Climatologia e Meteorologia

Climatologia e Meteorologia

Lilian Elizabeth Diesel

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente
Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica
Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Danielly Nunes Andrade Noé
Grasiele Aparecida Lourenço
Isabel Cristina Chagas Barbin
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica
Carolina Belei Saldanha
Daniela Resende de Faria

Editorial
Camila Cardoso Rotella (Diretora)
Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)
Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)
Letícia Bento Pieroni (Coordenadora)
Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Diesel, Lilian Elizabeth
D564c Climatologia e meteorologia / Lilian Elizabeth Diesel. –
Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
232 p.

ISBN 978-85-522-1098-6

1. Estação meteorológica. 2. Precipitação pluviométrica.
3. Tempo. I. Diesel, Lilian Elizabeth. II. Título.

CDD 551.6

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 — Londrina — PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: http://www.kroton.com.br/

Sumário

Unidade 1 | Introdução ao estudo do clima 7
Seção 1.1 - Introdução à climatologia 9
Seção 1.2 - Características da atmosfera 25
Seção 1.3 - Fatores relacionados ao clima 39

Unidade 2 | Elementos do clima 55
Seção 2.1 - Elementos determinantes do clima 57
Seção 2.2 - Sistemas atmosféricos 72
Seção 2.3 - Regimes pluviométricos 92

Unidade 3 | Os fenômenos meteorológicos e suas implicações às populações humanas 115
Seção 3.1 - Eventos especiais e perturbações atmosféricas 117
Seção 3.2 - Introdução à biometeorologia 133
Seção 3.3 - Impactos relacionados aos fenômenos atmosféricos 147

Unidade 4 | Sistemas de informações meteorológicas 173
Seção 4.1 - O clima e a previsão de tempo atmosférico 175
Seção 4.2 - Estações meteorológicas e interpretação de dados 192
Seção 4.3 - Mudanças climáticas 209

Palavras do autor

Prezado aluno, seja bem-vindo aos estudos da climatologia e da meteorologia, ciências que têm por objetivo o estudar os climas, as condições atmosféricas e suas interações com as diversas atividades relacionadas aos seres humanos. Este livro está estruturado em quatro unidades de ensino. A primeira delas trata da introdução ao estudo do clima, na qualtrabalharemos com a climatologia, as características da atmosfera e os fatores relacionados ao clima, apresentando os conceitos, as definições e as subdivisões da climatologia e da meteorologia, apresentando-os e as principais classificações climáticas. O estudo da caracterização da atmosfera permitirá o conhecimento de aspectos como a evolução, a composição, as camadas e a circulação atmosférica. Na abordagem dos fatores do clima você estudará sobre a latitude e altitude, a maritimidade e continentalidade, a influência antrópica e da vegetação no clima.

Na segunda unidade, o enfoque será o estudo dos elementos do clima. Buscaremos definir elementos, como a temperatura do ar, a umidade atmosférica, a radiação solar e o balanço de energia, a pressão atmosférica e o clima. Você estudará também os sistemas atmosféricos através das massas de ar, das frentes e dos sistemas associados, bem como os regimes pluviométricos com base na origem e na formação das precipitações, tipos de chuvas e os métodos para que seja possível realizar a estimativa da precipitação.

Na Unidade 3 serão discutidos os fenômenos meteorológicos e suas implicações às populações humanas. Veremos também a abordagem dos eventos especiais e perturbações atmosféricas com base no estudo do efeito estufa e os gases potencializadores, a inversão térmica através de seus fatores e efeitos, o El Niño e a La Niña, os tornados, os ciclones, bem como as suas classificações. Também, nesta unidade, a introdução ao estudo da biometeorologia apresentará os conceitos e as definições em biometeorologia através da termorregulação e o estresse térmico, os fenômenos atmosféricos e o estresse climático, suas causas e definições, além das implicações aos seres vivos. O estudo dos impactos relacionados aos fenômenos atmosféricos lhe será apresentado por meio das

consequências dos eventos atmosféricos às atividades humanas, da previsibilidade dos desastres, além daqueles considerados os desastres mais importantes ocorridos no mundo e no Brasil.

Por fim, na Unidade 4, você estudará os sistemas de informações meteorológicas. No estudo do clima e da previsão de tempo atmosférico, verá as escalas de estudos climáticos, os sistemas de aquisição dos dados meteorológicos, os satélites meteorológicos e a previsão de tempo aplicadaàs atividades humanas. As estações meteorológicas e a interpretação de dados serão apresentadas por meio do estudo referente aos tipos de estações meteorológicas e aos equipamentos utilizados para realizar a medição e a aferição dos dados meteorológicos.Estudaremos a interpretação das cartas climatológicas e como utilizar os dados meteorológicos. Para finalizar a unidade de ensino, trataremos das mudanças climáticas com base no histórico dos movimentos que estão a elas relacionados, a influência antrópica, o aquecimento global e o processo cíclico e os impactos associados as mudanças climáticas.

Introdução ao estudo do clima

Convite ao estudo

A climatologia e a meteorologia são áreas do conhecimento que permitem ao homem a capacidade de conhecer e entender as condições de tempo e de clima. Embora muitos considerem que o tempo e o clima sejam a mesma coisa, eles apresentam diferenças importantes.

Você foi contratado como pesquisador no Centro de Estudos em Climatologia e Meteorologia (CEMSC) no estado de Santa Catarina. Este centro possui laboratórios, salas de reunião, sala de previsão de tempo, estações meteorológicas, radar meteorológico, banco de dados e biblioteca. Dentre suas pesquisas como especialista, você deverá realizar relatórios, palestras, materiais de apoio e estudos climatológicos, por exemplo. O seu conhecimento em climatologia e meteorologia será de grande valia, pois ajudará muitas pessoas na compreensão do tempo e do clima, bem como auxiliará outros pesquisadores no desenvolvimento de novos estudos.

Neste mês, você receberá 45 alunos da segunda série do Ensino Médio e planeja utilizar fatos cotidianos para apresentar os temas que serão abordados. Em um primeiro momento, você pretende avaliá-los previamente para saber quais são as expectativas dos alunos. Portanto, você pediu que eles se manifestassem contando o que sabem sobre tempo, clima, climatologia e meteorologia. A maior parte dos estudantes expõem que nunca viram tais conceitos. Como profissional da área, você sabe que isso não procede, poisos alunos têm conhecimentos, porém,não estão fazendo as devidas associações. Com base nessa resposta, você percebeu que

precisa trabalhar tais conceitos por meios diversificados e não somente através de estudos textuais.

Sendo assim, na primeira etapa, a ideia é refletir sobre o aumento da temperatura global média através de alguns dados concretos, mostrando como os estudantes podem se apropriar disso afim de comprovar ou refutar essa ideia. Em seguida, vamos pensar nos estudos da atmosfera, camada que envolve nosso planeta que é tão importante para a manutenção da vida como a conhecemos e que tanto dependemos. É possível inferir, através dos dados e análises de cartas e mapas, como certos fatores alteram ou não o clima de uma determinada região? A partir desse questionamento, vamos acompanhar seu dia a dia como profissional e dos alunosque visitam o CEMSC ao longo da construção e mediação desses conceitos.

Seção 1.1

Introdução à climatologia

Diálogo aberto

Nesta seção teremos uma introdução a climatologia, seus conceitos e definições, as características da atmosfera e os fatores climáticos. A princípio, você pode acreditar que estes sejam temasbemteóricos, de fato são. Mas não é por isso que não conseguimos visualizá-los no dia a dia, podemos perceber através das mudanças de tempo e do clima, ocorrência ou não de chuva e pelo aumento ou diminuição da temperatura. Para desenvolver melhor esse conteúdo, vamos retomar a situação-problema na qual você é um pesquisadordo CEMSC, recebe alunos da segunda série do Ensino Médio para uma visita ao centro de estudo.

Durante a palestra inicial, vocêindaga sobre o que os estudantes conheciam sobre o tempo e o clima, meteorologia e climatologia, características atmosféricas e fatores climáticos. Como muitos colocam que desconhecem tais assuntos, para continuar a discussão, você mostra para a turma a seguinte notícia:

> **O planeta bateu em 2016 seu terceiro recorde anual consecutivo de calor, com uma temperatura cerca de 1,1ºC acima da média da era pré-industrial, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM). O século XXI já conta com 16 dos 17 anos mais quentes desde que se começou a registrar as temperaturas, em 1880. (HOURS, 2017, [s.p])**

Com essa informação, a estudanteLuciana faz um questionamento: "Mas o aumento apresentado é de apenas 1,1 °C! Da hora que eu fui para a escola até agora aposto a temperatura aumentou bem mais que isso! "

As palavras de Luciana são confirmadas por quase todos na turma e realmente é um fato. Contudo, há de se notar a confusão teórica.

Como você, pesquisador do CEMSC, pode se aproveitar da confusão gerada pelos alunose elucidar sobre conceitos importantíssimos em climatologia e meteorologia usando a notícia? Além disso, como você pode se aproveitar dos dados apresentados na última parte da notícia, que expõem um espaço temporal considerável?

Vamos acompanhar o desdobramento dessa situação e, com o desenvolvimento dos conceitos e dos conteúdos, verificar como resolvê-la.

Bons estudos!

Não pode faltar

A climatologia e a meteorologia são as áreas do conhecimento que despertam a curiosidade e a imaginação das pessoas desde os primórdios da humanidade. Os gregos, a princípio, foram os primeiros a descrever e registrar os comportamentos da atmosfera. Por exemplo, Hipócrates, em 400 a.C., que escreveu um tratado sobre "Ares, Água e Lugares" e Aristóteles com sua obra "Meteorológica" em 350 a.C.(AYOADE, 2011).

A climatologia e a meteorologia por muito tempo faziam parte do mesmo ramo do conhecimento. Porém, o homem, com o passar dos tempos e com técnicas e tecnologias, conseguiu apresentar explicações sobre os fenômenos naturais e definir a distinção existente entre os termos climatologia e meteorologia, e entre clima e tempo. Definiu-se, portanto, que o estudo da meteorologia ficaria vinculada ao campo das ciências naturais (física) e a climatologia ao campo das ciências humanas e naturais (MENDONÇA;DANNI-OLIVEIRA, 2007).Para que você possa compreender melhor a distinção entre essas ciências, veremos a seguir as definições e conceitos da meteorologia e da climatologia, e de tempo e clima.

