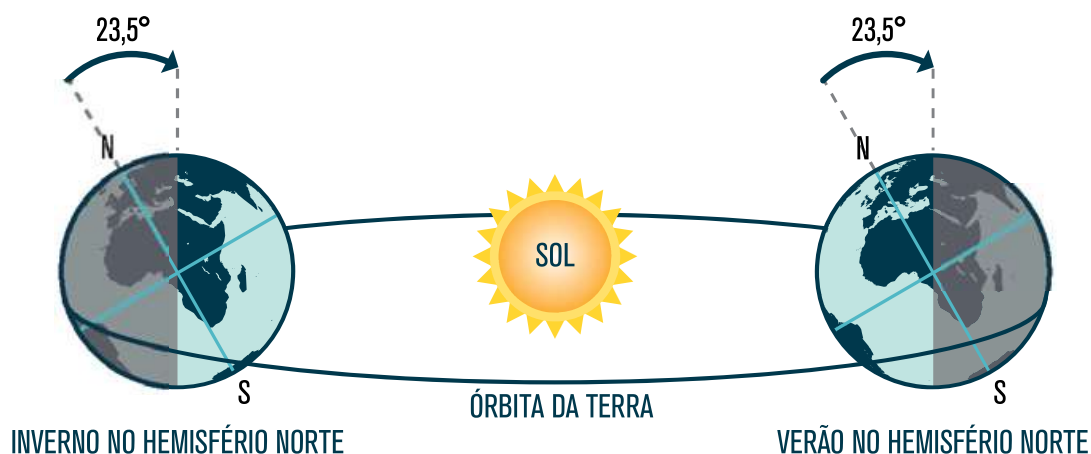


Figura 2.3 – Diferentes incidências de raios solares em diferentes momentos e pontos do movimento de translação.

? CURIOSIDADE

As estações do ano, na realidade, existem para os habitantes das latitudes médias, mais ou menos o que está próximo aos trópicos de Câncer (ao norte da linha do Equador) e de Capricórnio (ao sul da linha do Equador). Isto ocorre devido as áreas mais próximas ao Equador, em regiões tropicais, não se ter uma mudança estacional bem marcada ao longo

³ É a distinta capacidade das superfícies de refletirem a radiação solar. Muitos autores dizem que o albedo é a razão entre a radiação refletida pela superfície e a radiação incidente sobre ela.

do ano, pois o ângulo de incidência dos raios solares não é alto o tempo todo, tendo uma divisão mais demarcada pelas estações de chuva. Se Vivaldi, o famoso compositor italiano do século XVIII, tivesse vivido em uma região tropical, não teria composto a famosa música “As quatro estações”.

Quanto ao albedo, como visto anteriormente que é a porcentagem de energia que é refletida por um corpo em relação ao total de energia incidida sobre ele, podemos dizer que está relacionado, principalmente, a cor destas superfícies. As cores mais claras refletem uma quantidade muito maior de radiação solar que as cores mais escuras. É o caso da neve, do gelo, das nuvens, que se tornam verdadeiros “espelhos” que devolvem as radiações que recebem. Vamos analisar alguns exemplos na tabela 2.2:

TIPO DE SUPERFÍCIE	ALBEDO (EM %)
Mar em calma	2-5
Mar agitado	2-10
Selva equatorial	5-15
Bosque boreal no verão	10-20
Savana tropical seca	20-25
Areia seca	25-30
Neve antiga	50-70
Neve fresca	80-90
Asfalto	7%
Concreto	22%

Tabela 2.2 – Albedos para distintos corpos da natureza. Fonte: Adaptado de Ariel (1984 *apud* Cuadrat & Pita, 2016) e Soares & Batista (2004 *apud* Torres e Machado 2008).

Temos que ter em nossa cabeça que a cor tem uma relação direta com a radiação solar e que, além do caso do albedo, comentado anteriormente, temos uma situação inversa na dissipação do calor previamente absorvido pelos corpos escuros, ou seja, os corpos escuros são os que tem maior capacidade de irradiar calor.

Exemplo disso é o asfalto: se caminharmos por ele descalços num dia de muito calor perto do meio dia, nos queimaremos facilmente, assim como se estivermos em um local onde ele esteja menos quente, vamos sentir o calor saindo do mesmo.

Uma vez que já compreendemos como chega a radiação solar e suas consequências aqui na Terra, vamos ver como é que funciona esse balanço/equilíbrio de energia.

Ciclo energético: equilíbrio/balanço

Do total de radiação que emite o Sol, apenas cerca de 52% chega efetivamente a superfície terrestre. Nesse momento você deve estar se perguntando para onde foram os outros 48%. Pois bem, grande parte do que não chegou a nossa superfície foi perdido no caminho até nós e também em nossa própria atmosfera, onde uma parte das radiações é absorvida ou refletida (como vimos anteriormente).

Conforme Brasero (2013, p. 87 – tradução nossa), a atmosfera absorve 23% da radiação que incide em seu limite superior e isto ocorre devido a dois fatores:

1. Ao ozônio que ali existe e absorve a radiação ultravioleta (como vimos no capítulo 01 de nosso livro);
2. Ao CO₂ e ao vapor d'água, que absorvem a radiação infravermelha. Por outro lado, a atmosfera rejeita cerca de 25% da radiação pelo processo chamado de “reflexão”.

O autor continua explicando que estes são valores médios, uma vez que vários dos principais agentes que trabalham na absorção e na reflexão não possuem uma presença fixa em todos os lugares do planeta. Este é o caso do vapor d'água, que é um grande “absorvente” de radiação infravermelha, ou seja, de calor, assim como também é o caso das próprias nuvens (presentes ora sim e ora não e mais abundantes em algumas regiões que em outras), pois possuem um duplo papel, tanto como absorvedoras (pelo vapor da água que transportam), como também de rejeitadoras de radiação (os raios chegam até elas e são refletidos).

Ainda temos mais um pormenor no caso da quantidade de radiação que fica na atmosfera: dos 52% da radiação total que chega a superfície terrestre, esta também reflete cerca de 5%, absorvendo apenas 47% do total enviado pelo Sol.

Para que entenda de forma mais direta, veja a tabela 2.3:

DOS 100% DA RADIAÇÃO SOLAR	
30% refletida diretamente	70% absorvida
25% pela Atmosfera	23% pela Atmosfera
5% pela superfície terrestre	47% pela superfície terrestre

Tabela 2.3 – Balanço da radiação que entra na Terra e que fica na superfície. Fonte: Brasero (2013, p. 87).

Bem, agora vamos refletir sobre os 70% de radiação absorvida. Veja, não podemos ficar com tudo isso, pois este valor elevaria de tal forma a temperatura aqui que não teríamos uma viva alma na superfície. O que acontece é que há que se devolver um pouco disto também através de radiação: todos os corpos com uma temperatura superior a zero absoluto (-273°C) que armazenam calor, começam por sua vez a perdê-lo, ou seja, a emitir radiação.

Veja um exemplo disso: todos notamos que a noite faz mais frio. Isso ocorre porque a superfície terrestre irradia o calor acumulado durante o dia. Lembra do que dissemos sobre não existir frio e sim ausência de calor? Então, neste caso faz frio durante a noite porque a Terra solta o calor acumulado de dia.

Esse calor, em forma de radiação infravermelha, escapa da atmosfera, mas pode também novamente refletir e voltar a superfície. Sabe por que? Lembra quando falamos sobre os elementos eficazes na reflexão da radiação? Pois bem, as nuvens. Assim sendo, nas noites com céu sem nuvens, o calor é liberado em forma de radiação infravermelha de forma livre e é mais frio, já quando o céu está com mais nuvens esse calor não se perde em todo, tendo noites um pouco menos frias. Um exemplo disso são as geadas que ocorrem no sul do Brasil, principalmente em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Noites frias com o céu encoberto de nuvens, ocasionam as chamadas geadas, onde o solo e as plantações amanhecem cobertas de pequenos blocos de gelo.

Bem, precisamos também refletir uma outra coisa: se considerarmos nosso Planeta como uma união entre atmosfera e superfície terrestre, teremos um balanço equilibrado entre o que entra e o que sai de radiação, mas se considerarmos em separado, teremos uma bela “armadilha”.

Veja: a superfície terrestre, que ficou com cerca de 47% da radiação – devolve somente cerca de 17,5% e fica ainda com cerca de 29,5% de energia, o que é um

superávit. Já na atmosfera ocorre justamente o contrário: irradia ou libera mais do que recebeu (já que temos além do que chega do Sul, o *plus* que vem da superfície), ficando com um déficit de 29,5%. Os dois juntos, os números casam, mas em separado, ocorre uma defasagem (Cuadrat & Pita, 2016; Brasero, 2013; Ayoade, 2003).

Nesta defasagem está a chave do funcionamento de nossa “máquina climática”, porque é o motivo para que ocorram as mudanças energéticas, tendendo a um equilíbrio, neste caso, entre Terra, oceanos e Atmosfera.

Neste ponto, também temos que pensar que esse equilíbrio é resultado do uso que fazemos da radiação absorvida, e que, ao ser excedente em um caso e deficiente em outro, tem-se que ocorrer trocas entre a superfície da Terra e a Atmosfera para que ocorra o balanço térmico e nestas trocas estão, como já sabemos, os motivos para que ocorram as mudanças de tempo.

Segundo Brasero (2013, p.89 – tradução nossa), uma grande parte dessa energia se usa para esquentar o ar e este pode subir: aqui temos o princípio da convecção do ar, a origem dos ventos (que veremos em um outro capítulo). A outra grande parte do calor é usada para a evaporação da água, dando início ao conhecido ciclo hidrológico, origem de nuvens e chuvas.

Insolação e inversão térmica

Insolação é um conceito muitas vezes confundido com radiação, mas isso não é verdade. Há uma diferença entre os dois conceitos que é fundamental. Como já vimos, segundo Tubelis e Nascimento (1984 apud Torres e Machado 2008), a radiação solar é a energia recebida pela Terra na forma de ondas eletromagnéticas, provenientes do Sol, sendo toda a energia que o globo terrestre dispõe. Já a insolação é a duração do período do dia com luz solar ou a duração do brilho solar.

A insolação não é igual em todo o globo, tendo maiores quantidades nas zonas subtropicais sobre os principais desertos da Terra, devido à baixa nebulosidade, em comparação com a região equatorial. Conforme nos explica Ayoade (2003, p.54), “os valores de insolação diminuem em direção aos Polos, atingindo seu mínimo em torno das latitudes de 70° – 80° no hemisfério Norte e de 60° – 70° no hemisfério Sul, o que se deve pelo fato de termos uma grande quantidade de água nos oceanos, que é maior que a massa de terra nos continentes do hemisfério Sul, com mais água evaporando, conseqüentemente, mais nebulosidade, conforme continua explicando o mesmo autor.

Para entendermos inversão térmica, vejamos o que explicam Torres e Machado (2008, p. 188):

O fenômeno da Inversão Térmica ocorre quando uma camada de ar quente fica sobreposta a uma camada menos quente (mais fria), o que impede a mistura da atmosfera em ascensão vertical. O referido fenômeno funciona assim: normalmente, o ar próximo à superfície do solo está em constante movimento vertical, devido ao processo convectivo (correntes de convecção). A radiação solar aquece a superfície do solo e este, por sua vez, aquece o ar que o circunda; este ar quente é menos denso que o ar frio, desse modo, o mesmo sobe (movimento vertical ascendente) e o ar frio, mais denso, desce (movimento vertical descendente). O ar frio no que toca a superfície do solo recebe calor do mesmo, esquenta, fica menos denso, então sobe, dando lugar a um novo movimento descendente de ar frio. E o ciclo se repete. O normal, portanto, é que se tenha ar quente numa camada próxima ao solo, ar frio numa camada logo acima desta e ar ainda mais frio em camadas mais altas, porém, em constantes trocas por correntes de convecção (Torres e Machado, 2008, p. 188).

Na inversão térmica, (condições desfavoráveis podem, entretanto, provocar uma alteração na disposição das camadas na atmosfera. Geralmente no inverno, pode ocorrer um rápido resfriamento do solo por uma entrada de massa de ar fria ou um rápido aquecimento das camadas atmosféricas superiores, quando, por exemplo, nas primeiras horas do dia o Sol iluminar as partes mais elevadas em detrimento ao fundo do vale, isso faz com que se tenha a formação de uma camada de ar mais quente nas partes mais elevadas e uma camada mais fria no fundo do vale (figura 2.5). Quando isso ocorre, o ar quente fica por cima da camada de ar frio, passando a funcionar como um bloqueio, não permitindo os movimentos verticais de convecção: o ar frio próximo ao solo não sobe porque é o mais denso e o ar quente que lhe está por cima não desce, porque é o menos denso (Torres e Machado, 2008, p. 188).



Figura 2.4 – Foto ilustrativa de inversão térmica.

A inversão térmica é justamente o que chamamos de “Ilhas de Calor”, que ocorre em locais com grande urbanização, no caso, locais onde há pouca possibilidade de circulação de ventos.

Pressão atmosférica

Bem, agora já temos como falar sobre o ar, que embora parece um tema simples, não o é, e pelo contrário, ele é uma questão que pesa levemente em nossas cabeças. Sim, o ar pesa e pesa muito! Para sermos exatos, podemos dizer que o ar pressiona: empurra para baixo. Não é como o nível do mar que tem uma forma constante de pressão conforme o local, pois na atmosfera as coisas não são tão constantes assim. Podemos dizer que em alguns pontos temos mais atmosfera que em outros.

Mas como isso é possível? Vamos explicar. O ar está formado por moléculas de distintos elementos que estão submetidos a força da gravidade como qualquer coisa aqui na Terra. Portanto, na parte mais próxima da crosta terrestre, a atmosfera é mais densa, tem um maior número de moléculas próximas ao solo. A medida que nos distanciamos da crosta, a atmosfera fica menos densa, o ar mais leve,

exercendo uma pressão e peso menor, não esquecendo que quanto mais subimos, menos atmosfera temos.

Mas voltando a pressão, se formos a definir em termos físicos, podemos dizer que ela é o resultado de uma força exercida sobre a superfície, que por sua vez, a força pode ser dita como o produto da massa de um corpo pela aceleração que o impulsiona e, esta força pode ser denominada de peso quando a aceleração for a da gravidade.

As primeiras medidas da pressão atmosférica se realizaram no século XVII por Torricelli e este experimento leva o nome de experimento de Torricelli. Para ver uma recriação desse experimento, assista ao vídeo do Professor Luis Ignacio García da Escola Secundário Magdalena de Avilés, nas Astúrias - Espanha, no link a seguir: <<https://www.youtube.com/watch?v=BSo9fSTJcEE>>.

Este experimento permitiu a medida da pressão atmosférica e constituiu a base para os principais instrumentos de medida desta magnitude: os barômetros de mercúrio (figura 2.5).



Figura 2.5 – Barômetro de Mercúrio. Fonte: <<http://www.salcas.com.br/barometro-de-torricelli-4711-e-4712-salcas>>. Acesso em: 26/11/2017.

Hoje temos também outros tipos de barômetros, como o caso do barômetro portátil chamado **aneroide** (figura 2.6). Temos também o **altímetro** (figura 2.7), que é um tipo de barômetro, mas este nos fornece a altitude, uma vez que a pressão também é relativa a altitude. Agora para medirmos a pressão de fluídos (líquidos e gases) em ambientes fechados, temos o **manômetro** (figura 2.8).



Figura 2.6 – Aneróide.



Figura 2.7 – Altímetro. Fonte: <http://www.takeoffbriefing.com/el-altimetro/>>. Acesso em: 26 nov. 2017.



Figura 2.8 – Manômetro. Fonte: <<http://www.cmphidraulica.com.br/Manometros.aspx>>. Acesso em: 26/11/2017.

A medida da pressão atmosférica no Sistema Internacional de Unidades é feita em Pascal, onde, ao nível do mar, temos um valor de 101.325 Pa e que correspondem a 760 mmHg de mercúrio (que é 76 cmHg marcado em uma coluna, como a que viu no experimento de Torricelli). Não esqueça que conforme a altitude aumenta, a pressão diminui!

Veja como é essa medida:

$$p_{\text{ATM}} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa (ou seja, 101.325 Pascal)}$$

Para termos uma breve ideia de como a pressão se altera conforme a altitude, vamos analisar a tabela 2.4 a seguir:

ALTITUDE EM METROS	PRESSÃO ATMOSFÉRICA EM MMHG
0	760
600	707
1200	658
3000	527

Tabela 2.4 – Variação da pressão atmosférica de acordo com a altitude. Fonte: alterado de <<https://www.algosobre.com.br/fisica/pressao-atmosferica-e-a-experiencia-de-torricelli.html>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

Uma coisa importante de sabermos é que, às vezes, os instrumentos de medida de pressão indicam uma pressão mais alta ou mais baixa que a de referência. Mas você deve estar se perguntando: o que significa isso?

Veja: quando a pressão é baixa, o equipamento quer dizer que uma perturbação está próxima, pois de fato áreas de baixas pressões são áreas de ar menos denso e que absorvem ar de todas as direções, ou seja, haverá uma borrasca. Um exemplo disso é quando o solo (mas também o mar) esquenta. O ar que se encontra sobre o mesmo também se faz mais quente e menos denso tendendo a se elevar, deixando para trás baixas pressões. Por outro lado, as altas pressões se formam quando o ar está mais frio, tendendo a descer e comprimindo os estratos subjacentes, ou seja, sinônimo de bom tempo, que também pode ser chamado de anticiclones (Pinna, 2000, p. 29 – tradução nossa).