Para Ayoade (2011) a **meteorologia** é definida como sendo a ciência da atmosfera e está relacionada ao seuestado físico, dinâmico e químico e as interações existentes entre eles e a superfície da Terra. Vianello e Alves (2012) apresentam a definição de meteorologia como o estudo da ciência da atmosfera em seu sentido mais amplo, ou seja, interesses que incluem a física, a

química e a dinâmica sobre a superfície da Terra, os oceanos e sobre a vida em geral. A meteorologia objetiva, portanto, o entendimento dos fenômenos atmosféricos e sua previsão.

Um dos principais conceitos de **climatologia** foi apresentado por Ayoade(2011) na década de 1980, referindo-se a tal ciênciacomo o estudo da síntese do tempo atmosférico em um determinado lugar por um período de 30 a 35 anos.Para Vianello e Alves (2012),climatologia trata do estudo científico do clima,para o qual são utilizados os mesmos dados básicos da meteorologia e os seus resultados são usadospor meteorologistas na elaboração das previsões de tempo, na agricultura na saúde, dentre outros.

Para a distinção entre **tempo** e **clima** apresentado por Ayoade (2011) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007), destaca-se que, enquanto o **tempo** é o estado médio da atmosfera em um dado tempo e determinado lugar, o **clima** é uma síntese do tempo em determinado lugar e por um período que compreende 30 a 35 anos.

Ciente dos conceitos de meteorologia e climatologia, e tempo e clima, vamos abordar algumas das várias subdivisões de estudo da meteorologia e da climatologia, que são apresentadas por diversos autores, tais como Ayoade(2011, p.4), Vianello e Alves (2012, p. 379),Fiorin e Dal Ross(2015) e Vieira e Piculli(2009, p. 26). Veja as quatro subdivisões mais utilizadas da meteorologia e suas áreas de aplicações.

- Meteorologia sinótica: trata da descrição, análise e previsão de tempo.
- Meteorologia física: é o ramo da meteorologia que estuda os fenômenos atmosféricos relacionados diretamente com a física e a química.
- Meteorologia dinâmica: aborda os movimentos atmosféricos e sua evolução temporal.
- Micrometeorologia: estuda as interações da superfície-atmosfera, com os fluxos de calor e massas e com a estabilidade atmosférica.

As subdivisões da climatologia foram apresentadas por Ayoade (2011, p.3) e Vianello e Alves (2012, p. 379 e 380), seguem as quatros mais usadas:

- Climatologia sinótica: trata do estudo do tempo e do clima em uma área com relação ao padrão de circulação atmosférica predominante.
- Climatologia física: é o estudo que envolve a investigação do comportamento dos elementos do tempo ou os processos atmosféricos em termos de princípios físicos.
- Climatologia dinâmica: aborda os movimentos atmosféricos em várias escalas, particularmente na circulação geral da atmosfera.
- Climatologia aplicada: estuda a aplicação do conhecimento climatológico nas soluções dos problemas que afetam a humanidade.

Até aqui estudamos os conceitos e definições da meteorologia e da climatologia. Vamos agora passar a acompanhar a introdução aos fatores do clima.

Considera-se como fatores do clima as características naturais que são responsáveis pela diferenciação da paisagem, e que possuem a capacidade de gerar influência direta na determinação dos elementos climáticos e na caracterização dos tipos de clima. Para Torres e Machado (2008) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007) os fatores climáticos são classificados em: latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, atividades antrópicas e a vegetação.

A **latitude** é a distância, em graus, de um ponto na superfície da Terra até a linha do Equador. É a latitude que representa a ação dos condicionantes astronômicos na quantidade de energia que entra no Sistema Superfície-Atmosfera (MENDONÇA;DANNI-OLIVEIRA, 2007). A forma da Terra permite que a iluminação dos raios solares ocorra em diferentes inclinações (FIORIN; DAL ROSS, 2015). A incidência dos raios ocorre o ano todo nas áreas localizadas próximo ao Equador, e é quase perpendicular (90°), portanto, nessas regiões a temperatura média anual será maior. Nas regiões que se localizam nas médias e altas latitudes, onde a incidência dos raios solares ocorre de maneira mais inclinada, as temperaturas médias anuais serão menores (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A **altitude** é definida como sendo a diferença de nível existente entre um determinado local e o nível médio domar (NMM). Em um local de maior altitude a radiação é mais intensa do que um lugar de menor altitude em mesma latitude (FIORIN e DAL ROSS, 2015).

Exemplificando

Nas áreas montanhosas, que são alta altitude, a pressão atmosférica é baixa e as temperaturas são menores do que em áreas mais próximas ao nível do mar. Você consegue identificar essa situação quando estiver no alto de uma serra. Neste local, a temperatura do ar é mais baixa. Nas altas altitudes evidencia-se uma menor diversidade de gases e das partículas em suspensão, ocorrendo, assim, uma menor retenção de calor.

A **maritimidade** e a **continentalidade** são fatores climáticos que estão relacionados com a proximidade que um lugar tem com os mares e oceanos. Nos locais mais próximos às grandes quantidades de água, a umidade é maior e, por isso, haverá uma menor variação na temperatura(amplitude térmica). Nas regiões mais distantes das grandes quantidades de água, ou de massas líquidas, a umidade do ar é menor e a continentalidade é que exerce maior influência, e, por conseguinte, registrarão altas amplitudes térmicas (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

Assimile

Os mares e oceanos, além de terem a função de regular a temperatura e a umidade, servem ainda como os "principais fornecedores de água para a troposfera e controlam a distribuição de energia entre os oceanos e os continentes". Ao trocarem energia entre pontos distantes da Terra, "as correntes oceânicas interagem com a dinâmica das massas de ar, definindo quais serão as áreas secas e as áreas chuvosas". Tal fato ocorre pelo fato de as águas frias superficiais induzirem o ar a se resfriar, inibindo a formação de nuvens, e, por consequência, a ocorrência de chuvas. (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007. p. 48 e 49).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Torres e Machado (2008) consideram a **vegetação** como um fator climático que exerceum papel de grandeinfluência, principalmente na umidade relativa e na temperatura do ar.

Exemplificando

Para uma exemplificação da atuação da vegetação nos tipos de clima, vamos pensar em uma floresta densa, nela, a temperatura será menor do que em uma área de cobertura diferente. Este fato se dá porque as árvores com seu tronco, galhos e copas interferem no balanço energético, que trata da quantidade de energia que entra no planeta em relação à quantidade de energia que deixa a atmosfera.

A **atividade antrópica** interfere nos tipos de clima em função dos impactos causados pelas mais diversas atividades humanas, que afetam o clima em nível global, regional e local. Das atividades humanas que mais causam impacto nos tipos de clima, destacam-se o processo de urbanização, o desmatamento e as queimadas. Eles atuam diretamente no regime das temperaturas, da umidade relativa doar, da precipitação, do escoamento superficial, da evaporação, dentre outros (TORRES e MACHADO, 2008; AYOADE, 2011).

Os elementos climáticos são componentes fundamentais para que seja possível realizar a caracterização do tempo atmosférico e do clima. Ayoade (2011),Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Torres e Machado (2008) pontuamcomoos principais elementos climáticos, a temperatura, a umidade, a radiação solar e o balanço de energia e a pressão atmosférica.

"A **temperatura** é a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância para outra" (AYOADE, 2011; p. 50, grifo nosso). A temperatura do ar é a medida de calor sensível e mensuradaem graus Celsius ou Fahrenheit por meio de termômetros (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).A temperatura sofre influência direta de determinados fatores climáticos, como vimos anteriormente, e ela pode ser expressa em temperatura máxima, mínima e normal.

A **umidade** é definidacomo a presença de água na atmosfera e é expressa em percentual. Ayoade (2011) a descreve como sendo componente atmosférico mais importante para a determinação do tempo e do clima.A umidade do ar é o resultado da evaporação das águas da superfície terrestre e hídrica, bem como da evapotranspiração. Ela depende de calor para que seja possível

ocorrer a evaporação da água, ou seja, é preciso a existência de água para ser evaporada (TORRES; MACHADO, 2008).

A **radiação solar**, segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), corresponde à energia em forma de ondas eletromagnéticas, que se propaga à velocidade da luz. Para Ayoade (2011) e Vianello e Alves (2012), a quantidade de radiação solar que incide no topo da atmosfera terrestre depende basicamente de três fatores que são o período do ano, o período do dia e a latitude.

A **pressão atmosférica** é o peso do ar sobre uma superfície (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). São utilizados dois tipos de denominação para a pressão atmosférica, a baixa e a alta. Conforme descrito por Torres e Machado (2008), as áreas de baixa pressão são chamadas de ciclones e são receptoras de vento, já as áreas de alta pressão são chamadas de anticiclones e dispersam os ventos.A pressão atmosférica sofre alterações devido a temperatura, a latitude e a altitude (AYOADE, 2011).

Reflita

Os elementos climáticos são grandezas que podem ser medidas ou mensuradas e variam no tempo e no espaço. No vídeo (assistir no intervalo de 04:41 ao 15:15) destacado a seguir, você verá mais detalhadamente sobre o elemento climático **temperatura** e sua interação com os demais elementos e com os fatores climáticos.

CAMARGO, R. de. **Temperatura**. USP. Disponível em: <http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=2270>. Acesso em: 24 maio 2018.

Pensando nisso, qual a importância da temperatura para determinação das condições de clima de um local?

Você conheceu os fatores e os elementos do clima, agora, vamos estudar as classificações climáticas.

As **classificações climáticas** têm por objetivo fornecer informações sobre os diferentes tipos de clima da Terra. Vários esquemas de classificação climáticas foram desenvolvidas por pesquisadores da atmosfera. Tais esquemas buscam incluir um número elevado de

parâmetros climáticos e meteorológicos, procurando dividir o clima do planeta em grupos. Os principais elementos do clima servem de base para as classificações climáticas.

São duas as abordagens para as classificações climáticas, conforme descrito por Ayoade (2011): as abordagens genéticas e a abordagem genética e empírica. A primeira é baseada nos controles climáticos e a segundanos elementos climáticos. Para a grande maioria das classificações climáticas, adotou-se a abordagem empírica por possuir uma maior disponibilidade de informações.

São várias as classificações climáticas existentes, mas veremos aquelas descritas por Ayoade (2011) que compreendem as classificações de Fohn (1950), Strahler (1969), Teryng e Louie (1972), Köppen (1990-1936), Thoenthwaite (1948) e Miller (1965). Destas, vamos apresentar as de Stralher e Köppen.

Pesquise mais

No artigo a seguir, você encontrará uma aplicação das classificações climáticas de Köppen e de Thornthwaite na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo.

ROLIM, G. de S., et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de são Paulo.**Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

A **classificação de Strahler** é de ordem genética, considerada simples e eficaz. Ela apresenta três tipos principais: os climas das latitudes baixas, o clima de latitudes médias e o clima das latitudes altas (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Observe-as no Quadro 1.1.

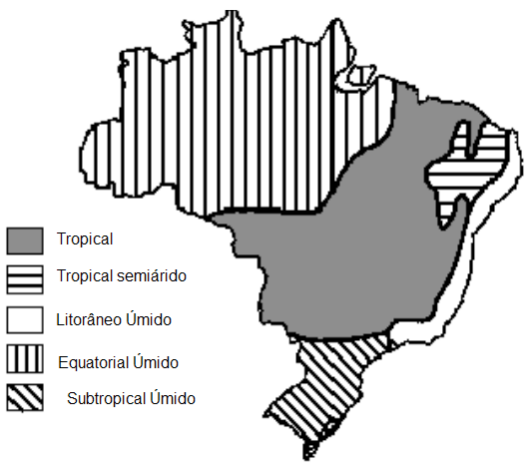
Quadro 1.1 | Classificação climática de Strahler

Climas das latitudes baixas (climas que são controlados pelas massas de ar equatoriais e tropicais)	a) Equatorial úmido b) Litorâneo com ventos alísios c) Desértico tropical e de estepe d) Desértico da costa ocidental e) Tropical seco-úmido
Climas das latitudes médias (climas que são controlados pelas massas de ar tropicais e pelas massas de ar polares)	a) Subtropical úmido b) Marítimo da costa ocidental c) Mediterrâneo d) Desértico e de estepe de latitude média e) Continental úmido
Climas das latitudes altas (climas que são controlados pelas massas de ar polares)	a) Continental subártico b) Marítimo subártico c) Tundra d) Calota de gelo e) Climas de terras altas (ocorrem em altiplanos e cadeias de montanhas)

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 126)

Uma ilustração da classificação de Strahler para o Brasil é apresentada na Figura 1.1. Nela é possível observar 5 tipos de clima: tropical, tropical semiárido, litorâneo úmido, equatorial úmido, subtropical úmido.

Figura 1.1 |Classificação climática de Strahler



Fonte: adaptada de <https://goo.gl/kMdCkk>. Acesso em:24 maio 2018.

O modelo de classificação apresentado por **Köppen** é considerado simples e é composto por um conjunto de letras maiúsculas e minúsculas que servem para designar os grandes grupos climáticos e seus subgrupos (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007;AYOADE, 2011; VIANELLO, ALVES, 2012).

Os grandes grupos climáticos de Köppen são denominados pelas letras iniciais do alfabeto maiúsculo, sendo: A, B, C, D e E(MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007;AYOADE, 2011; VIANELLO, ALVES, 2012). Esses grupos são assim denominados:

A- Climas tropicais chuvosos.

B- Climas secos.

C- Climas temperados chuvosos e moderadamente quente.

D- Climas frios com neve-floresta.

E- Climas polares.

Esses grupos são subdivididos segundo a distribuição sazonal da precipitação e a característica da temperatura, totalizando 24 grupos climáticos, conforme Quadro1.2.

Quadro 1.2 | Subdivisões da classificação climática de Köppen

A	**Climas Tropicais Chuvosos**
Af	Clima tropical chuvoso de floresta
Aw	Clima de savana
Am	Clima tropical e monção
B	**Climas secos**
BSh	Clima quente de estepe
BSk	Clima frio de estepe
BWh	Clima quente de deserto
BWk	Clima frio de deserto
C	**Climas temperados chuvosos e moderadamente quentes**
Cfa	Úmido em todas as estações do ano, apresentam verão quente
Cfb	Úmido em todas as estações,verão moderadamente quente

Cfc	Úmido em todas as estações, o verão é moderadamente frio e curto
Cwa	Chuva de verão, verão quente
Cwb	Chuva de verão, o verão é moderadamente quente
Csa	Chuva de inverno, verão quente
Csb	Chuva de inverno, o verão é moderadamente quente
D	**Climas frios com neve-floresta**
Dfa	Úmido em todas as estações, verão quente
Dfb	Úmido em todas as estações, verão frio
Dfc	Úmido em todas as estações, com verão moderadamente frio e curto
Dfd	Úmido em todas as estações, inverno intenso
Dwa	Chuva de verão, com verãomoderadamente quente
Dwb	Chuva de verão, o verão é moderadamente quente
Dwc	Chuva de verão, o verão é moderadamente frio
Dwd	Chuva de verão, inverno intenso
E	**Climas polares**
ET	Tundra
EF	Neve e gelo perpétuos

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 120)

As principais categorias (A, B, C, D e E) são baseadas praticamente em critérios de temperatura. As subdivisões são feitas de acordo com a distribuição sazonal da precipitação e das características adicionais da temperatura (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007; TORRES, MACHADO, 2008; AYOADE, 2011; VIANELLO, ALVES, 2012), conforme segue:

✓ A distribuição sazonal da precipitação (refere-se à segunda letra)

f: sem estação seca, ela é úmida o ano todo (A, C, e D).

m: de monção ou com pequena estação seca e com chuvas intensas no restante do ano (A).

w: chuvas concentradas no verão e estação seca no inverno (A, C e D).

S: estação seca de verão (B).

W: estação seca de inverno (B).

✓ As características adicionais da temperatura (refere-se à terceira letra)

a: verão quente (o mês mais quente apresenta temperatura média maior que 22°C).

b: verão é moderadamente quente (o mês mais quente apresenta temperatura média inferior a 22°C).

c: verão breve e moderadamente frio (menos de 4 meses do ano apresentam temperatura média maior que 10°C);

d: inverno muito frio (o mês mais frio apresenta temperatura média menor que -38°C).

✓ Em regiões áridas (BW e BS) usa-se uma terceira letra

h: quente (apresenta temperatura média anual maior que 18°C)

k: moderadamente frio (apresenta temperatura média anual menor que 18)

No Brasil, as diferentes regiões climáticas segundo a classificação de Köppen é demonstrada na Figura 1.2 que segue. Nela você pode observar que esta classificação apresenta 10 tipos de clima.

Figura 1.2 | Síntese da Classificação climática do Brasil, segundo Köppen

Fonte: <https://goo.gl/kMdCkk>. Acesso em:24 maio 2018.

Ao observar os mapas das classificações climáticas de **Strahler** e **Köppen**, você perceberá que a proposta de **Köppen** é mais detalhada, apresentando dois tipos de clima em um mesmo estado, fato que se repete na maioria dos estados brasileiros.

Sem medo de errar

Prezado estudante, agora que você conheceu os principais conceitos sobre climatologia e meteorologia e a diferença entre tempo e clima, vamos acompanhar a situação gerada pelos alunosque visitam o CEMSC. Como pesquisador, você apresentou ao grupo uma notícia que evidencia um aumento acima da média de 1,1°C na temperatura.Uma das alunas, Luciana, o indaga sobre o aumento da temperatura apresentado e o calor sentido por ela em um determinado período de tempo. Neste momento, você identificou que existe uma compreensão equivocada entre os conceitos.

Para tanto, por meioda via conceitual, deve-se primeiramente elucidar os conceitos de climatologia e meteorologia. A análise climatológica dos dados de temperatura refere-se aos estudos de séries históricas de 30 a 35 anos, no caso da informação apresentada a análise trata do aumento da temperatura global em 1,1 °C. A elevação da temperatura do ar em nível global demonstra mudança nas condições de clima. Para a temperatura do ar sentida em um dado momento do dia, trata-se da amplitude térmica diária.

Assim, é possível apresentar a Luciana e sua turma dados que mostrem amplitudes térmicas diárias, e assim surpreendê-los ao compará-los com asclimogramas da região e da municipalidade. Você pode lançar o seguintedesafio a seus estudantes: coletar dados de temperaturas duas vezes por dia, digamos às 7 da manhã e às 19 horas, durante uma semana. Em seguida pesquisaro climograma do município e verificar as amplitudes térmicas. Os espaços temporais obviamente serão diferentes, assim como as temperaturas. Vale uma reflexão de escala e de inferências e interferências humanas e do meio físico natural.

Avançando na prática

Aplicação da classificação climática de Köppen

Descrição da situação-problema

Você está na companhia dosalunosquando eles lhes apresentam as classificações climáticas de Strahler e de Köppen.

Dentre os materiais trabalhados, um deles trata da aplicação da "Classificação climática de Köppen para o estado de Goiás e Distrito Federal". Você também explicou que é possível aplicar a classificação de Köppenemum município específico, ou para uma bacia hidrográfica.

Com isso, um dos alunos perguntou se é possível aplicar a classificação climática para o município em que mora. Outros alunos disseram não saber que tipos de dados são utilizados para realizar tal aplicação, de forma unânime, mencionam não saber analisar dados dessa natureza. Diante disso, você percebeu a necessidade de esclarecer quais são as variáveis climatológicas necessárias e como obtê-las. Dessa forma, como elucidar a natureza dos dados?

Resolução da situação-problema

Para que seja possível realizar a aplicação da classificação climática de Köppen, faz-se necessário, principalmente, os dados de quantidade e distribuição da precipitação e da temperatura em suas médias mensais e anuais. Assim, em primeiro lugar, é preciso definir temporal e espacialmente seu objeto de estudo, nesse caso, a determinada municipalidade. Em seguida, é preciso coletar dados climáticos da precipitação pluvial e de temperatura em bancos de dados climáticos disponíveis.

Geralmente podemos encontrá-los no site do INPE, da EMBRAPA, do INMET e do AGRITEMPO. Com isso, é possível analisar e obter os grupos climáticos principais de acordo com as 24 possibilidades apresentadas para você no Quadro 1.2. Com isso, é possível obter a classificação climática do município desejado.