Para esclarecer melhor, vamos ver o que Torres & Machado (2008, p.40) explicam:

As áreas de baixa pressão (BP) são denominadas de ciclones ou áreas ciclônicas, e são receptoras de ventos. As áreas de alta pressão (AP) são denominadas de anticiclones ou áreas anticiclônicas e são áreas dispersoras de ventos. No hemisfério Sul, em uma região de baixa pressão, o ar representa um movimento para o interior do núcleo, no sentido horário. Em uma região de alta pressão, o ar se move para fora do núcleo, no sentido anti-horário, como no hemisfério Norte.

Veja que este movimento de ar, lá no fundo, também tem como responsável o Sol. O mecanismo fundamental para que a atmosfera se mova é a radiação solar que esquentam a Terra, mas como vimos, de maneira distinta em locais diferentes.

Na realidade, a culpa é do Sol e também da irreduzível tendência ao equilíbrio que tem nosso Planeta e, portanto, também da atmosfera.

Sendo assim, reforçando o que vimos, esta movimentação do ar está relacionada, principalmente, às questões de pressão atmosférica e pode ser de forma vertical ou horizontal, tudo uma questão de aceleração e radiação.

Finalizando nosso capítulo, é importante reforçarmos que o ciclo energético da Atmosfera não é uma coisa simples e lógica. Por muitas vezes os fenômenos se alteram e todo o ciclo é influenciado, desta forma, gerando fatos diferentes das previsões.



ESTUDO DE CASO

Pesquise sobre o que é um anticiclone e dê exemplos de épocas do ano que ocorrem. Diga também se no local onde você vive, são comuns ou não.

O aluno deve comentar que o anticiclone nada mais é que um nome dado, pela climatologia, para o bom tempo, que é o contrário da borrasca que ocorre quando há pressões baixas na atmosfera e grande formação de nuvens. No Brasil, por ser um país tropical, temos bom tempo quase o ano todo, mas principalmente na primavera e no outono, uma vez que no verão há muitas borrascas e no frio há mal tempo.



ATIVIDADES

01. A definição a seguir, corresponde a qual propriedade da atmosfera terrestre?

“... é uma forma de energia, a energia calorífica, e como tal se mede em unidades energéticas.

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| a) Calor | d) Inversão térmica |
| b) Temperatura | e) Borrasca |
| c) Movimentação de ar | |

02. Assinale a alternativa que corresponde a propriedade que é medida em unidades específicas de graus centígrados:

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| a) Calor | d) Inversão térmica |
| b) Temperatura | e) Borrasca |
| c) Movimentação de ar | |

03. Qual alternativa completa a frase a seguir?

“Do total de radiação que emite o Sol, apenas cerca de _____ chega efetivamente a superfície terrestre.

- a) 52% c) 25% e) 75%
b) 48% d) 100%
-



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p.

Brasero, R. **Entender el Tiempo para torpes**. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, 2013. 270p.

Cuadrat, J.M.; Pita, M. F. **Climatología**. 8 ed. Espanha: Cátedra, 2016. 496p.

Jimeno, M. L. **Climatología y Meteorología Agrícola**. Espanha: Paraninfo, 2000. 451p.

Pinna, L. El clima. **Enciclopédia Hiperlibros de la Ciencia**. v.8. Madri: Editex. 94p.

Pita, M.F. **O balanço de calor no planeta**: calor e temperatura. In: Cuadrat, J.M; Pita, M.F. *Climatologia*. Madrid: Cátedra Geografía, 2016. 496p.

Torres, F.T.P; Machado, P.J.O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Editora Geográfica. 2008. 234p.

3

Elementos climáticos
parte II - umidade,
precipitação.

Fatores climáticos
parte I - ar e ventos

Elementos climáticos parte II - umidade, precipitação. Fatores climáticos parte I - ar e ventos

Como vimos no capítulo anterior, falar em temperatura atmosférica, radiação e pressão é uma coisa relativamente simples, pois apesar do sensacionalismo da mídia sobre estes assuntos por causa do temido “buraco na camada de ozônio”, a radiação e a temperatura são controladas por fatores atmosféricos que, por muitas vezes, não são afetados pelas atividades humanas. Além disso, vivenciamos estes fatores literalmente os “sentindo na pele”.

A partir destes primeiros assuntos já vistos, podemos agora aprofundar nosso conhecimento falando sobre os outros elementos climáticos que vivenciamos. São eles: a umidade, a precipitação, a nebulosidade, os tipos de nuvens, os elementos relacionados ao ar e ao vento e entender sobre a latitude e como ela influencia todos os outros elementos climáticos.

Quem nunca olhou para o céu e se perguntou sobre a forma das nuvens ou se realmente elas não podem ser “tocadas”? Também sempre nos questionamos sobre o porquê, muitas vezes, a chuva é acompanhada de forte ventania, será que é só para nos molharmos?

Então, vamos nos munir de conhecimentos para podermos entender e refletir sobre se há respostas na ciência destes “devaneios” que temos.

A primeira coisa a termos em mente é que precisamos ter cuidado com o tipo de literatura que lemos sobre estes assuntos, pois elas podem nos confundir ou até enganar! Muito cuidado com jornais e revistas! Aqui temos o caminho certo: a academia, a ciência e nossa curiosidade universitária.

Vamos, então, à nossa leitura?



OBJETIVOS

- Apresentar conceitos sobre umidade, precipitação, nebulosidade e tipos de nuvens;
- Discutir informações sobre a circulação do ar, zonas de convergência e reconhecer centro de ação do ar;
- Explicar os tipos de ventos, massas de ar e latitude.

Umidade, precipitação e nebulosidade: uma questão de água

Por que com esse calor todo tenho a impressão de que minha roupa está molhada sem ser de suor? Como pode chover tanto com o calor que estava de “secar os olhos”? Bem, essas são perguntas que podem ser explicadas de forma simples. Para isso, vamos primeiro entender o que são os fatores que envolvem essas duas dúvidas, para depois refletirmos sobre possíveis respostas.

Vamos começar pelo ciclo da água, pois ele vai nos ajudar a entender todo o resto. Este ciclo demonstra a circulação global da água desde a superfície terrestre, oceanos e a atmosfera, além de apresentar as diferentes maneiras em que a água se manifesta: a evaporação, a transpiração, a condensação, a precipitação, a acumulação, a infiltração e escoamento.

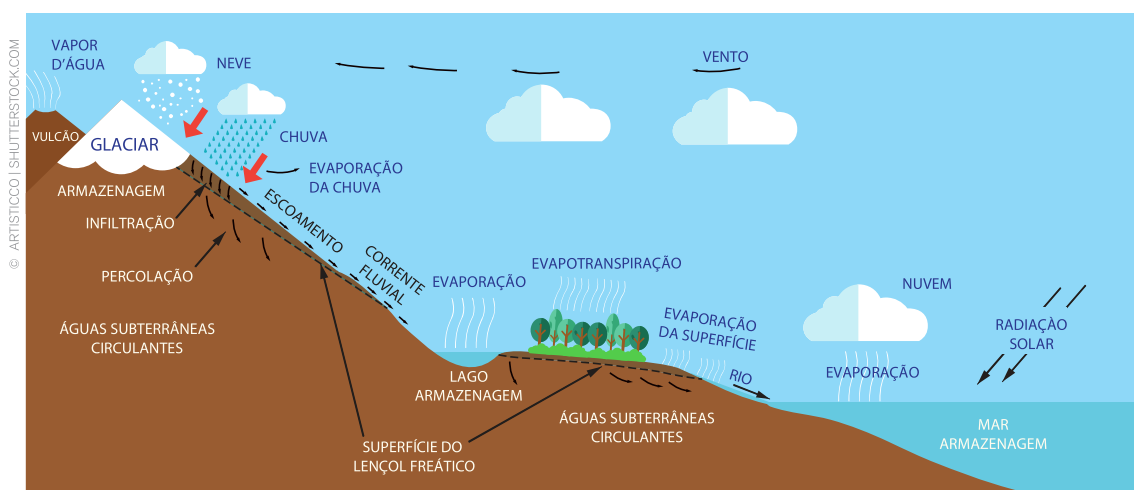


Figura 3.1 – Ciclo hidrológico. Adaptado.

Vamos iniciar explicando este ciclo pelas massas de água oceânicas e continentais. Delas se desprende água de forma constante devido ao calor solar, e esta água, em forma de vapor, é incorporada pela atmosfera, onde pode ser levada a outros locais através dos ventos. Ao esfriar, se condensando, essa água em forma de vapor, se transforma em pequenas/minúsculas gotículas, formando as nuvens e a névoa, que podem desprender neve, chuva ou granizo. Um fato interessante, é que durante esta caída das nuvens a água pode novamente evaporar e se manter, em parte, na atmosfera. O que efetivamente cai até a superfície, retorna aos oceanos e continentes. Quando em continente, a água pode ser armazenada no solo (infiltração) indo para o subsolo, onde circula lentamente e retorna para a superfície em direção aos rios e oceanos. Além disso, a água em superfície pode

permanecer por um longo tempo reservada, como é o caso dos glaciares e, pode também circular sobre a superfície do terreno, formando rios que levam à água aos lagos ou mar. Ao longo deste processo no continente, também pode evaporar em parte e voltar à atmosfera. Sendo assim, tanto retornando para atmosfera a partir do continente ou caindo no mar, a água retorna por evaporação para atmosfera e o ciclo se inicia de novo.

Justamente, este constante movimento da água e sua contínua transformação fazem parte de um processo muito complexo e bem dinâmico onde há o equilíbrio da umidade que sai da superfície como vapor e a que regressa como líquido, que parte se mantém.

Com isso, podemos presumir que a umidade, também conceituada de forma muito simplista, nada mais é que a quantidade de água no ar. Isso mesmo, quanto de água o ar contém. De acordo com Ayoade (2003), embora a representação do valor em massa do vapor d'água na atmosfera seja muito pequena, é cerca de 2% e em volume 4%, podemos dizer que a água é o componente atmosférico mais importante na determinação do tempo e do clima.

As quantidades de vapor d'água na atmosfera não são constantes, além de variarem muito de lugar para lugar e variarem também conforme o tempo, podendo estar entre quase zero (em ambientes muito quentes e áridos) até 4% em trópicos úmidos (4 gramas de vapor d'água em 100 gramas de ar), passando por cerca de 3% em latitudes médias (Miller, 1977 - tradução nossa).

A quantidade de vapor d'água em 100 gramas de ar é a forma que medimos a chamada **umidade absoluta** e é medida na unidade chamada bar.

Temos também uma outra forma de medida de umidade, em relação a saturação do vapor d'água no ar, que é a chamada **umidade relativa**. Esta medida, é a razão entre a medida da umidade absoluta atual e a maior umidade absoluta possível (que se relaciona com a temperatura atual), segundo Vila (1997 – tradução nossa).

Veja, quando ouvimos falar que a possibilidade de chuva é grande, é porque a umidade relativa do ar se aproxima de 100%, ou seja, o ar está totalmente saturado de vapor d'água, nem que for no local próximo às nuvens.

Conforme explica Torres & Machado (2008, p. 35), “a concentração máxima de vapor d'água ou saturação cresce com o aumento da temperatura, ou seja, com maior temperatura, o ar se torna mais quente e se expande, podendo conter maior quantidade de vapor”.

Desta forma podemos entender nossa pergunta inicial sobre umidade, onde sabemos que quanto maior calor, maior a possibilidade de retenção de umidade

no ar, daí aquela nossa sensação incômoda de estarmos com as roupas molhadas, mesmo sem estarmos suando.

Munidos, agora, com as informações do ciclo da água e da umidade do ar, podemos falar de nebulosidade e de nuvens. Quando falamos em relação ao céu estar encoberto, queremos dizer que está com muitas nuvens e isso é exatamente o que chamamos de nebulosidade. Quando esta nebulosidade está muito próxima da superfície, chamamos de nevoeiro. Vejamos uma tabela que nos demonstra alguns tipos de céu, segundo a nebulosidade:

DENOMINAÇÕES	PARTES DO CÉU COBERTAS
Céu limpo	de 0 a 2/10
Céu nublado	de 3/10 a 7/10
Céu encoberto	de 8/10 a 10/10

Tabela 3.1 – Tipos de céu, segundo a cobertura de nuvens. Fonte: Tubelis & Nascimento (1984 *apud* Torres e Machado, 2008, p. 49).

Mas o que são as nuvens, afinal?

Nuvem é um conjunto visível de minúsculas gotinhas de água na atmosfera, em condição líquida ou sólida (ou de ambas formas simultaneamente), que ficam em suspensão. Mas nem sempre tiveram esta composição. Segundo Suguio & Suzuki (2003), como a Terra era muito quente entre 4,5 e 3 bilhões de anos atrás, não havia como os gases suspensos na atmosfera se tornarem líquidos, o que pressupõe que não havia nuvens. Elas começaram a surgir entre 3 e 2 bilhões de anos atrás quando a Terra começou a se resfriar e eram de uma composição mais complexa, com metano, amônia, hélio, gás carbônico, além da água.

Torres & Machado (2008) explicam, em um breve resumo, como surgem as nuvens. Vejamos:

Em dias quentes, o Sol aquece o solo com maior intensidade em alguns lugares. As bolhas de ar quente que se formam nos locais de maior incidência sobem impulsionadas pelo ar mais denso e mais frio em volta delas. Quando encontram uma pressão atmosférica mais baixa, as bolhas se expandem e resfriam – uma nuvem se forma quando o ar sobe e esfria tanto que o vapor d'água que ele contém se condensa em gotículas (Torres & Machado, 2008, p. 47).

Alguns autores chamam este processo de formação de nuvens de “expansão adiabática” (Soares e Batista, 2004; Torres e Machado, 2008; Cuadrar e Pita, 2016).

De acordo com Tubelis & Nascimento (1984 *apud* Torres e Machado, 2008, p. 48), as nuvens podem dissipar-se também e esse processo é o inverso ao da expansão adiabática.

Vemos que nem todas as nuvens são iguais, pelo contrário, cada nuvem que vemos tem suas peculiaridades, mas podemos compreender que há um padrão entre suas formas, tamanhos e até altura.

Desde que Carlos Lineu propôs, no século XVIII, um sistema de classificação dos seres vivos, muitos cientistas de outras áreas começaram a fazer o mesmo. Isso aconteceu também com os meteorologistas, que a partir do início do século XIX apresentaram uma classificação para as nuvens. Em 1802 Luke Howard propôs um sistema de classificação das nuvens em latim, o qual é utilizado até hoje (Brasero, 2013).

Não é tarefa fácil identificar nuvens, pois elas não ficam sempre do mesmo jeito, além de que existem formas de transição que nos confundem com a regra de classificação. Num geral, existem dois critérios, o de altitude e de aparência, sendo o de altitude um pouco complexo de se precisar, uma vez que podemos apenas fazê-lo por estimativa, mas saibamos que a maior parte das nuvens se encontra na Troposfera (Cuadrat e Pita, 2016 – tradução nossa).

Para termos uma ideia de como são as classificações e quão complicado é colocá-las em prática, principalmente no quesito de gêneros e espécies, analise a tabela 3.2 que demonstra algumas classificações das nuvens conforme o Atlas Internacional de Nuvens, apresentado pela Organização Mundial de Meteorologia em 1972, que continua sendo usado até hoje. Olhe também a figura 3.2 que ilustra um exemplo da tabela 3.2 em particular.

GÊNEROS	ESPÉCIES	VARIETADES	GÊNEROS	ESPÉCIES	VARIETADES
Cirrus (Ci)	Fibratus Uncinus Spissatus Castellanus Flocus	Intortus Radiatus Vertebratus Duplicatus	Nimbostratus (Ns)	–	–
			Stratus (St)	Nebulosus Fractus	Undulatus Translucidus Opacus
Cirrocumulus (Cc)	Stratiformis Lenticularis Castellanus Flocus	Undulatus Lacunosus	Stratocumulus (Sc)	Stratiformis Lenticularis Castellanus	Translucidus Perlucidus Opacus Duplicatus Undulatus Radiatus Lacunosus
Cirrostratus (Cs)	Fibratus nebulosus	Duplicatus undulatus			
Alto cumulus (Ac)	Stratiformis Lenticularis Castellanus Flocus	Perlucidus Opacus Duplicatus Undulatus Radiatus Lacunosus	Cumulus (Cu)	Humilis Mediocris Congestus Fractus	Radiatus
Altostratus (As)	–	Translucidus Opacus Duplicatus Undulatus Radiatus	Cumulonimbus (Cb)	Calvus Capitallatus	–

Tabela 3.2 – Classificação das nuvens segundo gênero, espécie e variedade. Fonte: Almeida (2016, p. 250).



Figura 3.2 – Exemplo de nuvem Autocumulus Ac.

Agora, quanto a classificação quanto à altura, embora como dito anteriormente, só pode ser estimada, acaba sendo um pouco mais direta. Veja:

CAMADA	REGIÃO		
	TROPICAL	TEMPERADA	POLAR
SUPERIOR	6 a 18 km	5 a 13 km	3 a 8 km
MÉDIA	2 a 8 km	2 a 7 km	2 a 4 km
INFERIOR	< 2 Km	< 2 km	< 2 Km

Tabela 3.3 – Variação da altura das nuvens de acordo com a latitude. Fonte: Torres & Machado (2008, p. 49).

Difícil, não é mesmo? Mas não é impossível! É uma questão de estudar e treinar. Vejamos os exemplos dos agricultores, que olhando o céu com atenção e tendo experiência, podem saber se haverá problemas no próximo cultivo vendo a olho nu o céu.

Nessa situação toda de umidade do ar, nebulosidade e formação de nuvens, não podemos deixar de lado a precipitação, pois ela é uma relação direta entre a umidade do ar e as nuvens. Vejamos o que explica Torres & Machado (2008, p. 47).

Sabemos que as nuvens são formadas de pequenas gotículas de água, que podem ser de tamanho entre 2 a 20 microns, que podem permanecer em suspensão na atmosfera. Cada gotinha destas, fica sujeita a vários tipos de forças, como a gravitacional, a ação das correntes ascendentes de ar e ao empuxo. Quando há predomínio das forças ascendentes sobre a gravidade, há elevação das gotas, mas quando a gravidade predomina, as gotículas caem dando origem ao que chamamos de precipitação.

Conforme define Almeida (2016, p. 267), quando falamos em precipitação, na ciência da meteorologia, podemos falar em um fenômeno relacionado a queda livre de água do céu, tanto em forma líquida como em forma sólida, sendo a neve e o granizo, além da chuva, formas de precipitação.

Vamos entender um pouco melhor os tipos de precipitação. Em 1992, o então chamado Instituto Nacional de Meteorologia, publicou um manual de orientação para pessoas que trabalham com informações sobre clima e tempo. Este manual é o que usa como referência no entendimento dos tipos de precipitação, tanto em tamanho como em intensidade, conforme nos explica Brasero (2013, p. 60 – tradução nossa):

- a) **Chuvisco:** precipitação quase uniforme composta exclusivamente de pequenas gotas de água, com um diâmetro menor de 0,5mm, muito próximas umas das outras;
- b) **Chuva:** precipitação de gotas de água de diâmetro maior de 0,5mm, ou menores um pouco, mas muito dispersas;
 - I. **Chuvas fracas:** quando a intensidade é menor ou igual a 2mm/hora;
 - II. **Chuvas moderadas:** quando a intensidade é maior que 2 e menor que 15mm/h;
 - III. **Chuvas fortes:** entre os 15 e 30 mm/h;
 - IV. **Chuvas muito fortes:** entre os 30 e 60 mm/h;

V. Chuvas torrenciais: quando caem com uma intensidade que superam os 60mm/h.

- c) **Tempestade:** precipitação, normalmente forte e rápida, com começo e fim repentinos. Tem também o nome de aguaceiro;
- d) **Neve:** precipitação de cristais de gelo, em sua maioria ramificados e, às vezes, em forma de estrela;
- e) **Granizo:** precipitação de pequenos glóbulos ou pedaços de gelo, com diâmetros entre 5 e 50mm (podem chegar a um pouco mais), que caem separados ou agrupados irregularmente.

Não podemos esquecer que a precipitação é parte importantíssima do ciclo hidrológico, digamos até que fundamental para a vida na Terra. Para termos uma ideia de valores, Almeida (2016, p. 267) apresenta o valor de 423 mil Km³ de água de chuva ao ano, tendo uma distribuição de 324 mil nos oceanos e 99 mil nos continentes.

? / CURIOSIDADE

Milhares e até milhões de gotinhas de água que compõem as nuvens são necessárias para formar uma única gota de chuva.

O ar: circulação, zonas de convergência, massas e vento

Para podermos falar de ar, além de posteriormente falarmos de vento, vamos entender sobre a latitude, que é uma discussão fundamental para que continuemos. Vimos, no capítulo 2 deste livro, que a temperatura e a pressão, são também reguladas por uma questão do local. Pois bem, digamos agora que além desses dois fatores, a latitude também regula vários processos relacionados a circulação do ar, incluindo os ventos.

Segundo Torres & Machado (2008, 73), a radiação solar, além dos quesitos colocados na frase anterior, também varia conforme a latitude, uma vez que sua “perpendicularidade só ocorre na zona intertropical, incidindo tanto mais obliquamente quanto maior for a proximidade dos polos. Em consequência a isso, os climas terão seus valores térmicos na razão inversa da latitude”.

Os mesmos autores ainda afirmam que em relação a precipitação, “há um máximo principal no Equador e dois secundários na altura das latitudes médias,

ambos coincidindo com áreas de baixa pressão; dois mínimos nas latitudes em torno de 30° e nos polos Norte e Sul, correspondendo às zonas de alta pressão” (p. 73). Os autores propõem um gráfico ilustrativo, alterado de Ross (1995) para exemplificar as diferentes precipitações conforme a latitude. Olhe a figura 3.3:

Observação importante: Perceba, então, que quanto maior a latitude, menor a temperatura e maior a pressão!

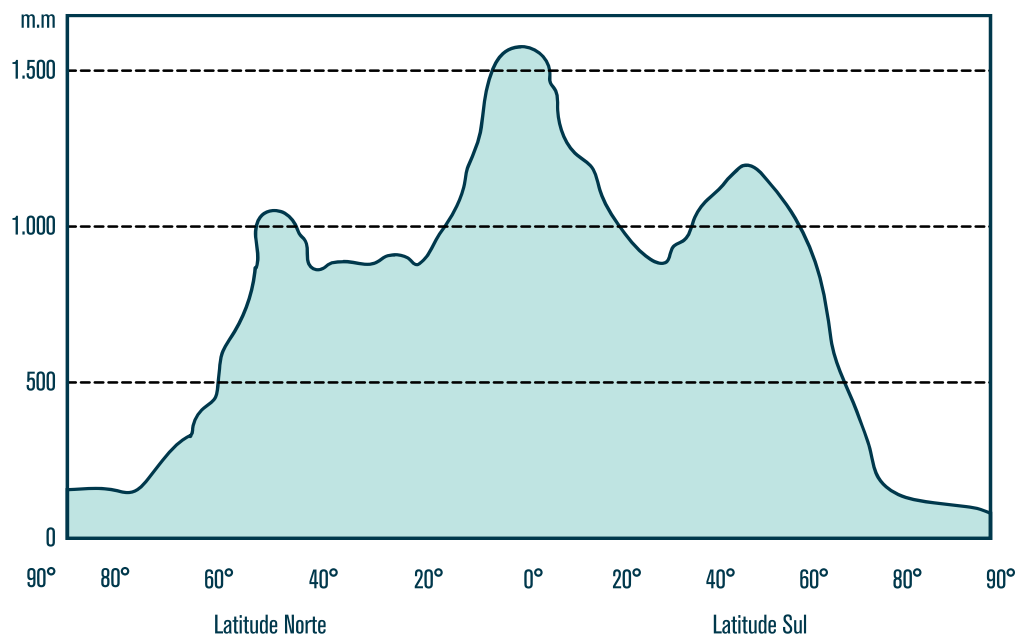


Figura 3.3 – Distribuição das precipitações conforme a latitude. Fonte: Torres & Machado (2008).

Circulação da atmosfera

A circulação geral da atmosfera se compõe em sua maior parte de amplos fluxos de ar em movimento sobre extensas zonas do planeta, de estruturas disformes, porém permanentes no tempo (Cuadrat e Pita, 2016, p. 297 – tradução nossa).

Embora o movimento de ar ocorra nessa nossa superfície terrestre que possui determinada permanência no tempo, como colocado anteriormente, Almeida (2016), nos explica que os movimentos atmosféricos se processam em:

... diferentes escalas de espaço e de tempo. Existem turbilhões convectivos com diâmetros diferentes da ordem de centímetros e de segundos de duração até configurações de larga escala com abrangência de milhões de quilômetros e, todas elas envolvem transformações de energia (Almeida, 2016, p. 125).

A diferença de pressão, é o que gera em efetivo o movimento da atmosfera entre dois pontos, por isso tem que ter diferença de pressão ocasionada pela incidência e/ou absorção da irradiação solar de forma distinta. Mas veja, o ar sendo um fluído, a expansão ou contração de seu volume está diretamente relacionado com a diferença de temperatura, por isso o ar mais aquecido é menos denso que o ar frio. Se o ar é menos denso, ele tende a subir, exercendo menor força vertical por unidade de área que é a pressão atmosférica (Almeida, 2016).

A movimentação do ar, em termos gerais, pode ser explicada pela distribuição desigual do calor, resultante das variações de insolação devidas a latitude e diferença da capacidade de absorção da superfície terrestre.

A partir do que explica Miller (1977, p. 65 – tradução nossa), temos que ter em mente que os movimentos do ar também sofrem desvios devido aos movimentos do próprio planeta. A atmosfera segue obrigatoriamente os movimentos da Terra no espaço, além de seguir o movimento de rotação sobre o seu próprio eixo. Desta forma, a atmosfera gira com a Terra num sentido oeste-leste a uma velocidade de mais de 1.600km/h, mas isso não é uniforme. Enquanto que a 60°. de latitude a velocidade é a metade desta que falamos anteriormente, nos polos a velocidade é zero.

Veja: não percebemos esta velocidade, pois o solo que pisamos se move juntamente com a Terra e sua superfície e os movimentos de ar também estão submetidos a isso.

Segundo a primeira Lei de Newton, para que um corpo modifique seu estado de movimento, tem que atuar sobre o mesmo uma força não contrária. Existe dois tipos de forças que afetam a atmosfera:

1. As que existem independente dos movimentos do ar;
2. As que surgem somente depois do movimento.

Podemos considerar a primeira força como básica e fundamental, uma vez que sem elas não existiria movimento. Esta força básica impulsora é produzida pela gravidade e pressão. No segundo caso, as forças que surgem após o movimento,

podemos dizer que estão relacionadas a fricção ou arraste, a força centrípeta e a de Coriolis.

Quando uma massa de ar adquire velocidade devido a força do gradiente de pressão, entra em jogo imediatamente a força de Coriolis, desviando constantemente a massa de ar até a direita (no hemisfério norte) ou até a esquerda (no hemisfério sul). Podemos nos referir a este tipo de força como se fosse real em todos os aspectos, posto que nos ocupamos do movimento do ar com respeito a superfície terrestre. Se a força do gradiente de pressão é constante, a massa de ar seguirá se desviando até que se mova com o passar das isóbaras (em sentido perpendicular ao gradiente de pressão) e este movimento pode gerar um equilíbrio entre as forças. No caso do vento, este estará determinado pelo equilíbrio entre a força Coriolis e a força do gradiente de pressão, uma que a magnitude da primeira depende da velocidade (Miller, 1977, p. 75 – tradução nossa).

A força Coriolis é mais “visível” e mais presente nos sistemas atmosféricos rotatórios de larga escala, os ciclones e os anticiclones, onde vê-se que atua no desvio à esquerda ou à direita, conforme o Hemisfério em questão (Almeida, 2016). Por definição, conforme nos demonstra Torres & Machado (2008, p. 89), os ciclones são depressões, áreas de baixa pressão em torno das quais o vento sopra no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio no Hemisfério Norte e no sentido do movimento dos ponteiros do relógio no Hemisfério Sul; já os anticiclones são áreas de alta pressão em torno das quais o vento sopra no sentido do relógio no Hemisfério Norte e em sentido contrário no Hemisfério Sul.

Veja, não é difícil entender: sabe o movimento da água na pia? Quando no hemisfério sul, o movimento da água escoando é no sentido horário, no hemisfério norte o sentido é anti-horário. Então, este movimento é devido, mesmo que de forma sutil, a força Coriolis.



ATENÇÃO

A força Coriolis só age sobre corpos que estão em sistemas girantes!



CURIOSIDADE

As isóbaras são áreas, delimitadas por linhas em mapas, que possuem a mesma pressão.

No caso da força de fricção, ou também chamada de força de atrito, é aquela que atua quando dois corpos entram em choque e tendem ao movimento. Embora em um gás a aderência é muito menor e o espaço intermolecular muito maior, existe um atraso produzido por este atrito, gerando uma diferença de velocidade. Este atraso no movimento de um fluido é conhecido como o nome de viscosidade.

Já a força centrípeta é aquela que existe quando há movimentos circulares, pois é a que “puxa” para o centro da rotação, da trajetória.

Desta forma, vemos que a circulação e o movimento do ar são regrados por uma série complexa de forças, que também podem ser alteradas por muitos fatores. Vários modelos têm sido propostos para explicar a circulação geral da atmosfera, mas devido ao que já expusemos, com tantas variáveis concomitantes, a tarefa é árdua. Claro que a computação gráfica está a nosso favor, mas temos que saber que nem sempre a tecnologia é livre de erros.

Um dos modelos propostos da circulação geral da atmosfera e um dos mais aceitos atualmente, é o que segue na figura 3.4. Não vamos esquecer que esta circulação geral é a forma como as massas de ar se deslocam no planeta e que provocam ventos com direções distintas nas regiões tropicais, temperadas e polares.

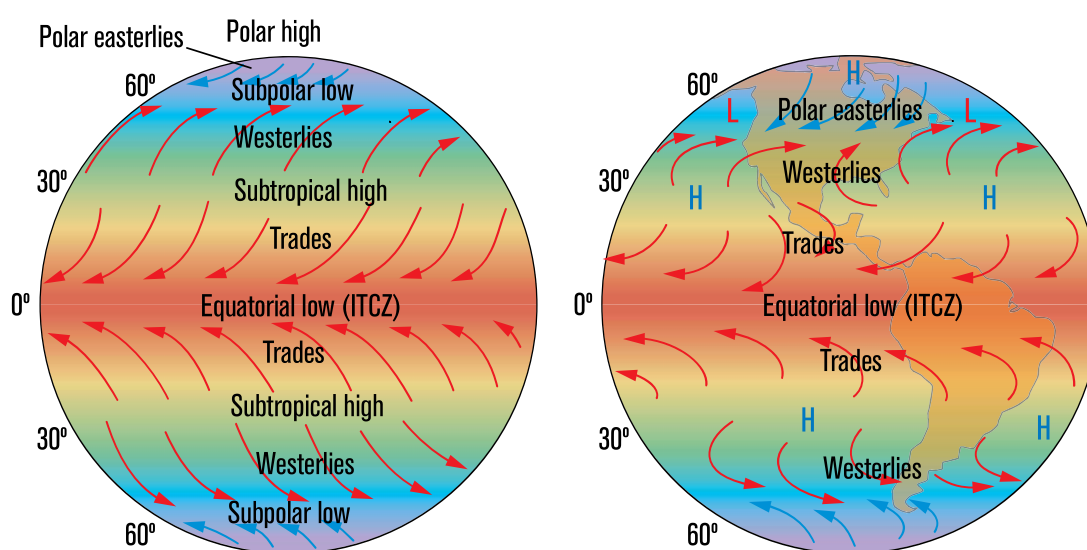


Figura 3.4 – Modelo Teórico da Circulação Geral da Atmosfera com base nos centros de alta e de baixa pressão em função da latitude. Modelo (A): modelo somente em termos atmosféricos. Modelo (B): modelo com visualização do contorno continental. Fonte: Almeida (2016, p. 134).

Circulação Geral da Atmosfera

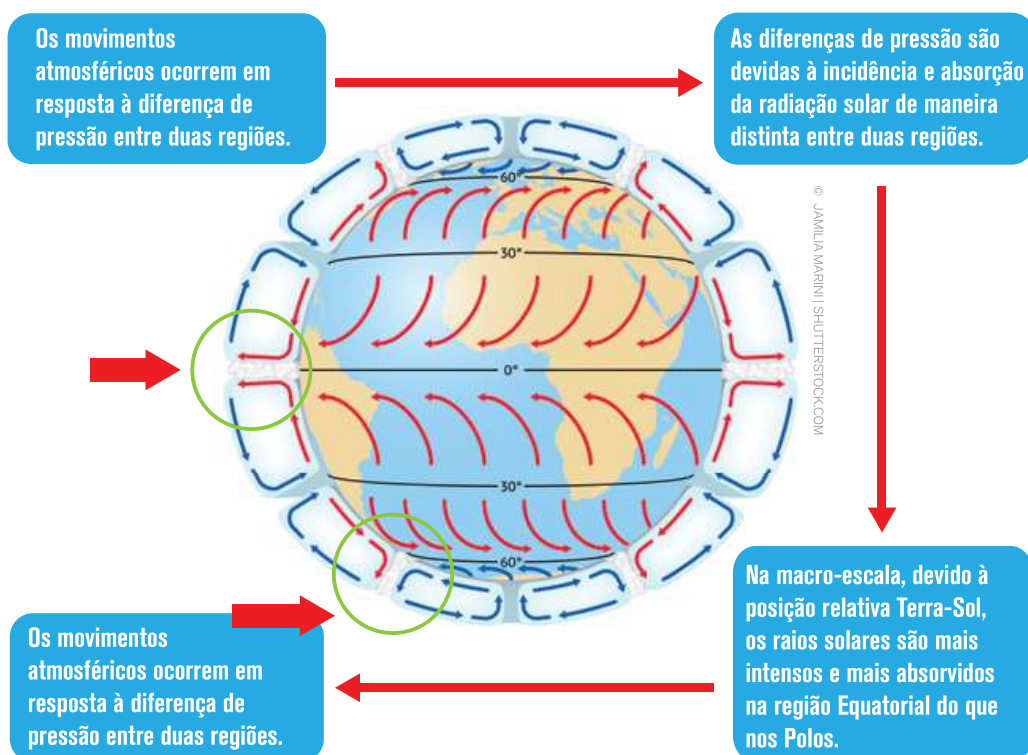


Figura 3.5 – Circulação Geral da Atmosfera com explicações didáticas. Fonte: adaptado de: <<http://slideplayer.com.br/slide/1695526/>>. Acesso em: 06 fev.2018.

Zona de convergência

Sabe aqueles dias de tempo ruim, onde um chocolate quente, um cobertor e um bom filme são muito bem-vindos? Então, este tempo ruim é o que associamos em meteorologia à zona de convergência. Além do tempo ruim, tempestades muito fortes também são associadas a este tipo de fenômeno, que nada mais são do que a forma que a atmosfera encontra de escoar a umidade em excesso.

Existem várias áreas de convergência, a zona de convergência intertropical, a zona de convergência do Pacífico Sul, a zona de convergência do Atlântico Sul. Para entendermos como funciona uma zona de convergência, vamos atentar agora a zona de convergência intertropical.

A zona de convergência intertropical (ZCIT) é formada em locais de baixas latitudes, onde o encontro dos ventos alísios provenientes do Sudeste com aqueles provenientes do Nordeste cria uma ascendência das massas de ar, que são normalmente úmidas, limitando a circulação atmosférica entre os hemisférios Norte e Sul (Torres e Machado, 2008, p. 94).