Faça valer a pena

1. A climatologia e a meteorologia, por longos anos faziam, parte do mesmo ramo do conhecimento. Após muitas discussões, os estudiosos chegaram à conclusão que existem diferenças entre elas, dessa forma, decidiram que a climatologia se relaciona mais diretamente ao estudo das ciências humanas e naturais enquanto a meteorologia estaria vinculada às ciências naturais.

Uma definição de climatologia pode ser considerada como:

a) Ciência que estuda a síntese do tempo atmosférica num período de tempo de 30 a 35 anos.
b) Ciência que trata dos estudos da descrição, análise e previsão de tempo.
c) Ciência que estuda a interação superfície atmosfera.
d) Estudo dos fenômenos atmosféricos relacionados diretamente com a física e a química.
e) Ciência que aborda os movimentos atmosféricos com os fluxos de calor.

2. Os fatores climáticos são responsáveis pela diferenciação da paisagem e possuem capacidade de gerar influência de forma direta na determinação dos elementos climáticos como na pressão atmosférica, na temperatura e na umidade, e na caracterização dos tipos de clima.

Com base nestes elementos climáticos, assinale a alternativa correta.

a) Quanto maior for a altitude, menor será a temperatura do ar e pressão atmosférica.
b) Sendo a latitude menor, menor também será a temperatura.
c) A pressão atmosférica sofre variações em relação a latitude, mas não com a altitude.
d) A temperatura do ar é proporcional a altitude; aumenta conforme a altitude aumenta.
e) Quanto menor for a altitude, maior será a pressão atmosférica.

3. As classificações climáticas têm como objetivo fornecer informações sobre os tipos de clima existentes na Terra. São várias as classificações climáticas existentes, porém, as mais utilizadas são as classificações de Köppen e Strahler.

Em um processo de avaliação comparativa das duas classificações, é possível afirmar que:

a) A classificação de Koppen é um modelo estático-descritivo, utilizando dados da distribuição das chuvas e das temperaturas. Já a classificação climática de Strahler faz uso da dinâmica das massas de ar e de suas frentes.
b) A classificação climática de Strahler é considerada mais descritiva e a classificação de Koppen mais complexa.
c) A classificação de Köppen utiliza dados relacionados a circulação atmosférica e a de Strahler faz uso das médias anuais e mensais das chuvas e temperaturas.
d) Strahler leva em consideração na sua classificação climática os elementos como a temperatura e a precipitação, enquanto Koppen utiliza somente os dados de distribuição das temperaturas.
e) A classificação climática de Strahler é de ordem empírica e apresenta cinco tipos de climas e a classificação climática de Köppen é considerada simples e composta de grupos e subgrupos climáticos.

Seção 1.2

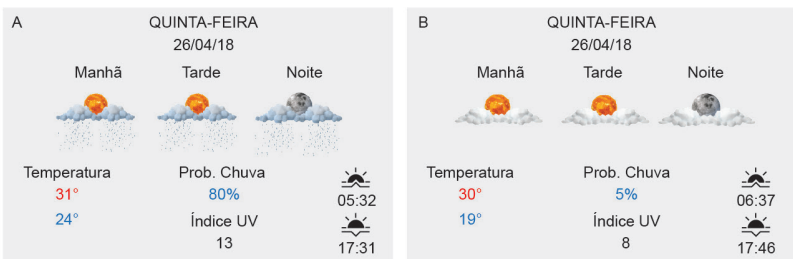
Características da atmosfera

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nesta seção você aprenderá sobre a evolução da atmosfera, composição, camadas e a circulação atmosférica. Inicialmente, você poderá até imaginar que este é um assunto inteiramente teórico, uma vez que, talvez, o que se vê no dia a dia você não relacione diretamente com o tema.

Para tanto, vamos relembrar a situação-problema: você é um pesquisador no Centro de Estudos em Climatologia e Meteorologia de Santa Catarina - CEMSC e recebe 45 alunos do segundo ano do Ensino Médio. Neste momento, a ideia é desenvolver com a turma uma atividade sobre as características atmosféricas, em especial sobre as camadas da atmosfera, com destaque para a camada de ozônio, enfatizando seu processo de formação bem como a sua importância para os seres humanos e para os demais seres vivos do planeta. Para tanto, você apresenta os seguintes dados das cidades de Fortaleza/CE e Florianópolis/SC:

Figura 1.3 | Previsão de tempo para Fortaleza (A) e Florianópolis (B)



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/ce/fortaleza>; <http://tempo.cptec.inpe.br/sc/florianopolis>. Acesso em: 25 maio 2018.

Ao questionar a turma sobre a natureza dos dados, você nota que a maior parte dos estudantes os reconhece, já que foram previamente estudados, como as temperaturas máxima e mínima, a probabilidade de chuva dada em porcentagem e, no canto inferior

direito, os respectivos horários do nascer e pôr do sol. Porém, o dado de índice de UV é conhecido parcialmente. Os alunos entendem que UV é a sigla para o índice de radiação ultravioleta, porém, não entendem o que o valor representa e nem por que ele é diferente em Fortaleza (13) e em Florianópolis, (8), haja vista que os dados são do mesmo dia.

Como pesquisador do CEMSC, sua tarefa será de apresentar a camada de ozônio a seus estudantes, tratando de sua importância para toda a vida no planeta, associando-a aos dados apresentados, à previsão de tempo e às mudanças climáticas. Quais os melhores materiais para tanto? Que tipo de relações espaciais devem ser construídas a partir da análise dos dados apresentados a fim de que os estudantes sejam capazes de analisar a interferência e atuação dos fatores climáticos, em especial dos antrópicos, no ambiente, com destaque para a camada de ozônio?

Vamos acompanhar essa turma ao longo da visita ao CEMSC e ver como eles desenvolvem o processo de construção de conceitos e como deverá ser a sua atuação como mediador. Bons estudos!

Não pode faltar

Desde a sua formação, a atmosfera, passou por variações, mudanças e transformações. Torres e Machado (2008) descrevem que a primeira atmosfera tinha como formação os remanescentes das nuvens de poeira, hidrogênio, hélio e plasma. Nesse momento, os autores destacam a predominância do hidrogênio e do bem como uma quantidade menor de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), amônia (NH_3) e de gases nobres.

A segunda atmosfera foi formada em função do esfriamento e consolidação do planeta. Segundo Torres e Machado (2008), ela era constituída por dióxido de carbono (CO_2), vapor d' água e nitrogênio.

A terceira atmosfera, a que vivemos, é composta por um conjunto de gases, vapor d' água e partículas diversificadas. Nela, houve a formação da camada de ozônio (O_3). As formas de vida na Terra estão protegidas devido a ela. A terceira camada da atmosfera

é a atmosfera oxigênio-nitrogênio e atua como reguladora da temperatura e da umidade da superfície (AYOADE, 2011; VIANELLO e ALVES, 2012).

Pesquise mais

No artigo a seguir você encontrará uma descrição sobre como a termodinâmica e o conceito de vida tal como conhecemos, seu aparecimento e sua constituição na Terra.

JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola**. Edição especial. 2001.

A atmosfera, conforme Ayoade (2011), é descrita como uma fina camada de gases. Estes insípidos, inodoros e incolores encontram-se presos à Terra pela força da gravidade. Os gases mais importantes da atmosfera são o nitrogênio, o oxigênio, o argônio, o dióxido de carbono, o ozônio e o vapor d' água. Cada um deles em concentrações distintas como pode ser observado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 | Composição média da atmosfera seca abaixo de 25 quilômetros

Gases	Volume % (ar seco)
Nitrogênio (N_2)	78,08
Oxigênio (O_2)	20,94
Argônio (Ar)	0,93
Bióxido de carbono (CO_2)	0,03 (variável)
Neônio (Ne)	0,0018
Hélio (He)	0,0005
Ozônio (O_3)	0,00006

Gases	Volume % (ar seco)
Hidrogênio (H)	0,00005
Criptônio (Kr)	Indícios
Xenônio (Xe)	Indícios
Metano (Me)	Indícios

Fonte: Barry e Chorley (apud AYOADE, 2011, p. 16).

Além desses gases, é possível encontrar na atmosfera as partículas de pó, as cinzas vulcânicas, a fumaça, a matéria orgânica e os resíduos industriais, que são também chamados de aerossóis (VIANELLO e ALVES, 2012).

Reflita

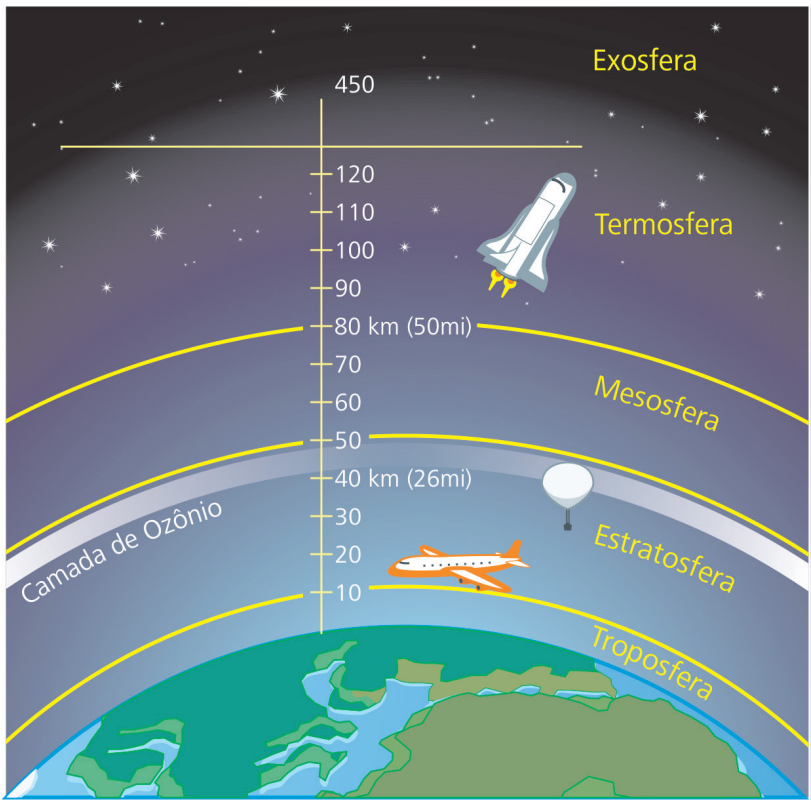
A composição da atmosfera no que se refere à matéria pode variar muito com a altitude. No artigo indicado a seguir, você encontrará de forma mais completa a composição da atmosfera. Reflita sobre os seguintes questionamentos: qual é a importância da composição da atmosfera, especificamente do vapor d' água, para a vida na Terra? Existe, além do oxigênio, outro tipo de gás que seja tão vital para a vida (não somente humana)? Reflita sobre a vida como um todo e discuta com seus colegas: por que, ao se buscar vida em outros planetas, a ênfase sempre é na busca pela existência de uma atmosfera?