Observação: Ventos alísios são o resultado da ascensão de massas de ar que convergem de zonas de alta pressão (anticlônicas) nos trópicos, para zonas de baixa pressão (cyclônicas) no Equador, formando um ciclo (Miller, 1977 – tradução nossa).

Almeida (2016, p. 136), vai além e nos explica que, embora a zona de convergência intertropical oscile latitudinalmente, em cada hemisfério, sua posição predomina sempre para o hemisfério de verão. É um dos mecanismos que explica uma maior precipitação nos continentes Africano, Americano e Asiático.

Para nós, brasileiros, fica claro agora o porquê no norte e, principalmente no nordeste do Brasil chove bastante, pois está sob a influência da zona de convergência intertropical, ainda mais que nesta região é praticamente verão o ano inteiro.

Não podemos também deixar de entender sobre os centros de ação, pois estes dão origem a movimentos da atmosfera, como os fluxos de ventos predominantes e aos diferentes tipos de tempo. Nada mais são do que extensas zonas de alta ou de baixa pressão atmosférica (Miller, 1977, Torres e Machado, 2008, Brasero, 2013, Almeida, 2016).

Conforme discutem Torres & Machado (2008, p.96), o movimento do ar nestes centros de ação se dá geralmente de áreas positivas (anticiclônicas) para negativas (cyclônicas), se influenciados pela força Coriolis, movem-se para a esquerda ao sair do centro anticlônico. Tem dimensões variadas, entre algumas centenas até alguns milhares de quilômetros na horizontal e, de centenas de metros até mais ou menos 15 quilômetros na vertical.

Especialistas em climas do Brasil, Mendonça & Danni-Oliveira (2007), dizem que há sete centros de ação na América do Sul que interferem a dinâmica e circulação atmosférica da área, dentre eles cinco são positivos e dois negativos.

Massas de ar

As massas de ar são nada mais nada menos que enormes volumes de ar, em uma dada área e com determinadas características.

A definição científica mais aceita atualmente fornece mais alguns pormenores. Vamos vê-la:

Uma massa de ar é um volume de ar de grande extensão, cujas propriedades físicas, principalmente temperatura e umidade, são uniformes no plano horizontal. Possuem tamanhos que cobrem de centenas a milhares de quilômetros quadrados, verticalmente podem alcançar espessuras de dezenas de quilômetros e adquire suas

características por contato prolongado com extensas áreas oceânicas ou continentais com condições superficiais homogêneas, as que se denominam regiões manancial ou fonte (Cuadrat e Pita, 2016, p. 298 – tradução nossa).

Para sermos mais específicos quanto às áreas continentais que colaboram com as características das massas de ar, podemos dizer que os grandes maciços florestais, as extensas áreas desérticas e os grandes campos de gelo podem ser exemplos reais. Segundo nos apresenta Almeida (2016, p. 150), digamos que quando um destes locais se “encontra sob a ação de um vasto anticiclone, tem-se satisfeitos todos os requisitos necessários para a formação de uma massa de ar”.

As áreas mais prováveis para que isso aconteça são as próximas dos Polos (90°.) e às latitudes de 30°. N ou S, onde há predomínio de centros de alta pressão (divergência) à superfície e, conseqüentemente, ventos fracos (Torres e Machado, 2008).

Temos também o evento contrário, como no caso da Floresta Amazônica, pois a presença de enormes mananciais de água, o predomínio de centro de baixa pressão (convergência) e, conseqüentemente, a intensa convecção não favorece com que se forme uma massa de ar, mesmo tendo a existência da massa de ar equatorial em suas redondezas.

A partir do ponto de vista termodinâmico, existem, na troposfera, dois tipos essencialmente distintos de massas de ar: massa de ar fria e massa de ar quente. Além disso, conforme apresenta Vila (1997 – tradução nossa), podem também ser classificadas quanto a sua origem geográfica (latitude) em Ártico (A), Polar (P), Tropical (T) e Equatorial (E) e, conforme as influências sofridas ao longo de seu deslocamento a partir do local de sua origem, podem ser classificadas em massas de ar continentais (c) e marítimas (m).

Há uma terminologia, muito utilizada na meteorologia e também para falar sobre tempo, que é frente. A chamada frente, é quando há o choque entre duas massas de ar diferentes. Nesta ocasião, o tempo muda, ficando as condições de ar muito agitadas e o tempo instável.

Vejamos o que nos explicam alguns autores:

Por definição e, ainda segundo Tubelis e Nascimento (1984), “uma frente fria é uma descontinuidade frontal na qual uma massa de ar de menor temperatura desloca, da superfície do solo, uma massa de ar de maior temperatura”. Uma frente quente é uma descontinuidade frontal na qual uma massa de ar de menor temperatura é substituída, de junto do solo, por uma massa de ar de maior temperatura (Torres & Machado, 2008, p. 106).

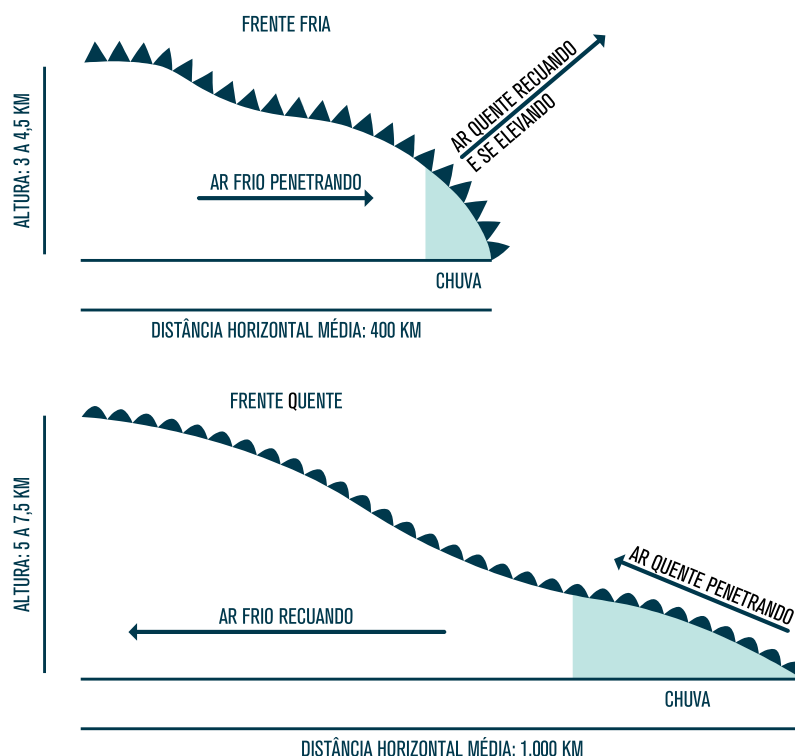


Figura 3.6 – Esquema geral de uma frente fria e uma frente quente. Fonte: Torres & Machado (2008, p. 106).

Agora entendemos melhor o porquê da mudança de tempo repentina com uma ventania danada e queda brusca de temperatura, não é mesmo?

Ventos

Para finalizar nosso capítulo, não podemos deixar de falar sobre ventos. Vimos até aqui que muitos fenômenos já vêm nos ajudando a entender melhor o vento, inclusive não podemos deixar de citar que o vento é fundamental para a vida, pois é um dos requisitos básicos para o transporte de sementes de muitas plantas que precisamos para sobreviver, além de muitas dessas plantas também serem fundamentais para muitos outros seres.

O vento é muito simples de ser definido, afinal é o ar em movimento. Segundo Almeida (2016, p. 295), os ventos são causados pelas diferenças existentes no aquecimento da atmosfera e resultam do deslocamento de massas de ar, conforme a diferença de pressão entre áreas distintas, sendo influenciado pela superfície.

Para ficar bem direto: falar de vento é falar de latitude, temperatura, umidade, circulação geral de ar, massas de ar e diferença de pressão, ou seja, tudo o que está aqui, neste capítulo!

Há um sutil detalhe em termos de vento que vamos agora explicar: a questão de essa movimentação do ar ser horizontal. Guarde bem isso!

Como já sabemos, a Terra realiza um movimento de rotação ao redor de seu próprio eixo e a direção deste movimento é oeste-leste, tendo a atmosfera, como acompanhante simultânea neste movimento. Para nós, isso é imperceptível, pois nos movemos junto com a Terra e com a atmosfera. Até aqui, já sabíamos, mas se não acrescentarmos a questão de o deslocamento horizontal do ar ser imprescindível para definir vento, poderíamos dizer que nós também poderíamos ser vento. O que não é o caso.

Com isso, assim como explica Cuadrat & Pita (2016 – tradução nossa), o movimento horizontal do ar, de forma diferencial em velocidade e direção, feito pela superfície terrestre, adquire, para nós, a categoria de vento. Assim sendo, o vento do oeste deve ser entendido como um deslocamento do ar na direção oeste-leste com uma velocidade superior a velocidade de rotação terrestre. Além disso, um movimento de ar na direção oeste-leste, mas numa menor velocidade que a da rotação, seria qualificado como um Vento de Leste. Por último, se este movimento oeste-leste se realiza a idêntica velocidade que a da rotação terrestre, será classificado como uma situação de ar em calma.

Conforme Torres & Machado (2008, p.42), num geral, “o vento é mais forte e de maior velocidade nas partes mais altas, pois a velocidade próxima ao solo é diminuída pela fricção ou atrito do mesmo com os obstáculos da superfície”; se há vegetação como um exemplo, o vento só ocorrerá a partir de uma determinada altura, pois se anula com as barreiras, que é a vegetação.

Vejamos como podemos classificar o vento conforme sua velocidade, segundo o site Tempo Agora:

FORÇA	DESIGNAÇÃO	VELOCIDADE	INFLUÊNCIA EM TERRA
2	brisa leve	1,8 – 3,3 m/s 7 – 12 km/h 4 – 6 nós	Sente-se o vento no rosto, movem-se as folhas das árvores e a grimpã começa a funcionar
3	brisa fraca	3,4 – 5,2 m/s 13 – 18 km/h 7 – 10 nós	As folhas das árvores se agitam e as bandeiras se desfraldam.
4	brisa moderada	5,3 – 7,4 m/s 19 – 26 km/h 11 – 16 nós	Poeira e pequenos papéis são levantados. Movem-se os galhos das árvores.

FORÇA	DESIGNAÇÃO	VELOCIDADE	INFLUÊNCIA EM TERRA
5	brisa forte	7,5 – 9,8 m/s 27 – 35 km/h 17 – 21 nós	Movem-se as pequenas árvores. A água começa a ondular.
6	vento fresco	9,9 – 12,4 m/s 36 – 44 km/h 22 – 27 nós	Assobios na fiação aérea. Movem-se os maiores galhos das árvores. Guarda-chuva usado com dificuldade.
7	vento forte	12,5 – 15,2 m/s 45 – 54 km/h 28 – 33 nós	Movem-se as grandes árvores. É difícil andar contra o vento.
8	ventania	15,3 – 18,2 m/s 55 – 65 km/h 34 – 40 nós	Quebram-se os galhos das árvores. Difícil andar contra o vento.
9	ventania forte	18,3 – 21,5 m/s 66 – 77 km/h 41 – 47 nós	Danos nas partes salientes das árvores. Impossível andar contra o vento.
10	tempestade	21,6 – 25,1 m/s 78 – 90 km/h 48 – 55 nós	Arranca árvores e causa danos na estrutura dos prédios.

2 – vento fraco; 3 a 8 – vento moderado; 9 e 10 – vento forte.

Figura 3.7 – Escala de velocidades de vento resumida. Fonte: <<http://www.tempoagora.com.br/dia-a-dia/como-e-medida-velocidade-vento/>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

Esta figura 3.7, feita por uma empresa de meteorologia, foi baseada na escala de velocidades de vento do meteorologista anglo-irlandês, do início do século XIX, chamado Francis Beaufort, que a chamou de Escala de Beaufort.

Como o vento é uma grandeza vetorial, deve ser medido em módulo, direção e sentido, além de possuir como unidade de medida no sistema internacional (SI) a representação por metros/segundo (Almeida, 2016, p.297).

Quanto a direção do vento, explicam Torres & Machado (2008, p.42), é feita através do ponto cardeal de onde o vento vem, sendo que no Brasil são dotadas oito direções fundamentais: N, NE, S, SE, W, NW, E e calmaria (para ausência de qualquer movimento).

É importante sabermos que no globo terrestre, conforme discute Almeida (2016), existem regiões onde os ventos não param de soprar, pois os mecanismos de sua formação estão sempre presentes, como exemplo temos os ventos Alísios. O autor ainda explica que há ventos periódicos e de circulação local, que ocorrem devido à diferença de aquecimento à superfície, variando tanto de forma diária quanto na sazonal, constituindo-se as brisas e as monções.



CURIOSIDADE

O Brasil é felizado em termos de ventos constantes, por isso deveríamos utilizar mais a energia deste rico recurso!

Para finalizar nosso capítulo, vamos ver quais são os principais equipamentos de medida de velocidades de ventos: são os **anemômetros**, que podem ser analógicos ou digitais. Para medida de direção e intensidade com que o vento se encontra temos um equipamento chamado **biruta**.

Os anemômetros são equipamentos muito fáceis de se encontrar. Você mesmo pode ter um anemômetro adquirindo ele de forma rápida e barata pela internet.



Figura 3.8 – Anemômetro digital.



Figura 3.9 – Biruta muito utilizada em aeroportos.



ESTUDO DE CASO

Pesquise sobre os tipos de massas de ar que existem no Brasil. Tente indicar o tipo de massa de ar, ou os tipos, que estão influenciando o clima da região que você vive.

O aluno deve comentar que no Brasil há a presença de cinco massas de ar diferentes: a massa Equatorial continental (mEc), Equatorial atlântica (mEa), Tropical continental (mTc), Tropical atlântica (mTa) e a Polar atlântica (mPa).

O aluno também deve explicar, conforme a região do Brasil que vive, se sul, sudeste, centro-oeste, nordeste ou norte, a massa que mais influencia no tempo regional.



ATIVIDADES

01. Quando falamos o nome Altocumulus, estamos falando em um tipo de classificação. De qual dos itens a seguir, diz respeito este nome classificatório em gênero?

- a) Nuvens
- b) Temperatura
- c) Movimentação de ar
- d) Inversão térmica
- e) Borrasca

02. Assinale a alternativa que corresponde ao elemento, visto neste capítulo, que tem como unidade de medida os metros por segundo:

- a) Calor
- b) Vento
- c) Nuvens
- d) Precipitação
- e) Circulação de ar

03. Qual alternativa completa a frase a seguir?

“As diferentes maneiras em que a água se manifesta no ciclo da água são: _____, a transpiração, a condensação, a precipitação, a acumulação, a infiltração e escoamento.

- a) a evaporação
- b) a superevaporação
- c) a erosão
- d) a corrosão
- e) o calor



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p.

Brasero, R. **Entender el Tiempo para torpes**. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, 2013. 270p.

Cuadrat, J.M.; Pita, M. F. **Climatologia**. 8ª. ed. Espanha: Cátedra, 2016. 496p.

Mendonça, F. A.; Danni-Oliveira, I. M. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. v. 1. 208p.

Miller, A. **Meteorology**. Ohio: Charles E. Merrill Books, Inc. 2. ed. 1977. 167p.

Salgado-Labouriau, M.L. **História ecológica da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 306p.

Suguio, K. e Suzuki, U. **A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida**. São Paulo: Edgar Blücher, 2003. 152p.

Torres, F.T.P.; Machado, P.J.O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Editora Geográfica. 2008. 234p.

Vila, R. C. Atlas temáticos: meteorologia. Barcelona: Idea Books, S.A. 1997, 89

4

Fatores climáticos parte II - altitude, vegetação, mar e climas

Fatores climáticos parte II - altitude, vegetação, mar e climas

Vimos no capítulo anterior que o ciclo da água, a circulação da atmosfera e os ventos são fatores essenciais para o controle da temperatura do nosso planeta, mesmo que de forma indireta. Sabemos, também, que nossa vida é determinada pela temperatura, não somente numa questão corporal, mas também relacionada a temperatura que nos circunda.

Essa temperatura, transformada em energia, se traduz nos seres vivos através do que comemos e dos fatores que sustentam o que comemos, ou seja, a vegetação que depende do solo, que por sua vez é dependendo de um tipo de relevo em uma certa altitude em um determinado clima.

A importância do clima, como fator da configuração da paisagem e sua ação sobre o homem, é fator inquestionável. Vê-se, claramente, isto observando o resultado da ação do intemperismo sobre o pico das montanhas, produzindo materiais e sedimentos que se depositam na superfície gerando o solo (junto com a atividade orgânica e umidade).

O solo é fundamental para a vegetação, que mantém o ciclo energético da vida e ajuda na regulação de muitos fatores atmosféricos, através do ciclo do carbono, do hidrogênio, da água, ou seja, todo um ciclo biogeoquímico.

Sendo assim, quando pensamos em clima, relevo, água e vegetação, nada mais é do que pensarmos na manutenção e qualidade de vida, onde um fator é totalmente dependente do bom funcionamento do outro, numa perfeita harmonia de fenômenos ao longo do tempo.

Estes fatores e harmonia já são motivos de interesse do homem desde há muito tempo, pois a observação do céu e as características específicas das estações regem uma organização de vida humana desde o “homem das cavernas”.

Que tal vermos neste capítulo o clima como um fator e elemento do meio ambiente? Relevo, vegetação, mar e clima nada mais são que meio ambiente! Vamos acompanhar este texto para vermos se concordamos?

Vamos, então, à nossa leitura?



OBJETIVOS

- Apresentar conceitos sobre altitude, relevo e correntes marinhas;
- Discutir informações sobre vegetação;
- Explicar os fenômenos El Niño e La Niña;
- Descrever a classificação climática e os climas do mundo.