DIAS, A. A. C; ANDRADE-NETO, A.V.; MILTÃO, M.S.R. A atmosfera terrestre: composição e estrutura. **Caderno de Física da UESF**. v. 5, n. 12, p. 21-40, 2007.

Passaremos, agora, ao estudo das camadas da atmosfera suas respectivas funções. Para Ayoade (2011), existem evidências oriundas dos foguetes, radiossondas e dos satélites de que, na estrutura da atmosfera, há camadas quentes e frias. As camadas quentes, segundo este autor, encontram-se próximas à superfície terrestre, ou seja, entre o quilômetro 0 e 50 e acima dos 120 quilômetros. As camadas frias, por sua vez, localizam-se entre os 10 e 30 quilômetros e nos 80 quilômetros acima da superfície da Terra.

As camadas da atmosfera são então denominadas de troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera, conforme mostra a Figura 1.4.

Figura. 1.4 | Camadas da atmosfera



Fonte: Fiorin e Dal Ross (2015, p. 25).

Veja a descrição de cada uma dessas camadas.

Troposfera: é a camada mais próxima à superfície terrestre, atingindo cerca de 12 a 18 quilômetros de altitude acima da superfície. Nesta camada concentram-se cerca de 75% dos gases e 80% da umidade atmosférica que formam as nuvens. É considerada a mais importante das camadas, nela, ocorrem os fenômenos meteorológicos e a turbulência, como as chuvas, a umidade, os

ventos e as nuvens. Esta camada tem importância direta para o homem. A troposfera pode ainda ser dividida em três camadas que são: laminar, friccional e a atmosfera livre (AYOADE, 2011; FIORIN, DAL ROSS, 2015; VIANELLO, ALVES, 2012).

Estratosfera: encontra-se acima da troposfera. Suas atitudes vão de 12 a 80 quilômetros e sua temperatura diminui com a altitude chegando aos dois graus em sua parte superior. É na estratosfera que se encontra a maior parte do ozônio total atmosférico. A troposfera e a estratosfera que constituem a atmosfera inferior (AYOADE, 2011; FIORIN, DAL ROSS, 2015; VIANELLO, ALVES, 2012).

Mesosfera: camada que se estende da estratosfera até 80 quilômetros. Nesta camada encontram-se as temperaturas mais baixas, chegando até -90 °C e situa-se na parte superior da estratosfera (AYOADE, 2011; FIORIN, DAL ROSS, 2015; VIANELLO, ALVES, 2012).

Termosfera: é a camada seguinte à mesosfera. Nela, a temperatura aumenta com a altitude devido à absorção da radiação ultravioleta pelo oxigênio atômico. Encontra-se a cerca de 500 quilômetros de altitude. É na termosfera que os meteoros se desintegram (AYOADE, 2011; FIORIN, DAL ROSS, 2015; VIANELLO, ALVES, 2012).

Exosfera: é a mais alta das camadas da atmosfera, estendendo-se à uma altitude de mais ou menos 600 quilômetros da superfície da Terra e acima disso. Nela, a inexistência de ar favorece as temperaturas elevadas. É na exosfera, que, geralmente, se encontram posicionados os satélites artificiais (AYOADE, 2011; FIORIN, DAL ROSS, 2015; VIANELLO, ALVES, 2012).

Exemplificando

A termosfera é uma camada de grande importância para a comunicação humana, através das transmissões de rádio e televisão, já que refletem ondas de diversos comprimentos emitidas da Terra, o que possibilita sua captação pelas emissoras. Além disso, é na termosfera que a maior parte dos fenômenos relacionados às auroras boreal e austral ocorrem. O exemplo seguinte mostra a aurora boreal (hemisfério Norte).

Figura 1.5 | Camadas da atmosfera - Termosfera

Fonte: <https://scied.ucar.edu/shortcontent/thermosphere-overview>. Acesso em: 25 maio 2018.

Como você viu anteriormente, a atmosfera terrestre é formada por um conjunto de gases e está presa ao planeta devido a força gravitacional. A atmosfera está em constante movimento, pela soma de dois principais componentes que, segundo Ayoade (2011), são: o movimento em relação à superfície da Terra e o movimento em conjunto com a Terra ao girar em torno de seu eixo.

São duas as dimensões determinadas para o movimento da atmosfera: a horizontal e a vertical. O movimento ocorre em distintas escalas temporais e espaciais, mas a causa básica do movimento horizontal e vertical dá-se pelo equilíbrio da radiação líquida, umidade e pelo *momentum* existente entre as baixas e as altas latitudes e entre a atmosfera e a superfície terrestre (AYOADE, 2011). O autor pondera ainda que existem outros fatores que

exercem influência na circulação atmosférica, que são a topografia, a distribuição da superfície continental e oceânica e das correntes oceânicas (AYOADE, 2011).

As diferenças existentes na incidência dos raios solares na superfície terrestre, juntamente com sua heterogeneidade, associados ao movimento de rotação da Terra é que geram as diferenças de pressão existentes. Essas diferenças é que mantém o constante movimento da atmosfera. Esse movimento do ar, procura equilibrar e/ou eliminar as diferenças de pressão (TORRES; MACHADO, 2008).

As massas de ar, através dos seus deslocamentos interagem entre si ou com a superfície do planeta, criando alterações nas condições meteorológicas locais. Portanto, devido a maior frequência dessas condições meteorológicas é que defini-se a condição de clima local (TORRES, MACHADO, 2008).

A circulação atmosférica é complexa, uma vez que há vários fatores envolvidos. Para que seja possível um melhor entendimento de tal complexidade, foram desenvolvidos vários modelos. Ayoade (2011) aponta que os modelos matemáticos que tratam da circulação atmosférica estão cada vez mais aperfeiçoados devido ao uso da computação e da tecnologia espacial. O autor destaca ainda que, graças aos satélites meteorológicos, atualmente, é possível obter informações de áreas inacessíveis e com isso, o conhecimento sobre a circulação atmosférica é atualizado constantemente.

O balanço médio da radiação anual demonstra que a região intertropical apresenta valor positivo a medida que se aproxima do Equador além de ser negativo para as regiões temperadas, com valores identificados nas calotas polares. Como consequência, a massa de ar no Equador sofre aquecimento, diminui a densidade e se eleva na atmosfera. As massas de ar nas calotas polares, por sua vez, sofrem resfriamento, aumento de densidade e descem na atmosfera. O aquecimento das massas de ar no Equador cria uma região de baixa pressão, enquanto a condição de resfriamento do ar nos polos gera uma região de alta pressão.

O planeta Terra, no movimento de rotação, gira de oeste para leste, permitindo que a massa de ar em deslocamento sofra um desvio em sua trajetória pelo efeito da Força de Coriolis (TORRES; MACHADO, 2008).

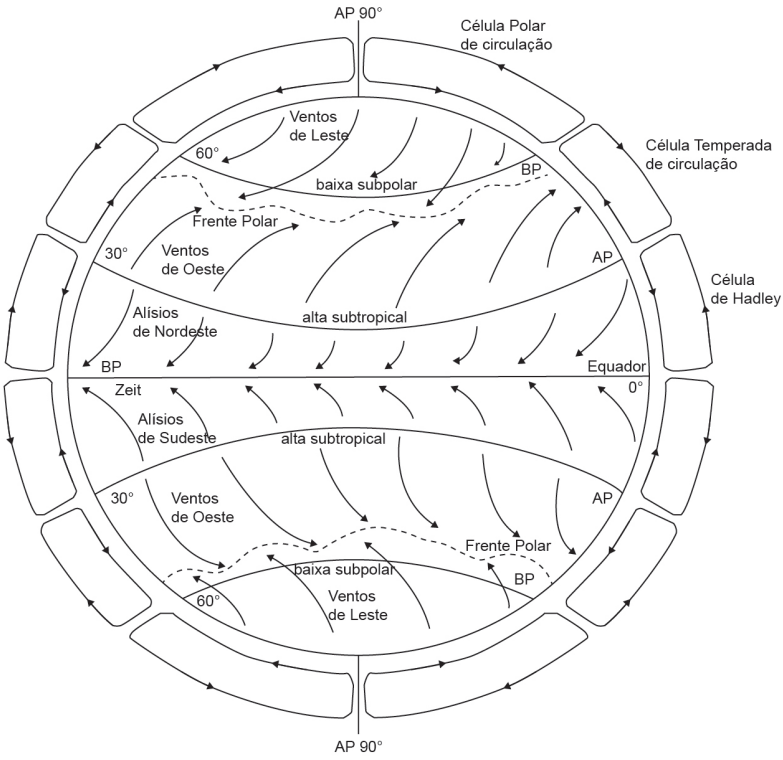
Assimile

A Força de Coriolis é uma força aparente que desvia as partículas de ar no sentido horário do Hemisfério Norte e no sentido anti-horário no Hemisfério Sul. Depende da velocidade do ar e da latitude, sendo as máximas registradas nos polos e sendo praticamente nulas no Equador (TUBELIS, NASCIMENTO, 1980; AYOADE, 2011; VIANELLO, ALVES, 2012).

Os ciclones são as áreas de Baixa Pressão (BP) em torno dos quais o movimento do vento ocorre no sentido contrário aos ponteiros do relógio no Hemisfério Norte. No Hemisfério Sul, o movimento do vento é no mesmo sentido que os ponteiros do relógio. No caso dos anticiclones, áreas de alta pressão, o movimento do vento ocorre no sentido dos ponteiros do relógio no Hemisfério Norte e no sentido contrário ao relógio no Hemisfério Sul (AYOADE, 2011; TORRES, MACHADO, 2008). Dessa forma, é possível considerar estes como sendo os principais aspectos da circulação do ar na atmosfera.

Veremos agora os padrões dos sistemas de pressão dos ventos globais à superfície da Terra. Observe a Figura 1.6, nela encontramos os efeitos do aquecimento diferencial das superfícies terrestres e das aquáticas, neste caso, estão negligenciadas. Porém, o efeito produzido pela Força de Coriolis as leva em consideração, e, por isso, os ventos demonstrados são desviados em relação à sua trajetória inicial (TORRES, MACHADO 2008; AYOADE, 2011). Veja também as zonas de baixa pressão (BP) em torno do Equador e das latitudes de 60 °C em ambos hemisférios. As zonas de alta pressão (AP) ocorrem ao longo dos polos e das latitudes de 30 °C nos Hemisférios Norte e Sul (TORRES, MACHADO 2008; AYOADE, 2011). A zona de baixa pressão ao longo do Equador é chamada de Zona de Convergência Intertropical, a ZCIT. Sua a origem é térmica, portanto, causada pelo aquecimento solar (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007; AYOADE, 2011).

Figura 1.6 | Zonas de pressão e ventos em um globo em rotação



Fonte: Torre e Machado (2008, p. 90).

Assim, é possível concluir que a atmosfera nem sempre apresentou a configuração que se tem hoje. Ao longo do processo de evolução do nosso planeta, ela também mudou a sua composição química, alterando e alternando os principais elementos que a constituem, suas camadas e as suas características. Verificamos a importância da circulação atmosférica para se estudar a influência nas condições de clima, assim como fator determinante do mesmo e, por isso, não se pode desprezar as zonas de alta e baixa pressão.

Sem medo de errar

Como pesquisador do CEMSC, você tem o desafio de apresentar a camada de ozônio a seus estudantes, tratando de sua importância para toda a vida no planeta, associando-a aos dados apresentados, à previsão de tempo e às mudanças climáticas. Quais os melhores materiais para se fazer isso? Que tipo de relações espaciais devem ser construídas a partir da análise dos dados apresentados a fim de que os estudantes sejam capazes de analisar a interferência e atuação dos fatores climáticos, em especial, dos antrópicos no ambiente, com destaque para a camada de ozônio?

Nesta etapa da visita, você precisa trabalhar com as camadas da atmosfera e, ao apresentar os dados aos alunos, notou que muitos deles entendiam parcialmente o conceito de radiação ultravioleta, conhecendo somente que a radiação era nociva aos seres humanos, porém, sem a compreensão do significado do valor que lhes era apresentado, nem tão pouco o que representava. Assim, você nota que os estudantes entendem que a sigla UV refere-se ao índice de radiação ultravioleta, mas não sabem o que o valor significa, portanto, eles não compreendem a diferença dos dados apresentados para as cidades de Fortaleza e Florianópolis, uma vez que se referem ao mesmo dia.

Portanto, é possível apresentar à turma a camada de ozônio e a sua importância para a vida no planeta, bem como demonstrar os dados das condições atuais da incidência de radiação ultravioleta, associando-os aos dados da previsão de tempo, como a temperatura, a umidade relativa do ar, a probabilidade de chuva, e as informações relativas às mudanças climáticas das cidades apresentadas. Esses dados podem ser trabalhados em horários distintos no decorrer do dia, por exemplo às 8, 10, 12, 14 e 16 horas, a fim de identificar o horário que apresentará a maior incidência dos raios UV.

Posteriormente, é possível analisar a influência dos fatores climáticos, inclusive a ação antrópica, e como eles contribuem para os elevados valores de incidência de raios ultravioletas.

Avançando na prática

Paraquedismo na atmosfera

Descrição da situação-problema

Você é instrutor de esportes radicais em uma empresa de turismo e, ao apresentar as modalidades possíveis de serem praticadas na atmosfera, como paraquedismo, planador, asa-delta e parapente, nota um interesse particular pelo paraquedismo.

A atividade esportiva do tipo paraquedismo é permitida na camada da troposfera em uma altura aproximada de 3.700 metros, onde as condições de temperatura e a presença do ar são adequadas para a segurança do praticamente do esporte.

Contudo, em 2012, um austríaco chamado Felix Baumgartner, saltou em queda livre, chegando à velocidade de 1.137 km/h, quebrando a barreira do som de uma altura de 38,6 mil metros, ou seja, da estratosfera. Você pode visualizar o salto deste paraquedista no seguinte endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=FHtvDA0W34I>. Acesso em: 28 maio 2018. Dessa forma, quais são as condições desse tipo de salto, tomando como pressuposto de análise as condições e as características da camada da atmosfera citada para o salto de Baumgartner?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, é preciso destacar que o salto de Felix Baumgartner foi realizado mediante condições especiais, ou seja, ele subiu mais de 30 mil metros de altitude, isso significa que atingiu a estratosfera. Para tanto, foi preciso um balão especial para conduzi-lo até tal altitude, haja vista que um voo convencional, como aqueles utilizados em um salto tradicional seria inviável. Esse percurso, desde a superfície, demorou cerca de duas horas e trinta minutos, ao passo que o salto em si não durou nem cinco minutos. A queda livre ocorre com o paraquedista no vácuo, vestindo um traje especial, parecido com aqueles que os astronautas costumam utilizar. Isso porque as temperaturas, como vimos, na estratosfera beiram os -70 °C, e

o organismo de Felix também estava pressurizado por tal traje, já que o oxigênio é bastante rarefeito na estratosfera. Tudo isso poderia causar a morte do paraquedista que precisou se cercar de várias precauções e preparos para realizar tal empreitada.

Faça valer a pena

1. A atmosfera é entendida como sendo uma fina camada de gases que não apresentam cheiro, nem cor e nem gosto e estão presos à Terra pela atração gravitacional. Além dos gases, é possível encontrar na atmosfera partículas de pó, cinzas vulcânicas, fumaças, entre outras.

Quais são os gases mais importantes da atmosfera?

a) Nitrogênio, oxigênio, ferro, dióxido de carbono, ozônio e o vapor d'água.
b) Nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de carbono, ozônio e o magnésio.
c) Nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de carbono, ozônio e o vapor d'água.
d) Nitrogênio, níquel, argônio, dióxido de carbono, ozônio e o vapor d'água.
e) Nitrogênio, níquel, magnésio, dióxido de carbono, ozônio e o vapor d'água.

2. As camadas atmosféricas são do tipo quente e fria. As camadas quentes encontram-se entre 0 e 50 quilômetros acima dos 120 quilômetros superiores à superfície da Terra. As camadas frias estão localizadas entre 10 e 30 quilômetros e a 80 quilômetros acima da superfície. Sobre a exosfera, é correto apenas o que se afirma em:

I- Ela apresenta temperatura elevada devido à baixa quantidade de ar.
II- Nesta camada se refletem as ondas curtas de rádio.
III- Esta camada é muito quente durante o dia e muita fria durante a noite
IV- Nesta camada a temperatura aumenta à medida que aumenta a altitude.
V- Nesta camada ocorre os *fenômenos meteorológicos*.

As afirmativas corretas apresentadas no texto-base são:

a) I e IV.
b) I e III.
c) III e IV.
d) II e IV.
e) I, II e IV.

3. As camadas que integram a atmosfera terrestre são a troposfera, a estratosfera, a mesosfera e a termosfera. As camadas da atmosfera foram determinadas a partir da variação da temperatura e das propriedades físicas, tomando por base a altitude.

1. Troposfera.
2. Estratosfera.
3. Termosfera.

A. Nesta camada ocorre o fenômeno como a aurora boreal (Polo Norte) e a austral (Polo Sul).
B. Nesta camada os ventos são mais fortes, pois não encontram a resistência friccional e a transferência vertical de energia ocorre principalmente através da formação de nuvens.
C. Nesta camada os eventos ocorridos estão ligados às mudanças de temperatura e de circulação na troposfera. Ela apresenta pouco ou nenhum vapor d'água.

Assinale a alternativa com a **associação correta**:

a) 3A. 1B. 2C.
b) 1C. 3B. 2A.
c) 1A. 2B. 3C.
d) 2B. 3A. 1C.
e) 3B. 1C. 2A.

Seção 1.3

Fatores relacionados ao clima

Diálogo aberto

Olá, aluno!

Nesta seção trabalharemos com os fatores climáticos como latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, atividade antrópica e vegetação. Para que possamos desenvolver melhor esse conteúdo, vamos lembrar que você é um pesquisador do CEMSC e está recebendo alunos da segunda série do Ensino Médio que visitam o local.

Em seu planejamento, o próximo ponto a ser abordado é o das "Ilhas de Calor". Este fenômeno é muito comum nas grandes cidades e grandes centros urbanos, facilmente perceptível por quase todas as pessoas. No entanto, será que os estudantes sabem quais os fatores que influenciam as condições climáticas de uma determinada região a fim de que a ilha de calor exista? Para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes, você lhes apresenta o seguinte comentário de uma notícia:

> "Fenômeno urbano ocorre em função da ação do homem, pela forma de construir as cidades, cobrindo o que antes era terra e vegetação". (ILHAS de calor [...], 2017)

Diante do que foi apresentado, você solicita aos alunos que reflitam acerca desse fenômeno. Muitos deles, no entanto, apontam que é o aumento da temperatura das áreas centrais, maior se comparada à das áreas mais afastadas. Você percebeu que apesar de vivenciarem as ilhas de calor, eles só reconhecem os efeitos deste fenômeno em relação à temperatura. A maioria desconhece os efeitos da ilha de calor nos índices da umidade relativa do ar, por exemplo. Assim, é preciso destacar a importância dos padrões de umidade relativa do ar e como eles são afetados pelas atividades antrópicas, inclusive pela ilha de calor. Que tipo de relação deve ser elaborada para analisar essas variações de temperatura nas áreas centrais e como isso se relaciona aos índices da umidade relativa do

ar? Como podemos comparar os índices de umidade relativa do ar de um local para outro no mesmo município?

Vamos acompanhar como esse pesquisador desenvolve a atividade com a turma.

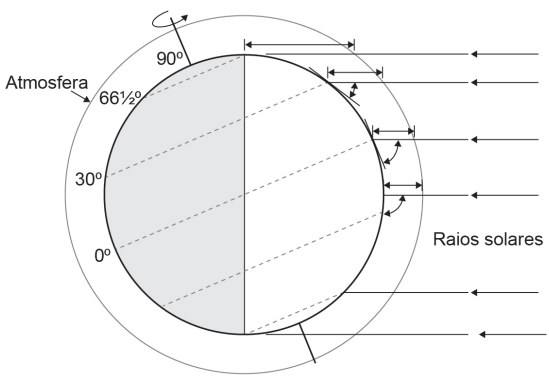
Bons estudos!