O que é altitude?

Posso falar que a altitude é a altura de uma montanha? Bem, de forma geral, podemos, sim, falar que a altitude está relacionada a altura, mas essa altura é medida através de um marco, chamado *datum* e que é relacionada ao nível médio do mar, ou seja, há uma referência para se medir a altitude. A altura em si não é a altitude, pois a altura é medida de qualquer ponto.

Veja um exemplo:



Figura 4.1 – Monte Everest, a maior altitude de montanha em relação ao nível do mar, 8.848 metros.

Na figura 4.1, vemos o Monte Everest que se situa na Cordilheira do Himalaia entre os países Nepal e China (Tibete). Esta montanha é a considerada de maior altitude do mundo em seu pico mais alto e está sempre com neve. Porque será que ela está sempre fria? Será que há relação entre altitude e temperatura?

A resposta é sim, há uma relação muito forte entre altitude e temperatura e de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a altitude, menor a temperatura. Outro ponto interessante, também, é em relação a altitude e quantidade de oxigênio.

Segundo Christopherson (2017, p.84), a cada 150 metros de aumento de altitude há a diminuição em 1 °C de temperatura, o que se generaliza que a cada 1 quilômetro de altitude, se diminui cerca de 6,5 °C de temperatura (a esse valor se dá o nome de **gradiente térmico**).

Sabe por que os atletas, quando vão disputar campeonatos em locais de altitude grande, tem de ir antes e se acostumar com o local dias antes da competição? Isso ocorre porque a quantidade de oxigênio, assim como a temperatura, diminui conforme a altitude e o corpo precisa se acostumar com a nova situação climática. Tente lembrar sobre o time de futebol brasileiro jogando, por exemplo, no Chile. Os jogadores precisam iniciar os treinos na nova altitude uma semana antes (no mínimo) e isso ocorre porque no Brasil temos altitudes relativamente baixas, salvo na região sudeste que há em algumas partes altitudes um pouco maiores.

Mas cuidado! O Pico mais alto no Brasil é no Amazonas, o chamado Pico da Neblina, com 2.993 metros de altitude.

O clima perante o relevo e vegetação

Se vendássemos os olhos e pegássemos em nossas mãos algumas peças de brinquedos de plástico, como um quadrado, um triângulo e uma bola, poderíamos identificar perfeitamente estas formas somente em tocarmos suas superfícies. É exatamente isso que ocorre quando pensamos em relevo, pois ele nada mais é que as formas que a superfície do nosso planeta possui, ou seja, da crosta terrestre.

O relevo não é algo imutável, pelo contrário, ele está sujeito ao efeito de muitos fenômenos, como o movimento das placas tectônicas – que pode gerar terremotos, riftes, soerguimento de cadeias de montanhas –, a erosão e intemperismo (causados pelas chuvas, ventos, calor) e, de alguns milênios para cá, pode ser alterado pelo homem.

Num geral, há alguns aspectos ambientais que fazem com que o relevo seja de um tipo em específico, dentre eles está o clima, o tipo de material rochoso que compõe este relevo e a vegetação que o cobre.

Olhe atentamente as figuras a seguir:



Figura 4.2 – Chapada Diamantina.

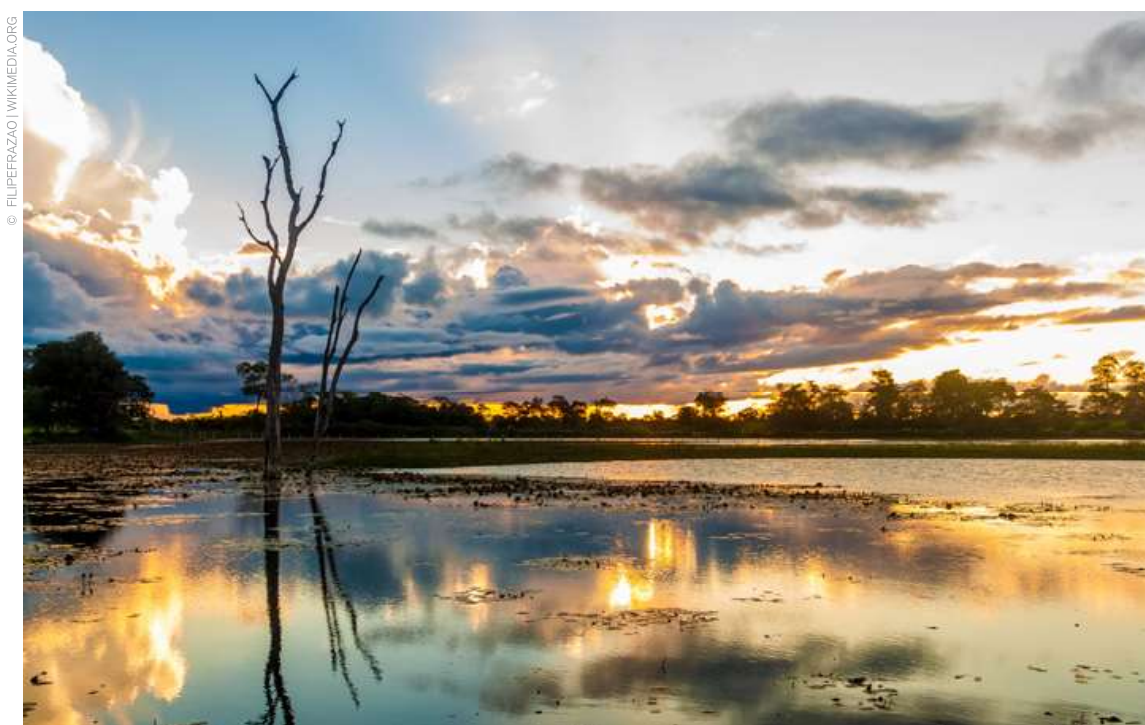


Figura 4.3 – Pantanal Mato-grossense.



Figura 4.4 – Serra da Mantiqueira.

O que você achou desses relevos das figuras? Pois bem, eles são tipos de relevos diferentes do Brasil, ou seja, há uma classificação para relevos diferentes. Na figura 4.2, você observou a Chapada Diamantina, que representa a classificação de relevo chamada CHAPADAS; na figura 4.3 você observou o Pantanal brasileiro, que corresponde a classificação de PLANÍCIES; na figura 4.4 você observou a Serra da Mantiqueira, que se enquadra na classificação de relevo chamada SERRAS.

Vamos entender melhor isso, através da descrição da classificação de relevos mais usada. Muitos autores falam de classificação de relevos, Aroldo de Azevedo sugeriu uma metodologia de classificação em 1950, uma segunda forma de classificação foi proposta por outro geógrafo, chamado Aziz Ab'Saber, no final da década de 50, e Jurandyr Ross, em 2005, fez uma última proposta de sistema de classificação dos relevos que é a que veremos a seguir:

- a) **Planaltos:** são as superfícies elevadas e planas, com mais de 300 metros de altitude e onde predominam os processos erosivos. São subclassificados em planalto sedimentar (de rochas sedimentares), planalto cristalino (de rochas cristalinas) e planalto basáltico (de rochas vulcânicas);
- b) **Planícies:** são as superfícies planas, com menos de 100 metros de altitude e onde o acúmulo de sedimentos é predominante. São subclassificadas em planície costeira (pela ação do mar), planície fluvial (pela ação de um rio) e planície lacustre (pela ação de um lago);

- c) **Depressões:** são as formadas pelo processo de erosão, que tornam a superfície inclinada e com altitudes menores que as áreas do seu contorno. São subclassificadas em depressão absoluta (abaixo do nível do mar) e depressão relativa (acima do nível do mar).
- d) **Serras:** constituem as superfícies acidentadas, com partes altas seguidas por dobras, num geral em forma de cristas;
- e) **Chapadas:** são as superfícies com mais de 500 metros de altitude, de topo plano, geralmente formadas por rochas sedimentares ou de base sedimentar e, frequentemente limitadas por bordas de variadas inclinações;
- f) **Patamares:** são relevos de superfícies planas ou onduladas, são áreas intermediárias entre relevos mais altos e mais baixos. No Brasil, podemos citar os exemplos das depressões sertanejas encontradas na Região Nordeste.

Conforme explicam Torres & Machado (2008), as diferentes formas de relevo são fundamentais para os climas e tipos de tempo, pois estas formas determinam de forma muito eficaz a direção dos ventos. O autor também explica que a altitude, neste caso dos relevos, além de influenciar a temperatura e a pressão atmosférica, também controla as precipitações no local.

As formas de relevo dizem muito sobre o tipo de vegetação local, pois como envolvem diferentes temperaturas, umidade, radiação solar, vento e pressão conforme sua classificação, determinam o que poderemos encontrar em termos de flora e fauna.

Com isso, podemos dizer que a forma de relevo influi no clima e o clima influi na forma de relevo, como um ciclo onde um fator se desenvolve pela ação do outro. Consequentemente, o clima também influi na vegetação. Temos, então, uma tríplice: clima, relevo, vegetação! E veja: vimos que o clima local é influenciado pela capa de vegetação, pois ela controla a umidade do ar, facilitando ou dificultando as chuvas, além de controlar a incidência da insolação no solo, controlando a erosão.

Um exemplo disso é dado por Ross (2005, p.69), que diz que “56% das chuvas locais e regionais dependem da floresta” e que a evapotranspiração dos vegetais nestes locais devolve cerca de 1.400 toneladas de água por hectare de floresta, daí possibilitando novas chuvas.

A partir desta constatação, podemos dizer que a presença de matas, florestas ou campos, é regulada pelo clima e pelo relevo. Isso explica o porquê quando estamos numa serra temos a sensação de mais frio que em um planalto, além de vermos mais vegetação.

As correntes marinhas, o El Niño e La Niña

A influência dos oceanos no clima é um fato. Vimos que a circulação de massas de ar, que também ocorrem em cima do mar, ajudam na distribuição de umidade e temperatura numa circulação global.

Os oceanos influem no clima através, também, de suas correntes e, assim como coloca Oliver (2005 – tradução nossa), estas correntes oceânicas superficiais são conduzidas pelo vento e, como o vento, são sujeitas a variações. Elas possuem direções diferenciadas e isto é importante, pois se uma corrente quente está fluindo para o polo, transportará energia térmica de baixa a altas latitudes e, se essas correntes oceânicas estão vindo dos polos, numa corrente fria de alta para baixa latitude, trará água fria para áreas mais quentes, alterando a média de temperatura local.

Além disso, o mesmo autor também nos explica que além da relação com a circulação global dos ventos, essas correntes também se relacionam com a forma das massas terrestres. Nesse sentido, temos o que chamamos de continentalidade e maritimidade.

Se formos definir de uma forma muito direta e simples, a **maritimidade** se conceitua como um fator climático, relacionado à proximidade de mares e oceanos e a **continentalidade** ao fator climático relacionado à distância do oceano.

Esses conceitos de maritimidade e continentalidade marcam a diferença de calor específico entre a superfície terrestre e as massas de água, conforme explicam Torres & Machado (2008, p. 76).

Para entender isso, vamos recordar o que vimos sobre temperatura, que é absorvida mais rapidamente pela água (oceano) do que pela terra (continente). Assim sendo, voltemos a Torres & Machado (2008, p. 76), que acrescenta mais informações aos nossos conceitos: “superfícies hídricas possuem a propriedade de misturar o calor recebido a maiores profundidades, ao contrário do solo, gerando inversões de alta e baixa pressões, alterando por consequência, a direção dos ventos”.

Mas o que quer dizer tudo isso? Vejam, de forma direta significa que: quanto mais distante estivermos dos oceanos (maior continentalidade), menos umidade sentiremos e menor a possibilidade de chuvas e, além disso, maior variação de temperatura durante um dia e maior a variação entre o verão e o inverno e isso ocorre porque a terra perde calor mais rapidamente que o oceano. É exatamente o contrário do que ocorre quando falamos em maior influência da maritimidade. Não é o que você percebe quando está próximo à praia e também o que sente quando está no interior?

Há apenas um exemplo que foge um pouco desta regra em nosso país, que é a região da Amazônia, pois, como visto anteriormente neste capítulo, a vegetação exerce um papel essencial na retenção da umidade e, na Floresta Amazônica há muita vegetação.

Agora que já sabemos da relação das correntes oceânicas com as questões climáticas e suas influências no continente, poderemos entrar num assunto que provoca muito sensacionalismo na mídia, principalmente no sentido de nos deixar temerosos perante a natureza. Esse tema é o que ouvimos falar como El Niño.

Segundo Torres & Machado (2008), o conceito técnico de se referir ao fenômeno El Niño, é relacionando um fenômeno climático em características oceânicas-atmosféricas com o aquecimento fora do normal do Oceano Pacífico Tropical (figura 4.5). Este fenômeno ganhou este nome “El Niño” devido a atingir seu ápice próximo a data de Natal.

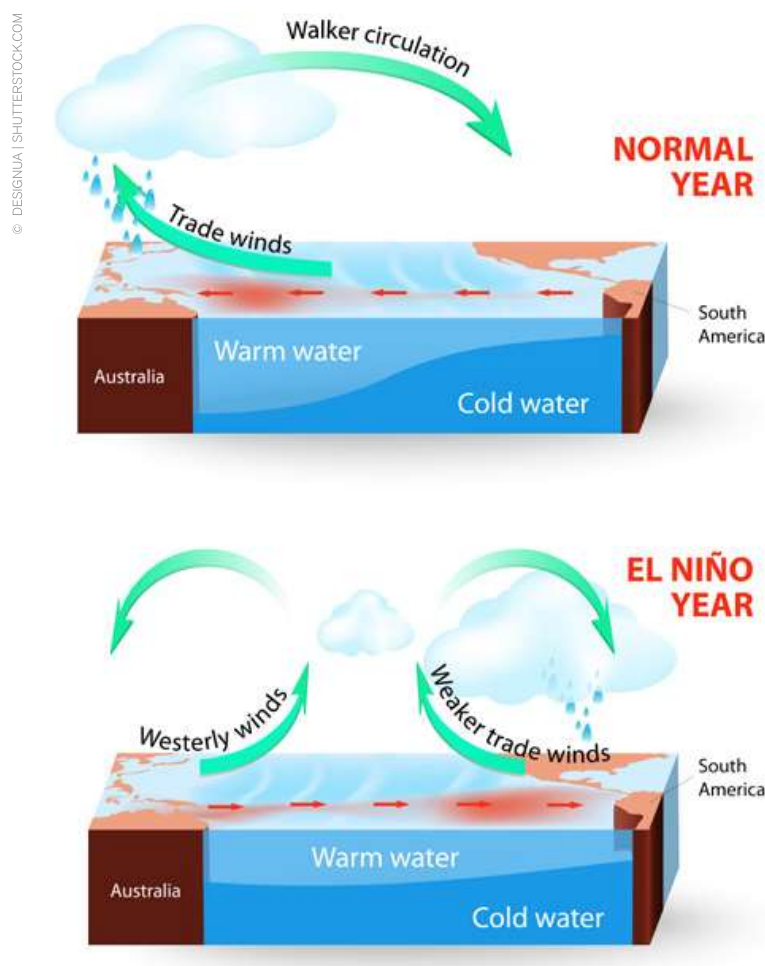


Figura 4.5 – Oscilação sulista do El Niño (ELSO – El Niño Southern Oscillation) é o termo que explica a alteração na circulação atmosférica-oceânica da água que o evento provoca.

Da forma como a mídia coloca as informações sobre este fenômeno, parece que ele é resultado de ações antrópicas de poluição, de forma direta, mas na realidade não é bem assim. Conforme nos apresenta Jimeno (2000, p. 349 – tradução nossa), não há dúvidas sobre o El Niño ser uma manifestação da natureza de grandes proporções, com origem na região equatorial do Oceano Pacífico, afetando com violência a costa Sul Americana, provocando um aumento significativo da temperatura superficial da água (cerca de 4 °C), mas este evento já é observado desde o século XVI.

O autor conta que foi graças a este grande evento da natureza que a Ilha de Galápagos foi encontrada em 1535, numa viagem feita por Tomás de Berlanga, do Panamá ao Equador. Nas anotações da época, foi relatado que o barco foi arrastado por ventos anormais e uma estranha corrente marinha. Jimeno (2000), nos conta também, que nos séculos XVII e XVIII há uma série de referências ao evento, mas que somente no final do século XIX foi oficialmente apresentado a comunidade científica, pelo geógrafo peruano Luis de Carranza. Os detalhes sobre o El Niño começaram a ser mais estudados a partir da década de 60 do século passado, quando houve a observação de que sua incidência se dava em escala planetária.

Vários autores (Jimeno, 2000; Oliver, 2005; Ross, 2005; Torres e Machado, 2008, Cuadrat e Pitta, 2016, Almeida, 2016 entre outros), concordam sobre a periodicidade do evento, explicando que, embora ocorra variação, entre 3 e 7 anos, o El Niño provoca violentas tormentas, secas, chuvas torrenciais, inundações no continente e, que no mar é fatal, provocando alterações dramáticas dos padrões de distribuição e abundância de peixes e crustáceos, além de repercutir na comunidade de peixes de águas profundas.

O outro evento, chamado La Niña, é um fenômeno quase oposto, atuando na redução acentuada da temperatura da água dos mesmos locais do El Niño (Torres e Machado, 2008). Ambos os eventos “são resultados de alterações no comportamento normal da chamada “célula de Walker”, circuito de circulação de ventos de sentido oeste/leste e que ocorre normalmente entre o Pacífico Leste e Oeste” (p. 195).

Classificação climática e os climas do mundo

Vamos lembrar que os climas da Terra nada mais são do que resultados do funcionamento do sistema climático e suas variadas características refletem a influência de distintos componentes que atuam de forma conjunta no sistema (Cuadrat

& Pitta, 2016 – tradução nossa). Esses componentes, como vimos, são: umidade, temperatura, nebulosidade, ventos, precipitação, pressão etc.