Não pode faltar

A latitude é um dos mais importantes fatores climáticos que influenciam a determinação do clima, devido essencialmente ao calor que é recebido em uma área da superfície da Terra, sua intensidade e a duração da incidência dos raios solares (FIORIN; DAL ROSS, 2015). Portanto, em relação à latitude, quanto maior ela for, menores serão as temperaturas. A Terra é iluminada pelos raios solares em diferentes inclinações, e isto ocorre em função da sua forma (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

Portanto, quanto mais próximo do Equador, menor será a inclinação de incidência dos raios solares na Terra, e desta forma teremos temperaturas mais elevadas. Quando a latitude for maior, teremos uma inclinação mais acentuada, portanto as temperaturas serão menores. Desta forma, teremos que quanto maior for a inclinação, maior também será a área de abrangência dos raios solares e menor será a temperatura (FIORIN; DAL ROSS, 2015). O contrário também é válido: próximo ao Equador, teremos uma incidência quase perpendicular, resultando em uma área pequena de abrangência e, assim, um maior aquecimento (Figura 1.7).

Figura 1.7 | Latitude e incidência de raios solares

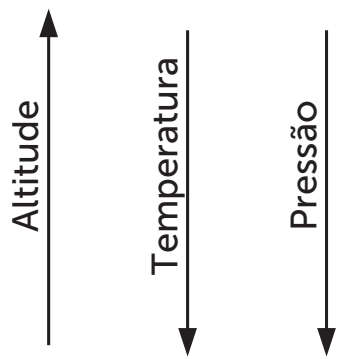


Fonte: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-1.html>. Acesso em: 9 maio 2018.

A latitude tem relação direta com os elementos meteorológicos. A quantidade de radiação solar que incide em um local influencia a temperatura. Torres e Machado (2008) destacam que a latitude além de influenciar os valores da temperatura, atua também na pressão atmosférica e na radiação solar, uma vez que a sua perpendicularidade só ocorre na zona intertropical, incidindo de forma mais oblíqua à medida em que se aproxima dos polos.

A **altitude** de um local é definida como sendo a diferença deste local ao nível médio dos mares (NMM). Em relação a altitude, quanto maior ela for, menor será a temperatura. Em um lugar de maior altitude, a radiação será mais intensa em relação a um lugar de menor altitude, mantida a mesma latitude (FIORIN; DAL ROSS, 2015), conforme a Figura 1.8.

Figura 1.8 | Esquema geral da variação de elementos climáticos com a altitude



Fonte: Torres e Machado (2008, p. 85).

Isto ocorre pelo fato da camada da atmosfera ser mais tênue e, portanto, filtrar menos os raios. Nestas regiões, o dia registra um maior aquecimento e o período da noite um maior resfriamento, pois a camada da atmosfera para reter a radiação de onda longa emitida pela superfície é menor (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

Nas regiões localizadas em maior altitude o ar é mais rarefeito, e desta forma ocorre menor concentração dos gases e de umidade, fatores estes que propiciam a retenção de calor nas camadas mais elevadas da atmosfera, gerando, portanto, a redução da temperatura (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

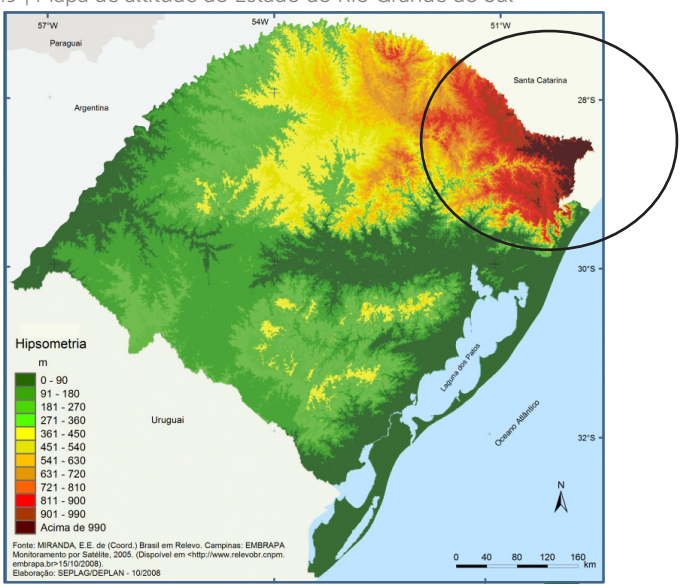
A altitude influencia os elementos climáticos como a temperatura, a radiação solar e a pressão atmosférica (FIORIN; DAL ROSS, 2015 e TORRES; MACHADO, 2008).

No Brasil são maiores as áreas de baixa altitude, e em algumas áreas ela determina diferença nas temperaturas. Das regiões brasileiras, a mais influenciada pela altitude é a Sudeste, que apresenta o conjunto de terras mais elevadas do Brasil, segundo Torres e Machado (2008).

Exemplificando

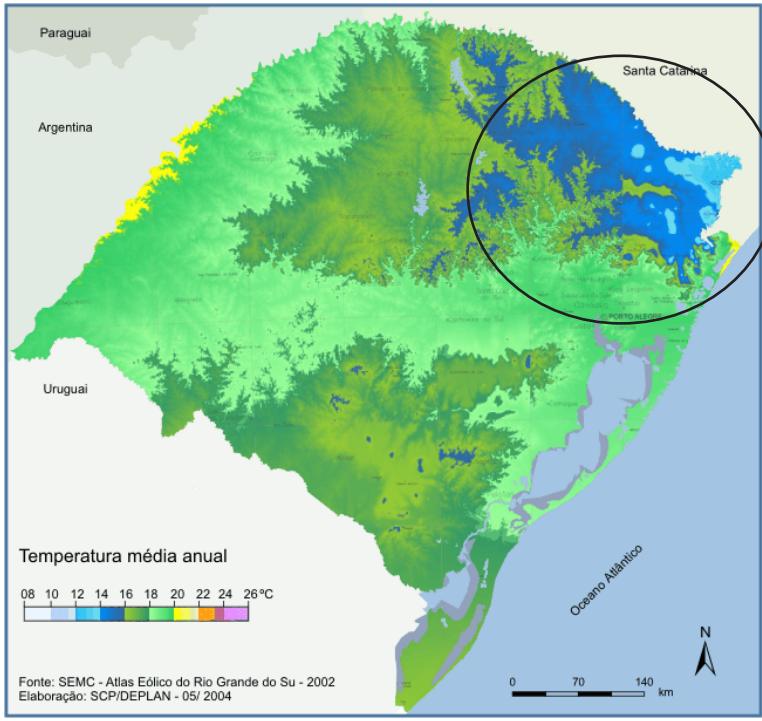
A região terrestre que está mais próximo ao nível do mar apresenta menor altitude e maior pressão atmosférica, portanto registra temperaturas mais elevadas. Nas regiões com maior altitude, há menor pressão atmosférica, e por isso elas se tornam mais frias. Assim, quanto maior a altitude, menor é a temperatura. Quanto menor a altitude, maior é a temperatura. Os mapas apresentados nas Figuras 1.9 e 1.10 nos mostram o fato. Note que as áreas de maior altitude do Rio Grande do Sul também apresentam temperaturas médias mais baixas, as quais foram destacadas com um círculo.

Figura 1.9 | Mapa de altitude do Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/hipsometria-e-unidades-geomorfologicas>. Acesso em: 21 maio 2018.

Figura 1.10 | Mapa da temperatura média anual do estado do Rio Grande do Sul



Fonte: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>. Acesso em: 21 maio 2018.

Assim como a latitude e a altitude são fatores que atuam diretamente na determinação das condições climáticas, a **maritimidade** e a **continentalidade** também exercem influência significativa no comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar, segundo descrevem Fiorin e Dal Ross (2015).

Para Mendonça e Danni-Oliveira (2008), os mares e os oceanos atuam na ação reguladora da temperatura e da umidade. Servem como fornecedores de água para a troposfera, além de controlarem a distribuição de energia entre os oceanos e as continentalidades.

O calor específico da água é maior do que o calor específico da Terra, e devido a isso a água leva mais tempo para aquecer, enquanto os continentes aquecem de forma mais rápida. A água retém o

calor por mais tempo e demora para irradiar a energia absorvida; já os continentes sofrem o esfriamento com mais rapidez. Isto se deve ao efeito da continentalidade e da maritimidade (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

A continentalidade afeta mais os climas de regiões localizadas distante dos oceanos, que se mostram mais secas do que aquelas localizadas nas áreas litorâneas. Isto se dá porque as regiões mais distantes do litoral sofrem pouca ou nenhuma interferência das massas de ar originárias dos oceanos (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

A maritimidade afeta os climas de regiões localizadas próximas ao litoral e recebem forte influência dos oceanos. As regiões litorâneas apresentam mais umidade, com a ocorrência de elevados índices pluviométricos. Essa umidade é o resultado também da evaporação das águas dos oceanos que atingem os continentes mais intensamente nas áreas litorâneas do que nas interioranas (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

As águas frias superficiais causam resfriamento do ar, impossibilitando a formação de nuvens e a ocorrência de chuvas. A costa banhada por correntes frias apresenta maior propensão aos climas secos. As águas quentes superficiais, ao aquecerem o ar, possibilitam a ocorrência ascendente de ar, favorecendo a formação de nuvens e de chuvas, e as áreas banhadas pelas correntes marítimas e quentes apresentem climas mais úmidos (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2008).

As modificações que porventura ocorrem no mar afetam regiões costeiras e causam alterações climáticas. Estas mudanças geralmente acontecem nas temperaturas do Oceano Pacífico. (FIORIN; DAL ROSS, 2015). O exemplo de modificação mais conhecido de todos trata do aquecimento e do resfriamento das águas do Pacífico pela atuação do *El Niño e da La Niña* (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

Pesquise mais

Em Rozolen e Barduco (2011) você encontrará um estudo sobre a análise da variabilidade climática causada pelos efeitos de mesoescala, como a maritimidade e continentalidade, bem como dos efeitos de escala regional, com a altitude, a vegetação e o uso do solo. Os autores constataram que nos municípios estudados (que se localizam

em latitudes muito próximas) que os responsáveis pela diversidade climática são o relevo, a continentalidade e a maritimidade.