O homem possui necessidade de organização, principalmente classificando e separando suas coisas por um critério, muitas vezes, próprio. Fazemos isso a todo momento e com tudo. Exemplos: separar os talheres numa gaveta pela sua forma (garfo, faca, colher), arrumar as gavetas de roupas conforme o tipo (camisetas, meias, bermudas); separar cds e dvds por ordem alfabética de nomes dos cantores etc.

Isto ocorre com tudo e com o clima não seria diferente. O clima possui muitos tipos de classificações, mas num geral, se agrupam de forma sistemática conforme as propriedades que tem em comum.

Agora, cuidado! Como vimos, o clima não é imutável e é influenciado por muitas variáveis simultâneas, o que provoca que, mesmo tendo, normalmente, uma característica que o classifica, existem áreas de transições que podem nos confundir em seus limites e também podem provocar mudanças temporárias. Além disso, conforme sinalizam Cuadrat & Pita (2016, p. 344 – tradução nossa), por ser um sistema em equilíbrio dinâmico submetido a flutuações de duração muito variada (que podem oscilar de alguns anos até milênios), suas classificações devem sempre ter em conta uma escala do tempo e espaço, sendo a espacial dividida em quatro grupos e a temporal em três:

I. Escala Espacial

a) Macroclimas ou climas zonais: são aqueles que representam grandes áreas geográficas (muitas centenas de quilômetros quadrados de superfície), controladas pela circulação geral atmosférica, como é o caso de um continente e dos cinturões zonais;

b) Mesoclimas ou climas regionais: Constituem uma divisão do clima zonal e possui em torno de 200 até 2.000 quilômetros, onde a circulação atmosférica e o clima podem ser determinados por influências à grande escala e exteriores a região;

c) Climas locais: São subdivisões dos climas regionais, muito diferentes entre si, cujos marcos meteorológicos estão ligados às condições locais. Sua extensão espacial se relaciona com tamanhos de 100 a 10.000 metros na horizontal e 100 metros na vertical. Exemplos: Uma cidade, um vale, um bosque;

d) Microclimas: São os climas de lugares pequenos, de áreas bem delimitadas, às vezes até em situação de confinamento, onde as condições dos elementos meteorológicos estão condicionados por fatores do entorno

imediatos, muito mais que por fatores locais ou regionais. Exemplos: um campo de cultivo, uma caverna, uma rua.

II. Escala Temporal

a) **Paleoclimática:** ou geológica é aquela que tenta reconstruir as condições atmosféricas do passado. Exemplo: a reconstrução climática do período dos dinossauros (Jurássico); a reconstrução climática que possibilitou a deposição e formação das camadas de carvão (Carbonífero);

b) **Secular:** se apoia em fontes diretas procedentes das estações de observações meteorológicas existentes em superfície e, recentemente em altura (instalada em aviões e satélites). Possui a ordem de uma centena de anos e seus dados mais detalhados começaram a ser vistos no século passado (maior tecnologia);

c) **Instantânea:** assim como na escala secular, procede de observações diretas e examina o momento presente ou, no máximo, um período de trinta anos.

Observação importante: as escalas temporais secular e instantânea podem dar a falsa impressão de imutabilidade climática, não demonstrando as mudanças do clima como demonstra a paleoclimática. Desta forma e, se não forem bem explicadas quando analisadas pela população num geral, pode parecer que qualquer diferença por menor que seja, é causada pela ação humana nos últimos séculos depois da Revolução Industrial. CUIDADO!

Comentaremos aqui três das principais formas de classificação de climas mundiais, utilizadas atualmente. Elas são explicadas por muitos autores (Ayoade, 2003; Christopherson, 2017; Cuadrat e Pita, 2016; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007; Oliver, 2005; Ross, 2005; Torres e Machado, 2008 entre muitos outros).

I. Modelo de Classificação Climática de Strahler

Arthur Strahler, um geógrafo meteorologista americano, propôs, em 1969, uma metodologia classificatória de climas do mundo, onde levava em consideração as massas de ar e as características geográficas do local. Este autor, utiliza também a temperatura e as chuvas para seu critério. Vejamos:

GRUPOS	SUBTIPOS
Climas de latitudes baixas – massas de ar equatoriais e tropicais	1. Equatorial úmido 2. Litorâneo com ventos alísios 3. Desértico tropical e de estepe 4. Desértico da costa ocidental 5. Tropical seco-úmido
Climas das latitudes médias – massas de ar tropicais e polares	1 Subtropical úmido 2 Marítimo da costa ocidental 3. Mediterrâneo 4. Desértico e de estepe de latitude média 5. Continental úmido
Clima das latitudes altas – massas de ar polares e árticas	1. Continental subártico 2. Marítimo subártico 3. Tundra 4. Calota de gelo 5. Terras altas

Tabela 4.1 – Modelo de Classificação Climática de Strahler. Fonte: alterado de Ayoade (2003).

II. Modelo de Classificação Climática de Thornthwaite

Charles Thornthwaite, um biólogo meteorologista, propôs, em 1955, uma metodologia classificatória de climas do mundo, onde considera como fator importante a evapotranspiração em comparação com a precipitação média local. Vejamos os quatro tipos de classificações que o autor faz:

TIPO CLIMÁTICO	IH
Muito úmido	mais de 100
Úmido	80 a 99,9
Úmido	60 a 79,9
Úmido	40 a 59,9

TIPO CLIMÁTICO	IH
Úmido	20 a 39,9
Sub-úmido úmido	0 a 19,9
Sub-úmido seco	- 39,9 a -20
Semiárido Árido	-60 a -40

Tabela 4.2 – Classificação quanto ao índice hídrico. Fonte: Torres & Machado (2008, p. 142).

PERÍODO DO ANO COM DÉFICIT OU EXCESSO DE ÁGUA	IA E IHU
Climas úmidos: A, B, C₂	Índice de aridez
Déficit inexistente ou muito ligeiro	0 – 16,7
Déficit moderado no verão	16,7 – 33,3
Déficit moderado no inverno	16,7 – 33,3
Déficit acentuado no verão	superior a 33,3
Déficit acentuado no inverno	superior a 33,3
Climas secos: C₁, D, E	Índice de umidade
Excesso inexistente ou muito ligeiro	0 – 10
Excesso moderado no verão	10 – 20
Excesso moderado no inverno	10 – 20
Excesso acentuado no verão	superior a 20
Excesso acentuado no inverno	superior a 20

Tabela 4.3 – Classificação quanto ao índice de aridez ou umidade conforme a época do ano. Fonte: Torres & Machado (2008, p. 142).

TIPOS CLIMÁTICOS	ETP (MM)
Megatérmico	Superior a 1140
Quarto mesotérmico	1140 – 988
Terceiro mesotérmico	997 –856

TIPOS CLIMÁTICOS	ETP (MM)
Segundo mesotérmico	855 – 713
Primeiro mesotérmico	712 – 571
Segundo microtérmico	570 – 428
Primeiro microtérmico	427 – 286
Clima de tundra	285 – 143
Clima gelado	inferior a 143

Tabela 4.4 – Classificação quanto ao índice de eficiência térmica de verão. Fonte: Torres & Machado (2008, p. 143).

Segundo Torres & Machado (2008), o conceito de ETP, que foi proposto por Thornthwaite, se relaciona a quantidade de água perdida pelo solo na transpiração e evaporação, inferindo um sistema constante e ilimitado de água. Nesta situação, se verifica a presença ou ausência de água no solo, podendo-se compreender o grau de aridez local.

SÍMBOLO	CONCENTRAÇÃO ESTIVAL DA EFICIÊNCIA TÉRMICA (%)
a'	Inferior a 48,0
b'4	48,0 – 51,9
b'3	51,9 – 56,3
b'2	56,3 – 61,6
b'1	61,6 – 68,0
c'2	68,0 – 76,3
c'1	76,3 – 88,0
d'	Superior a 88,0

Tabela 4.5 – Classificação quanto ao índice de concentração estival (verão) da eficiência térmica. Fonte: Torres & Machado (2008, p. 143).

As classificações propostas por Thornthwaite exigem uma série de cálculos de variáveis ao longo de um determinado tempo, desta forma este modelo acaba não sendo muito utilizado, a não ser quando os critérios exigem, obrigatoriamente, a observação da evapotranspiração.

III. Modelo de Classificação Climática de Koppen

Wilhelm Koppen, um climatologista botânico elaborou uma metodologia de classificação climática entre o final do século XIX e início do XX. Seu trabalho se baseia, principalmente, nas características da vegetação, unidas em segundo plano com a temperatura e as chuvas, em um caráter essencialmente quantitativo. É o modelo mais amplamente estudado e utilizado, embora receba muitas críticas.

Seu esquema principal tem 5 classificações, reconhecidas através da temperatura e designados por letras. Sucessivamente, o autor vai subdividindo esta principal classificação através da medição da precipitação e acrescentando mais informações de temperatura conforme a distribuição sazonal da precipitação. Veja um esquema proposto por Ayoade (2003):

GRUPOS	SUBGRUPOS
A – Climas tropicais chuvosos	Af – clima tropical chuvoso de floresta Aw – clima tropical de savan, com chuvas no verão Am – clima tropical de moção (As) – clima tropical, quente e úmido, com chuvas de inverno (adaptação do modelo original)
B – Climas secos	BSh – clima quente de estepe, semiárido BSk – clima frio de estepe, semiárido BWk – clima quente de deserto, árido BWK – clima frio de deserto, árido
C – Climas Mesotérmicos	Cfa – úmido em todas as estações, verões quentes Cfb – úmido em todas as estações, verões moderadamente quentes Cfc – úmido em todas as estações, verões frios e curtos Cwa – clima mesotérmico, com chuvas de verão e verões quentes Cwb – clima mesotérmico, com chuvas de verão e verões moderadamente quentes Csa – chuvas de inverno com verões quentes Csb – chuvas de inverno com verões moderadamente quentes, (brandos)

GRUPOS	SUBGRUPOS
D – Climas frios úmidos	Dfa – úmido em todas as estações, com verões quentes Dfb – úmido em todas as estações, com verões brandos Dfc – úmido em todas as estações, com verões mais frios e curtos Dfd – úmido em todas as estações, com invernos intensos Dwa – chuvas de verão e verões quentes Dwb – chuvas de verão e verões moderadamente quentes (ou brandos) Dwc – chuvas de verão e verões moderadamente frios e curtos Dwd – chuvas de verão e inverno intenso
E – Climas polares	ET – clima polar de tundra EF – Clima polar de neves e gelos perpétuos

Tabela 4.6 – Classificação de Koppen. Fonte: Torres & Machado (2008, p. 124).

Outras formas de classificar o clima, segundo apresentam Torres & Machado (2008, p. 117), é pela temperatura e pelas chuvas, respectivamente:

- a) Climas quentes
- b) Climas temperados
- c) Climas temperados quentes
- d) Climas frios
- e) Climas polares

- I. Climas áridos
- II. Climas semiáridos
- III. Climas úmidos
- IV. Climas subúmidos
- V. Climas superúmidos

Perceba que a classificação climática varia conforme o autor, mas que, num geral, possui bases similares, como as já mencionadas chuvas e temperatura. Isso se deve por estes critérios serem relativamente fáceis e rápidos de serem medidos, com equipamentos simples e baratos.



ESTUDO DE CASO

Pesquise sobre os tipos principais de climas que existem no Brasil. Veja qual se relaciona a sua região e faça a classificação de Koppen.

O aluno deve comentar que no Brasil há a presença de sete classificações climáticas: Equatorial (e subequatorial), tropical úmido (litorâneo úmido), tropical, tropical de altitude, pseudo-mediterrâneo, subtropical e semiárido.

O aluno também deve explicar, conforme a região do Brasil que viva, se sul, sudeste, centro-oeste, nordeste ou norte, o tipo de clima regional e demonstrar uma das cinco classificações de Koppen e suas subdivisões.



ATIVIDADES

01. Qual dos sistemas de classificação climática é relacionado a evapotranspiração?

- a) Koppen
- b) Thornthwaite
- c) Strahler
- d) Torres
- e) Machado

02. Assinale a alternativa que corresponde ao fenômeno que “atua na redução acentuada da temperatura da água do Oceano Pacífico”.

- a) El Niño
- b) La Niña
- c) Koppen
- d) Strahler
- e) Katrina

03. Qual alternativa a seguir é errada em relação a classificação em escala espacial de climas?

- a) climas zonais
- b) mesoclimas
- c) climas locais
- d) microclimas
- e) superclimas



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayoade, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p.

Christopherson, R. W. **Geossistemas**: uma introdução à geografia física. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017. 656p.

Cuadrat, J.M.; Pita, M. F. **Climatología**. 8 ed. Espanha: Cátedra, 2016. 496p.

- Jimeno, M. L. **Climatología y Meteorología Agrícola**. Espanha: Paraninfo, 2000. 451p.
- Mendonça, F. A.; Danni-Oliveira, I. M. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. v. 1. 208p.
- Oliver, J. R. (ed). ***Encyclopedia of world climatology***. New York: Springer. 2005. 873p.
- Ross, J.L.S. (org). **Geografia do Brasil**. 5 ed. rev. amp. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 555p.
- Torres, F.T.P; Machado, P.J.O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Editora Geográfica. 2008. 234p.
-

5

Climas do Brasil e aquecimento global

Climas do Brasil e aquecimento global

A classificação climática é a maneira de caracterizarmos, de uma forma mais geral, os fatores que atuam em regiões específicas em um determinado tempo e também em relação a temperatura, umidade, pressão, radiação, vegetação e tantos outros como os já vistos nos capítulos anteriores. Reconhecemos que existem vários tipos de classificações e que, por vezes, algumas são mais complicadas para a análise instantânea dos dados.

Como o Brasil é um país de grande extensão, acaba por englobar vários tipos de climas em seu território, mesmo sendo reconhecido mundialmente pela sua tropicalidade, assim como cantado por Jorge Ben Jor: “Moro, num país TROPICAL, abençoado por Deus!...”

Desta forma, se torna interessante sabermos que, além da diversidade cultural e quinta maior extensão territorial do mundo, a variedade de climas que se relacionam com nosso país, também é um fato interessante que devemos conservar. Esta diversidade climática torna o Brasil um país rico em termos naturais abióticos, que mantém a riqueza ecossistêmica a qual nos foi presenteada e que temos a obrigação de cuidarmos. É claro que nos parece difícil conservar o clima, pois isto também, e principalmente, está relacionado a fatores não humanos, mas façamos nossa parte não desmatando nossas florestas e preservando nossos ecossistemas.

Reconhecer a diferença climática do Brasil em relação aos tipos de clima do mundo nos faz entender melhor alguns fenômenos da natureza que podem alterar o ciclo de temperatura, umidade e até de vida de alguns organismos, exemplo disto é o El Niño e a La Niña, vistos no capítulo anterior. Mas para além disso, a diferença climática ao longo de um tempo muito alargado – séculos, milênios e até milhares de anos, também ocorre, provocando períodos de aquecimento e resfriamento na superfície da Terra em grande parte do território global.

Será que este fato pode, em algumas poucas circunstâncias, estar ligado de uma tímida forma a atividade humana dos últimos dois séculos e ser o famoso aquecimento global ou efeito estufa? Estes dois termos significam a mesma coisa?

Verdade, meia-verdade ou sensacionalismo puro?

Vamos descobrir estudando juntos?



OBJETIVOS

- Explicar os principais climas que atuam no Brasil e as principais massas de ar;
- Discutir sobre o aquecimento global;
- Descrever o que é e como ocorre o efeito estufa.

Climas do Brasil

De uma forma muito direta, nosso principal interesse para saber do clima ocorre em termos de organização, ou seja, nos programarmos em termos de vestuário, moradia, férias entre outros. Assim como nosso interesse no tempo é para sabermos se teremos que carregar o guarda-chuva como mais um peso ou se realmente vamos usá-lo. Não que isso não nos deixe frustrados algumas vezes, porque sabemos que o tempo muda sem prévios indícios e, triste ou feliz constatação, o clima assim também atua. No quesito de atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, a única certeza que temos é que mudanças ocorrerão a qualquer momento.

Sendo assim, mesmo que possamos apresentar uma classificação de climas no Brasil, temos que ter em mente que isso pode ser alterado conforme muitos fatores, não significando que, porque você vive numa região classificada como semi-árida, não vai chover ou choverá raramente, pois pode-se haver chuvas torrenciais por algum acaso. O que precisa estar claro para todos é que o clima depende efetivamente da dinâmica da atmosfera, que é dependente de muitos fatores atuando em simultâneo e de forma ordenada, por isso, mesmo que seja necessário reconhecermos os tipos usuais de clima, saibamos que há dias, semanas e até meses de exceção, sempre! Com isso, chegamos a conclusão que o clima é classificado pela generalidade e não por dias isolados. Embora de uma outra forma, isto já foi colocado no capítulo um, mas devemos reforçar aqui para não esquecermos.

O Brasil possui um extenso território e isso, normalmente e especificamente neste caso, significa diversidade. Temos variados tipos de relevos, altitudes diferenciadas, assim como massas de ar e correntes diversas e, além disso, nosso país inicia suas terras ao norte, atravessando a Linha do Equador e as finaliza ao sul pelo Trópico de Capricórnio, totalizando mais de 8.500.000 km² (oito milhões!), segundo apresenta o IBGE (2018), embora o território, em sua grande maioria, se

situe em zonas de baixas latitudes, conhecidas como zonas intertropicais (temperaturas médias com poucas variações, por volta de 20°C e umidade alta – climas quentes e úmidos).

Em um estudo de aspectos termopluviométricos e tipos climáticos do Brasil, Mendonça & Danni-Oliveira (2007), explicam os macrotipos climáticos apresentando algumas importantes ponderações (além das já descritas anteriormente):

- a) Uma configuração triangular em termos geográficos, tendo maior extensão nas proximidades da Linha do Equador e afunilando-se em direção ao sul;
- b) Características de maritimidade/continentalidade peculiar, e isto ocorre devido a duas situações: uma grande extensão litorânea, tanto em contato com correntes de águas quentes, como em contato com frias e; considerável massa de terra interiorana, afastada do contato marítimo;
- c) Áreas com muita vegetação (e.g. Amazônia e Serra do Mar), com taxas significativas de evapotranspiração.

Quanto ao último item, vimos no capítulo três, que a precipitação e umidade estão também relacionadas com a evapotranspiração, ou seja, quanto maior a atividade vegetal numa região, maior umidade e maior a possibilidade de chuva. Quanto a esse fator, podemos fazer alguns cálculos pluviométricos⁴, onde seus resultados contribuem na classificação climática, dentre outros fatores. Vejamos como isso ocorre segundo explicações de Almeida (2016, p. 284):

$$h = \frac{\text{volume de água}}{\text{área do terreno}} = \frac{1 \text{ litro água}}{1 \text{ m}^2 \text{ terreno}} = \frac{1.000 \text{ cm}^3}{10.000 \text{ cm}^2} = 0,1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

Onde:

h= altura/espessura de camada d'água que se forma em uma superfície horizontal, plana e impermeável, de 1 m² de área.

A unidade de medida adotada é milímetro, no Sistema Internacional, que corresponde ao volume de um litro de água por metro quadrado. Os instrumentos para se medir a precipitação são chamados de pluviômetros e os registradores pluviógrafos (figura 5.1).

4 Pluviometria: Quantidade de chuvas.



Figura 5.1 – Pluviômetro.

Há também a medida de quantidade de chuva por sua duração - calculando a diferença de tempo entre o início da chuva e o final -, e medindo sua intensidade – que é a quantidade de água caída por unidade de tempo, medida através da fórmula:

$$\left(i = \frac{\text{mm}}{\text{tempo}} \right)$$

Veja um exemplo de exercício relacionado a um cálculo pluviométrico:

? PERGUNTA

Se em um pluviômetro de 500 cm² de área de captação for medido um volume de 2.000 ml, qual o equivalente em mm?

Resposta: Segundo a fórmula da altura que vimos, se dividirmos o volume de água captado, em centímetros cúbicos pelo valor da área em centímetros quadrados (nesse caso é a área do pluviômetro), teremos quanto mede em milímetros a quantidade de chuva. Sendo assim:

$$2.000 \text{ ml} = 2 \text{ litros} = 2.000 \text{ cm}^3$$

$$2.000 \text{ cm}^3 / 500 \text{ cm}^2 = 4 \text{ mm}$$

Isso significa que a quantidade de chuva foi de quatro milímetros.

A partir do momento que já entendemos como podemos calcular o índice pluviométrico e reconhecer que isso pode ajudar na classificação climática, podemos passar para os tipos de climas em efetivo. Existem vários modelos de classificação, sendo a elaborada por Arthur Strahler a que o IBGE utiliza no Brasil. Veja o mapa oficial na figura 5.2:

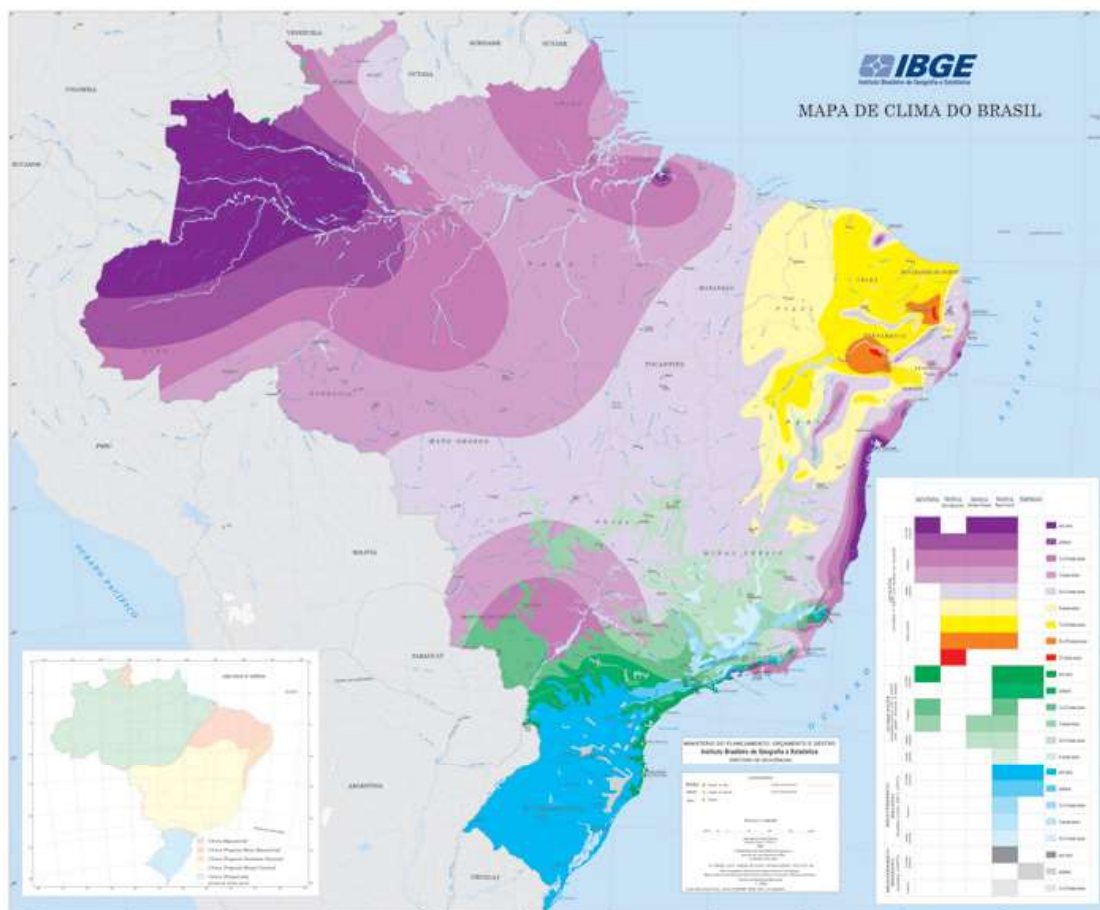


Figura 5.2 – Mapa de clima do Brasil. Fonte: IBGE (2018). Fonte: <ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2018.

Embora muito utilizada, a classificação de Strahler tem mais de 50 anos e é baseada, principalmente, no estado das massas de ar. Atualmente, com maiores possibilidades tecnológicas de medidas de outros fatores, como é o caso dos índices pluviométricos que acabamos de ver, explicaremos uma forma mais recente de classificarmos os climas brasileiros.

Classificação de climas do Brasil por Wilhelm Koppen

A classificação climática de Koppen, é fundamentalmente baseada nos fatores de precipitação e temperatura e suas distribuições conforme as estações do ano (figura 5.3).

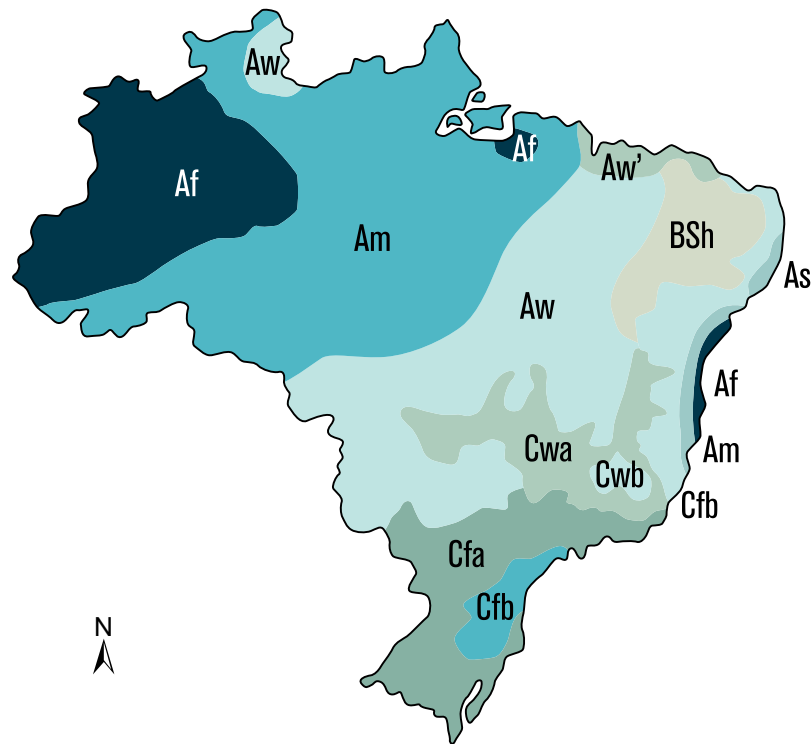


Figura 5.3 – Classificação de climas do Brasil segundo Koppen. Fonte: Torres & Machado (2008, p. 182).

Os tipos de climas brasileiros, segundo Koppen são descritos conforme letras representativas e são:

- a) **Equatorial:** Am; Af;
- b) **Tropical:** Aw; Aw'; As;
- c) **Semiárido:** Bsh;
- d) **Tropical de altitude:** Cwb;
- e) **Subtropical:** Cfa; Cfb.

Vejam os a tabela 5.1 para ver as características de cada tipo:

SÍMBOLOS	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO E DE TEMPERATURA	PARTICULARIDADE
Am	Temperaturas: elevadas entre 25 °C e 27 °C	Quente, com a primavera como estação seca
Af	Pluviosidade: elevada entre 1.500 a 2.000mm/ano	Quente e úmido, sem estação seca
Aw	Temperaturas: entre 19 °C e 28 °C, Pluviosidade média inferior a 2.000mm/ano	Quente, com chuvas de verão
Aw'	Temperaturas: entre 19°C e 28 °C, Pluviosidade média inferior a 2.000mm/ano	Quente, com chuvas de verão e outono
As	Temperaturas: entre 19°C e 28 °C, Pluviosidade média inferior a 2.000mm/ano	Quente e úmido com chuvas de inverno e outono
Bsh	Temperaturas: superiores a 25 °C; pluviosidade inferior a 1.000mm/ano	Quente e seco, com chuvas de inverno irregulares
Cwa	Temperaturas: entre 19 °C e 27 °C	Verões rigorosos com muitas chuvas
Cwb	Temperaturas: entre 19 °C e 27 °C	Verões brandos e chuvosos
Cfa	Temperaturas: entre 17 °C e 19°C; pluviosidade: uma média de 1.500mm/ano	Verões quentes, úmido com chuvas bem distribuídas ao longo do ano
Cfb	Temperaturas: entre 17 °C e 19 °C; pluviosidade: uma média de 1.500mm/ano	Verões brandos e chuvas bem distribuídas ao longo do ano

Características dos tipos de clima segundo a classificação de Koppen. Fonte: alterado de Torres & Machado (2008).

Temos que ter em mente que todas estas zonas climáticas explicam os tipos de ecossistemas e até, numa escala mais global, os biomas, além dos principais fatores que determinam os processos hidrológicos. Assim como não podemos deixar de também relacionar os climas como uma questão de critério das latitudes, onde a divisão de hemisférios define a organização do espaço mundial em muitos termos: políticos, geográficos, culturais, agrícolas (Almeida, 2016).

Tipos de massas de ar atuantes no Brasil

Como vimos anteriormente, a diversidade climática no Brasil é grande e isso é devido a alguns fatores. Embora a classificação de Koppen, que explicamos, se baseie principalmente em fatores de precipitação e temperatura, não podemos deixar de lembrar, como visto no capítulo três, que as massas de ar atuam diretamente tanto na temperatura como na pluviosidade, ou seja, os tipos de clima do Brasil dependem também, e de forma direta, dos tipos de massa de ar que aqui atuam. Vimos também que estas massas possuem características de suas áreas de origem, sendo massas de ar originadas em locais frios e úmidos, também frias e úmidas.

Como as massas de ar não são estáticas, avançando e recuando ao longo do tempo e influenciadas pela circulação da atmosfera, reconhece-se as variações climáticas de um mesmo local como tendo estas massas como causa. Sabe aquela notícia de tempo dita no Jornal Nacional de que “... a onda de frio intenso que arrebatou o sul do país é devido a uma massa de ar polar”? Bem, é devido a esses movimentos que as massas de ar sofrem.

Num geral, as massas de ar atuantes no Brasil são aquelas que atuam na América do Sul inteira e há um consenso entre muitos autores de que sejam em número de seis seus tipos (Almeida, 2016; Ayoade, 2003; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007; Torres e Machado, 2008 entre outros):

- a) **Equatorial continental:** cE;
- b) **Equatorial marítima (ou atlântica):** mE ou mEa;
- c) **Tropical continental:** cT;
- d) **Tropical marítima (ou atlântica):** mT ou mTa;
- e) **Polar marítima (ou atlântica):** mP ou mPa;
- f) **Antártica continental:** cA.

Muitas são as características e informações das massas de ar brasileiras, mas para entendê-las de uma forma mais objetiva, vamos ver na tabela 5.2:

TIPOS DE MASSAS DE AR DO BRASIL	CARACTERÍSTICAS	ORIGEM
cE	Quente e úmida, em quase todos os meses do ano	Origina-se na parte central do Nordeste da Amazônia
mE ou mEa	Quente e úmida e atua tanto no Hemisfério Norte como no Sul e influencia o regime de chuvas, especialmente na região do nordeste	Origina-se sobre o oceano Atlântico e Pacífico
cT	Quente, seca e instável e atua especialmente no verão	Origina-se no leste dos Andes e sul do Trópico
mT ou mTa	Relativamente quente e com moderada umidade. Ocorre o ano todo, mas destaca-se no inverno	Forma-se na região quente do Atlântico Sul
mP ou mPa	Fria, relativamente úmida e instável e costuma provocar as “geadas” no sul do Brasil no inverno	Forma-se na região Subantártica – extremo sul da Argentina.
cA	Extremamente fria e seca, provoca as “fria-gens” em todo o Brasil	Forma-se na região continental Antártica

Tabela 5.1 – Massas de ar brasileiras. Fonte: alterado de tipos Almeida, 2016; Ayoade, 2003; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007; Torres e Machado, 2008.

Aquecimento global e efeito estufa

A Terra é um planeta com mais de 4,5 bilhões de anos de história e, ao longo deste inimaginável longo período de tempo, as mudanças são a norma e não a

exceção, isto não somente em relação ao clima, mas também em relação a litosfera, hidrosfera e biosfera. Nada é imutável em nosso planeta, apenas pode não ser percebido aos olhos humanos.

Para muitas pessoas, as mudanças de tempo, e também de clima, parecem algo de imediato em nossa vida. Assim como já explicado no capítulo um de nosso livro, todas as manhãs, quando acordamos e vemos a previsão do tempo, de ano em ano e de forma mais precisa, tendo cada pequena mudança rapidamente destacada e alardeada pelos meios de comunicação e elevado ao alcance de um fenômeno histórico e irrepetível, acabamos por pensar que tanto os aquecimentos quanto os resfriamentos são coisas ruins e inéditas. Nossa própria visão do homem como centro da natureza nos impede de comprovar a dimensão minúscula que estas mudanças possuem dentro de um imenso tempo passado antes de existirmos e, além disso, no contexto global que estes fatos ocorrem.

Na história da Terra, que é extremamente rica em mudança de fenômenos, estruturas e características, ocorreram uma grande quantidade de variações em termos climáticos e ambientais. Muitas dessas mudanças, entre as quais se encontram algumas das mais fundamentais para a existência de nossa espécie, foram acentuadas pela ação dos seres vivos, como é o caso da atividade de fotossíntese pelas plantas – que contribuem para uma temperatura mais agradável para a nossa necessidade vital.

O desafio que enfrentamos hoje na discussão sobre a mudança climática que estamos passando é discernir que parte disto é relacionada a uma variação natural e que parte pode ser resultado da ação humana, que se ocorre, só prejudica a nós mesmos e a pouquíssimas espécies que dependem de nossa atividade em exclusivo.

O conhecimento das reais causas dessas mudanças climáticas nos permite delimitar os processos que o clima influi e termos uma inferência para sua evolução futura. Porém, as respostas às dúvidas lançadas não podem ser respondidas através da análise de um curto período de tempo, como é o caso da vida humana ou de poucas gerações humanas, mas sim buscá-las nos registros de tempos passados, preservados nas rochas ao longo do tempo geológico.

Quando isso é feito, com as mais avançadas tecnologias que já desenvolvemos, vemos que, em termos globais, o que estamos vivendo hoje faz parte de um ciclo contínuo de mudanças climáticas que o planeta vem sofrendo desde sua origem e, com esse conhecimento poderemos estar preparados, num futuro, para situações catastróficas que surgirão e assim não sofreremos. Há um ditado que diz: “Quem não conhece a história está obrigado a repeti-la”. Será que é por isso que sempre estamos sofrendo com os mesmos tipos de mudanças e catástrofes resultantes delas?

Pense: Se sabemos que quando chove em uma região, ocorrerá enchentes, porquê não limpamos os bueiros ou tratamos da rede de esgotos e lixos que impedem a água de ser absorvida? Porquê não construímos mecanismos de maior fluidez da água ao invés de asfaltarmos tudo e vedarmos o escoamento da mesma?

Um outro ponto importante para refletirmos é sobre os registros de textos históricos que o homem nos deixou de legado desde quando começou a estudar o clima, onde os primeiros registros giram em torno de quatro mil anos. Além disso, textos mais recentes, com menos de duzentos anos ainda são usados para alegarmos mudanças globais provocadas pelo homem em termos de clima. Mas pense: Todas as deduções que podemos ter sobre estes textos, até os que chegam a datas de 150 anos atrás, é indireta, não quantitativa e devemos vê-las com cuidado, pois podem ter priorizado critérios de análises não explicados, com a certeza de coleta por instrumentos menos precisos e até não confiáveis, além de que, os registros são descontínuos e incompletos.

Entende agora o porquê não é de todo correto afirmar que o homem é a causa das mudanças climáticas globais dos últimos duzentos anos? Uma infinidade de estudos e fundamentação científica é necessária para que possamos afirmar qualquer coisa sobre mudanças do clima ao longo do tempo e não somente uma ou outra questão de medição de temperatura e disponibilidade de dióxido de carbono, coletadas de formas aleatórias ao longo de dois ou três séculos. Temos que tomar cuidado com o que lemos e ouvimos em relação a este assunto.

Em um estudo sobre a geoquímica global, em relação as oscilações climáticas do meio ambiente desde quatro bilhões de anos, Tardy (1997) nos demonstra como ocorreram as flutuações do fluxo de rios e de pluviosidade, veja:

O exame das flutuações, desde há 100 anos, do fluxo dos rios do mundo inteiro e das temperaturas anuais sobre o conjunto dos oceanos e dos continentes permite a seguinte síntese: o escoamento continental global (soma dos fluxos de todos os rios e correntes que escoam sobre os continentes) aumentou. Contudo, em certas regiões do globo, o fluxo aumentou durante a primeira metade do século e diminuiu durante a segunda. Em outras regiões, ao contrário, o fluxo diminuiu durante a primeira, mas aumentou durante a segunda metade do século. As oscilações seculares da pluviosidade são compensadas de uma região para a outra. Enfim, o aumento refere-se apenas aos continentes e não aos oceanos, de sorte que nada permite concluir ter a Terra toda se tornado mais úmida. É possível, de fato, que o excesso de pluviosidade sobre os continentes seja compensado por um déficit sobre os oceanos. A escala continental, considerando o conjunto dos continentes, não deve ser confundida com a escala global, ou seja, a escala de todo o Globo Terrestre (Tardy, 1997, p. 165).

O autor também apresenta uma figura com mudanças climáticas globais, em termos de temperatura e umidade, nos últimos trezentos mil anos (figura 5.4).

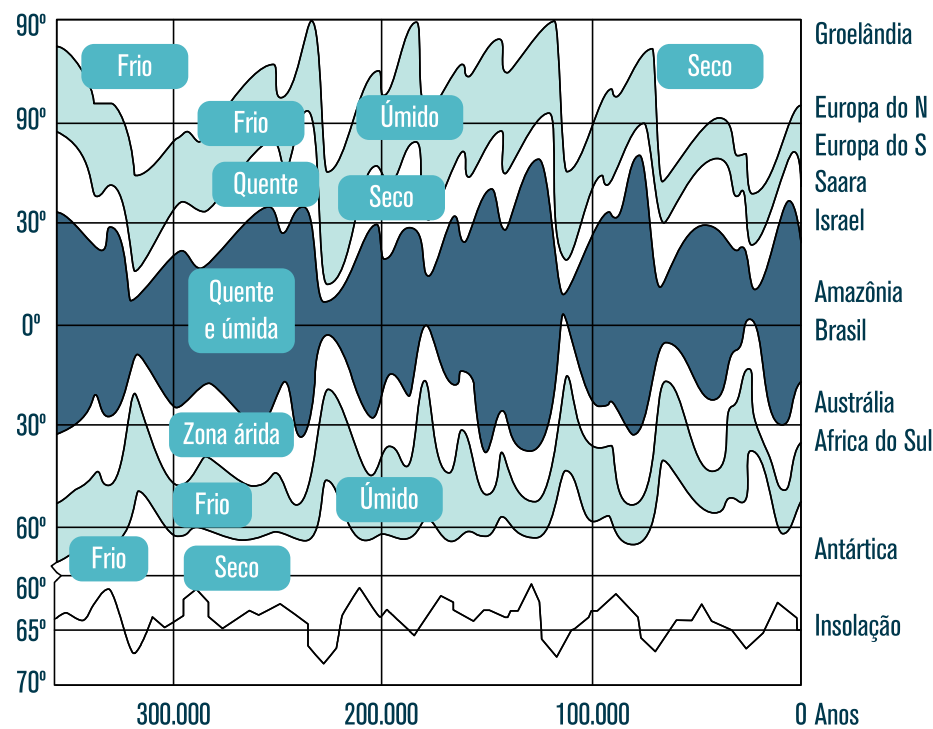


Figura 5.4 – Flutuações das zonas climáticas secas e úmidas, quentes e frias ao longo dos últimos trezentos mil anos. Fonte: Harris & Fairbridge (1967 *apud* Tardy, 1997).

Com este tipo de estudo, não somente Yves Tardy, mas também muitos outros autores até mais antigos (e.g. Harris e Fairbridge, 1967; Probsty, 1989; Wigley e Raper, 2001; Fowler, Blenkinson e Tebaldi, 2007, e outros) comprovam que as mudanças climáticas são cíclicas e que apenas estamos vivenciando parte de uma delas.

Vejamos a ilustração de Teixeira (2000) que demonstra a variação da temperatura global da Terra ao longo dos últimos 1,1 bilhões de anos (figura 5.5):

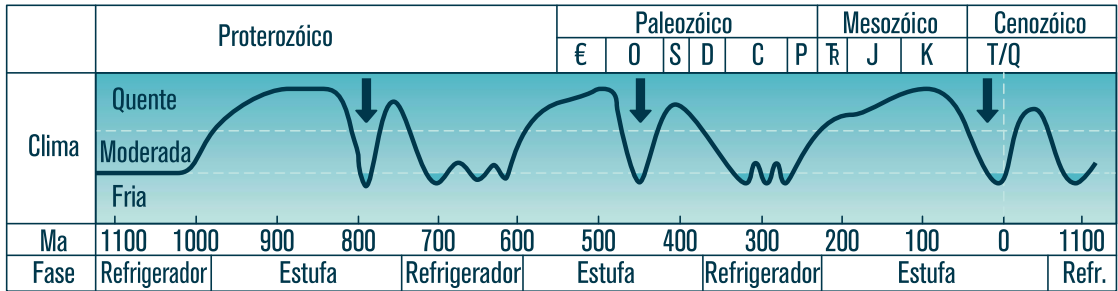


Figura 5.5 – Variação do clima, em termos de temperatura, na Terra nos últimos 1,1 bilhões de anos. Fonte: Teixeira (2000).

O que ocorre é que o homem, assim como os demais seres vivos, precisa se adaptar aos limites impostos pelas condições climáticas e as distintas sensações que seu organismo pode suportar. O que ocorre, é que o homem possui a capacidade de modificar as condições ambientais de seu entorno mediante sua moradia e forma de vida. Desde sempre o homem demonstra interesse em definir as condições mais favoráveis para sua saúde e bem-estar, buscando locais que sejam mais confortáveis ao seu padrão de rotina, tendo o desenvolvimento da tecnologia o favorecendo neste quesito.

Nossas construções, em todo o mundo, são feitas para nos isolar dos fenômenos que ocorrem no exterior. O cultivo agrícola das espécies que gostamos, assim como a pecuária, avicultura entre outros tipos de técnicas de criação de animais, sempre no entorno de nossas cidades dormitórios, é a prova de que escolhemos o local que mais nos convém em termos climáticos, mas fazemos isso como se as condições ambientais e climáticas fossem imutáveis, independente de como agimos com ela.

Isso é importante, pois em termos locais, o homem pode provocar alterações ambientais significativas para seu padrão de vida. Sabe como? Através do que você verá agora sobre efeito estufa.

Bem, já vimos no capítulo um que o efeito estufa é um fenômeno natural relacionado a uma elevada absorção do ozônio, além do dióxido de carbono. Segundo Almeida (2016, p. 35) “é um processo que ocorre quando uma parte da irradiância solar refletida pela superfície terrestre é absorvida por determinados presentes na atmosfera (...) tendo como consequência, o calor retido”.

Em termos globais, o efeito estufa que ocorre é o natural, desta forma que explica o autor acima, mas em termos locais, podemos dizer que os gases presentes nas primeiras dezenas de metros acima da superfície podem ter concentrações maiores devido as atividades humanas.

Este é o caso do que ocorre nas grandes cidades, que tem muitos prédios altos, atividade de transporte com queima de combustível fóssil de forma intensa, gases industriais (que mesmo filtrados e em pequenas quantidades, quando somados aos já existentes, podem intensificar determinados fenômenos) e pouca ou nenhuma ação de ventos. Tudo isso unido, provoca uma concentração da energia térmica fazendo com que a temperatura suba.

Em muitos dos casos de grandes cidades industrializadas, pode ocorrer o que chamamos de “efeito smog”, que corresponde a nuvens de elementos em suspensão, onde as mesmas servem como uma tampa, vedando o escape da energia da superfície para a atmosfera mais alta.

Desta forma, este efeito estufa artificial, que com o passar das horas do dia, ou no máximo em alguns dias – conforme os ventos e a deposição das partículas em suspensão ocorrem – se dissipa, é confundido com o que chamamos de aquecimento global.

Repetimos que o aquecimento global é o aumento da temperatura terrestre não somente numa região específica, por maior que essa região pode parecer para nossos olhos, mas em todo planeta! Além disso, o aquecimento global, como vimos, não é apenas uma questão de concentração de dióxido de carbono, mesmo este elemento tendo sua influência.

É importante ressaltar, conforme explica Torres & Machado (2008, p. 186), que apesar do sensacionalismo da mídia e de alguns intitulados ambientalistas, em termos de quantidade de carbono na atmosfera, não há quase variação ao longo do tempo, tendo praticamente o mesmo valor desde sempre. O que ocorre é uma mudança de local onde o carbono se apresenta, que antes de sua extração, os hidrocarbonetos estão abaixo da superfície, mas depois dos processos de combustão e/ou tratamento, estão localizados na atmosfera.

Conforme nos explica Almeida (2016, p. 38), não há uma relação direta entre o aumento de concentração de dióxido de carbono e a temperatura, o que existem são oscilações temporais desses dois fatores, mas nada tão excepcional que acabe com a vida na Terra. Para essa afirmação o autor apresenta um estudo, em uma de suas obras, que ilustramos na figura 5.6:

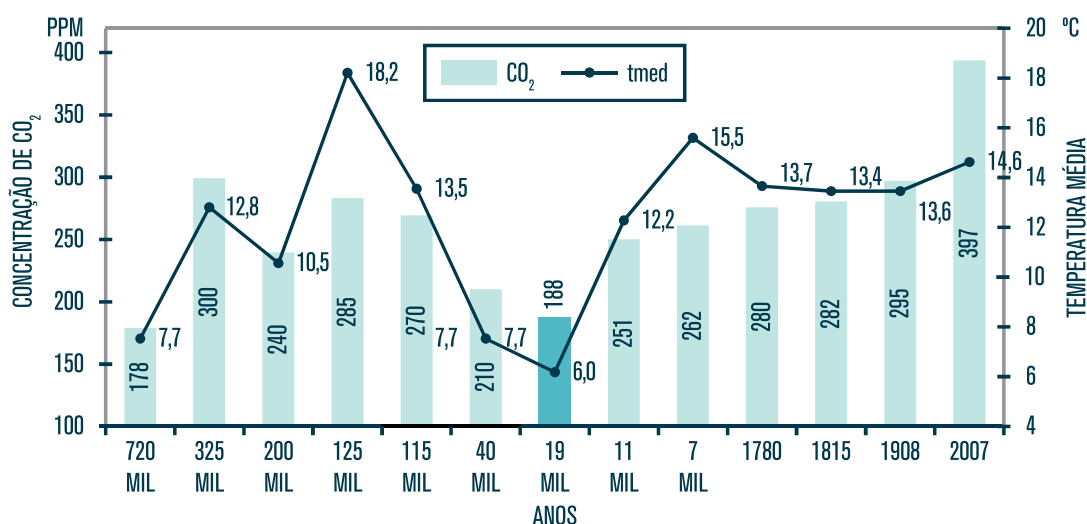


Figura 5.6 – Relação entre a concentração de dióxido de carbono na atmosfera e a temperatura média do ar. Fonte: Almeida (2013).

Além da questão da concentração de dióxido de carbono, há também outro gás natural que produz o efeito estufa, que é o metano. Segundo Torres & Machado

(2008, p. 187), a molécula de metano retém mais calor que a molécula de dióxido de carbono, numa relação de 25:1, ou seja, é vinte e cinco vezes mais potente. O metano tem sua origem natural na superfície através das erupções vulcânicas, bactérias decompositoras, ruminantes, insetos entre outros organismos e até o homem.

O que é ponto crucial e de concordância entre todos os autores do tema, é que mais estudos precisam ser feitos para que os mecanismos das mudanças climáticas atuais possam ser melhor explicados e divulgados.

E desta forma fechamos nosso livro, que entre assuntos polêmicos e conhecimento científico trouxe explicações desta nossa disciplina de Climatologia. O importante é saber que esta pequena obra deve ser complementada por pesquisas de forma frequente e fornece como guia suas indicações de referências bibliográficas.



ESTUDO DE CASO

Pesquise sobre os tipos principais de massas de ar que atingem a região que você vive. Tente descrever como ocorre a mudança de tempo com a influência das mesmas ao longo do ano.

O aluno deve comentar que no Brasil há a presença de seis classificações de massa de ar e que qualquer uma delas, mesmo algumas não sendo de forma frequente, podem atingir a região que mora, devido a circulação geral da atmosfera.

O aluno também deve explicar, conforme a região do Brasil que viva, se sul, sudeste, centro-oeste, nordeste ou norte, se a influência das massas de ar deixa o tempo mais seco e frio ou mais quente e úmido.



ATIVIDADES

01. Em um pluviômetro de 2.000 cm^2 de área de captação, mediu-se um volume de 2.000 cm^3 em um dia. Quanto choveu neste dia?

- | | | |
|---------|---------|---------|
| a) 1 mm | c) 3 mm | e) 5 mm |
| b) 2 mm | d) 4 mm | |

02. Qual é o valor pluviométrico resultante da coleta semanal feita por um pluviômetro de área de 400 cm^2 e um volume de água de chuva de 3,6 litros?

- | | | |
|----------|----------|---------|
| a) 9 mm | c) 11 mm | e) 4 mm |
| b) 10 mm | d) 16 mm | |

03. Qual alternativa a seguir corresponde ao tipo de massa de ar que influencia o regime de chuvas, especialmente na região do nordeste?

- a) mE c) mP e) cT
b) mT d) cE

04. Qual alternativa completa a seguinte frase, segundo o que vimos exclusivamente neste capítulo?

“...não há uma relação direta entre o aumento de concentração de _____ e a temperatura, o que existem são oscilações temporais desses dois fatores, mas nada tão excepcional que acabe com a vida na Terra”.

- a) dióxido de carbono c) ventos e) oxigênio
b) ozônio d) latitude



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, H. A. de. Oscilações decadal e sazonal das temperaturas do ar no semiárido nordestino.

Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, n.5 p.1100-1114, 2013.

Almeida, H.A. **Climatologia aplicada à geografia** (livro eletrônico). Campina Grande: EDUEPB, 2016. 317p.

Ayoade, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p.

Fowler, H.J.; Blenkinson, S.; Tebaldi, C. Linking climate change modelling to impacts studies: recente advances in downscaling techniques for hydrological modelling. **International Journal of Climatology**. 27: 1547-1578, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial brasileira. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm, acesso em: 29/03/2018.

Mendonça, F. A.; Danni-Oliveira, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. v. 1. 208p.

Probst, J.L. & Tardy, Y. Global runoff fluctuations during the last 80 years in relation to world temperature change. **American Journal of Science**, 289, p. 267-285, 1989.

Tardy, Y. **Geoquímica Global: oscilações climáticas e evolução do meio ambiente desde quatro bilhões de anos**. São Paulo: Estudos Avançados v.11, nº30, p.149-173. 1997.

Torres, F.T.P; Machado, P.J.O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Editora Geográfica. 2008. 234p.

Wigley TML, Raper SCB. 2001. Interpretation of high projections for global-mean warming. **Science**, 293: p. 451–454.



GABARITO

Capítulo 1

01. B – pois não existe esta camada na atmosfera, é produto da invenção do filme Superman.
02. B – pois é o elemento principal de absorção, na estratosfera, de elementos nocivos para nós.
03. B – pois é na Mesosfera que ocorre uma diminuição brusca da temperatura a partir da camada, parte mais quente da Estratosfera.

Capítulo 2

01. A – pois o que se coloca é a definição de calor.
02. B – pois a temperatura tem como unidade os graus centígrados ou Celsius.
03. A – pois grande parte da radiação emitida pelo Sol é perdida antes mesmo de chegar a atmosfera.

Capítulo 3

01. A – pois o que se coloca é a classificação em gênero de nuvens.
02. B – pois o vento é o elemento deste capítulo que pode ser medido em metros por segundo.
03. A – pois deste estado da água dependemos para que ocorra precipitação, formação de nuvens etc.

Capítulo 4

01. B – pois o que se coloca é a classificação que utiliza o critério pedido.
02. B – pois este é o fenômeno exatamente oposto ao El Niño.

03. E – pois não existe esta classificação e não deve ser confundida com a classificação chamada macroclimas.

Capítulo 5

01. A – pois quando divide-se os valores conforme a fórmula, obtém-se este resultado.

02. A – pois quando se aplica a fórmula, o resultado apresentado é de 9 mm.

03. A – pois é a massa tropical marítima ou atlântica que influi na questão de chuvas da região supracitada.

04. A – pois no quesito de aquecimento global explicado, a relação entre estes dois elementos ainda deve ser mais estudada para se ter melhores conclusões.



ANOTAÇÕES