ROZOLEN, R.; BARDUCO, G. L. (2011). Análise da influência da continentalidade e maritimidade em municípios brasileiros localizados em uma mesma latitude. **Research Gate**. [S. l.], jun. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261871208_ANALISE_DA_INFLUENCIA_DA_CONTINENTALIDADE_E_MARITIMIDADE_EM_MUNICIPIOS_BRASILEIROS_LOCALIZADOS_EM_UMA_MESMA_LATITUDE/related>. Acesso em: 30 abr. 2018.

A **influência do homem** no clima local, regional e global pode ocorrer de duas formas: deliberada ou inadvertida. Um dos maiores impactos das atividades humanas ocorrem nas cidades, conforme descrito por Ayoade (2011) e Torres e Machado (2008), entre outros.

Neste momento vamos estudar os impactos que ocorrem de forma inadvertida, ou seja, quando o homem influencia o clima principalmente com a urbanização, a industrialização, o desmatamento, as atividades agrícolas, a interferência na rede de drenagem e a construção dos lagos artificiais, como coloca Ayoade (2011).

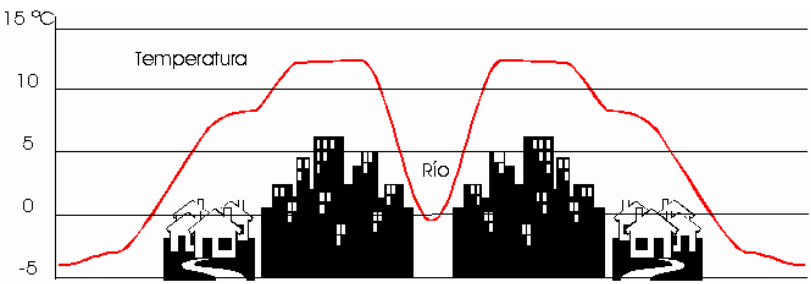
A maior influência do homem no clima se dá nas áreas urbanas. Nelas, o clima é diferente daquele registrado nas áreas rurais circundantes, por causa de suas características. Nas áreas urbanas acontece o processo de alteração da composição química da atmosfera, conforme descrito por Ayoade (2011). Alterações da paisagem, como o desmatamento e as construções, provocam alterações no ciclo das águas, como o aumento da precipitação, da evapotranspiração e da temperatura, e como uma consequência direta da redução da vegetação há o aumento do escoamento superficial, graças à dificuldade de infiltração de água, fruto do processo de impermeabilização do solo, por exemplo (TORRES; MACHADO, 2008).

Reflita

Com o aumento da tecnologia e da pesquisa foi possível perceber que o homem tem atuado nas alterações climáticas em diversas escalas: local, regional e mundial. Com base nisso, convidamos você a refletir sobre a afirmativa de Ayoade (2011, p. 286): a "[...] influência do homem no clima através das suas várias atividades". De que forma a poluição e o desmatamento influenciam as condições climáticas? Ações locais de poluição podem ter comprometimentos regionais? Quais são as ações humanas que reverberam em consequências globais? O que se tem feito a esse respeito?

Torres e Machado (2008) descrevem que as alterações humanas produzem modificações climáticas, como o fenômeno da ilha de calor, que é responsável pela temperatura mais elevada na área central das cidades, assim como maiores quantidades de pluviosidade em áreas urbanizadas. As ilhas de calor se constituem pela interferência do homem, com as edificações e a alteração das paisagens. Materiais como asfalto, concreto, telhas e vidro caracterizam-se pela capacidade de reter o calor. O fenômeno ilha de calor é o aumento incomum da temperatura (GARTLAND, 2010) nas áreas centrais dos grandes centros urbanos, que apresentam temperaturas mais elevadas, sendo rodeada por regiões com temperaturas menores, conforme pode ser observado na Figura 1.11.

Figura 1.11 | Ilhas de calor



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isla_de_calor.png>. Acesso em: 16 maio 2018.

Segundo Ayoade (2011), as propriedades térmicas e hidrológicas da superfície da Terra, assim como os parâmetros aerodinâmicos

sofrem alterações devido aos processos de urbanização e da industrialização. As áreas naturais recebem superfícies pavimentadas e construções e, como consequência, o processo de radiação de ondas longas e curtas é reduzido nas áreas urbanas. As temperaturas sofrem elevações mesmo com a diminuição da duração da insolação. A umidade também é reduzida, porém existe um aumento na precipitação, assim como um aumento da nebulosidade. Os nevoeiros e a neblina se tornam mais espessos, frequentes e persistentes, o que dificulta a visibilidade.

Como notamos, as atividades antrópicas, por meio das alterações na paisagem, influenciam as condições de clima de uma determinada região. A vegetação é outro fator climático que atua no clima. Para Mendonça e Danni-Oliveira (2008) a **vegetação**, como fator climático, desempenha o papel regulador da umidade e da temperatura.

Torres e Machado (2008) relatam que, pela evapotranspiração, a densa vegetação das áreas intertropicais aumenta a umidade relativa do ar, propiciando a ocorrência de chuvas. As matas influenciam diretamente os padrões de comportamento da temperatura, especialmente nas máximas, que são moderadas devido à sombra que a vegetação proporciona, do calor que absorve e da evaporação d' água que transpira (TORRES; MACHADO, 2008).

Assimile

Regiões com presença de grandes áreas com vegetação apresentam temperaturas mais amenas, uma vez que elas atuam na elevação da umidade do ar. A influência da vegetação no clima ocorre em todas as escalas de grandeza, desde a formação do efeito estufa planetário até a modificação dos microclimas naturais, rurais e urbanos. (MONTEIRO e MENDONÇA; 2003, p.110).

A presença da vegetação aumenta a matéria orgânica, que se forma pelas folhas, frutos e galhos mortos, e a diminuição do impacto das gotas da chuva sobre o manto da matéria orgânica permitem que os processos de infiltração da água no solo sejam mais eficazes e viabilizem o aumento da umidade do solo (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2008 e TORRES; MACHADO, 2008). Com o aumento

da infiltração d' água e a diminuição do escoamento superficial, o ar da superfície das áreas florestadas apresenta mais água para os processos de evaporação e evapotranspiração, tornando estas áreas mais frias e úmidas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2008).

A troca de energia e a umidade entre o solo e o ar ocorrem de forma direta e efetiva nas áreas com ausência de vegetação da mesma forma como acontecem em áreas desérticas ou com rochas aflorantes. No caso da área urbanizada, o processo de troca de energia e umidade entre o solo e o ar ocorrem de forma mais complexa por causa da diversidade espacial que as áreas urbanas apresentam, assim como pelas atividades humanas desenvolvidas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2008).

O estudo da vegetação, assim como dos demais fatores climáticos vistos nesta seção, possibilitam a análise de sua interferência e atuação no ambiente.

Sem medo de errar

Vamos recordar a situação em que você, como pesquisador do CEMSC, enfrenta. Você recebeu estudantes da segunda série do Ensino Médio e agora precisa tratar dos fatores relacionados ao clima e a sua interferência e atuação no ambiente. Para tanto, você elencou um fenômeno bem conhecido, porém pouco estudado: as ilhas de calor.

Com a apresentação inicial e do comentário acerca da notícia, você pôde averiguar que os alunos, em sua gama de conhecimentos prévios, compreendem as ilhas de calor, porém não sabem que se trata de um fenômeno muito mais amplo e que tem muitos outros efeitos, não somente o aumento da temperatura das áreas centrais das grandes cidades.

Para resolver a situação gerada, você precisa conceituar que a umidade do ar é a quantidade de água existente na atmosfera em forma de vapor. A variação dos índices de umidade do ar pode apresentar distinções em um mesmo município dependendo de fatores como a vegetação, por exemplo. A zona rural, que apresenta maior concentração de vegetação, tem maior índice de umidade relativa do ar; já as áreas onde ocorre o fenômeno ilha de calor

apresentam baixos níveis de umidade, devido basicamente à ausência de vegetação e por causa da impermeabilização do solo, o que afeta o processo de evapotranspiração.

A comparação dos índices de umidade relativa do ar pode ser realizada com o uso de dados disponíveis no banco de dados da Agencia Nacional de Águas. (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>, acesso em: 21 maio 2018). Você pode utilizar os dados semanais, mensais ou anuais, de pontos distintos como a área rural, a área urbana, a área industrial e a residencial, por exemplo. Construa gráficos de linhas e observe qual das áreas apresenta menor índice de umidade relativa do ar.

Você também pode fazer essa comparação segundo as estações do ano e relacioná-las a outros fatores climáticos.

Avançando na prática

Temperaturas baixas no Morro da Igreja em Urubici - Santa Catarina

Descrição da situação-problema

Em um estudo de meio no Estado de Santa Catarina, especificamente no município de Urubici, vocês chegam ao ponto turístico local muito visitado, conhecido como Morro da Igreja e a Pedra Furada. Observe a Figura 1.12:

Figura 1.12 | Morro da Igreja e Pedra Furada em Urubici, SC

Fonte:<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/MORRO_DA_IGREJA%2C_NA_SERRA_DO_CORVO_BRANCO_EM_URUBICI-SC%2C_BRAZIL_02.jpg >. Acesso em: 14 jun. 2018.

Do topo do Morro da Igreja você tem uma visão privilegiada da Pedra Furada, além dos enormes cânions. Neste local já foram registradas temperaturas de $-17{,}8^{\circ}C$, em junho de 1996, conforme informações da Prefeitura Municipal.

Nesse sentido, como analisar os fatores climáticos que contribuem para que este local apresente temperaturas tão baixas, inclusive com ocorrência de neve?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, você precisa observar a altitude do Morro da Igreja, que é de 1.822 metros. Já vimos que quanto maior a altitude, menores serão as temperaturas e a pressão. Outro fator que você deve analisar refere-se à latitude e à radiação solar incidente, que variam sazonalmente de acordo com a posição que a Terra assume em sua órbita ao redor do Sol. Observe ainda outros aspectos, como a existência da vegetação de forma exuberante e as questões relacionadas à continentalidade.

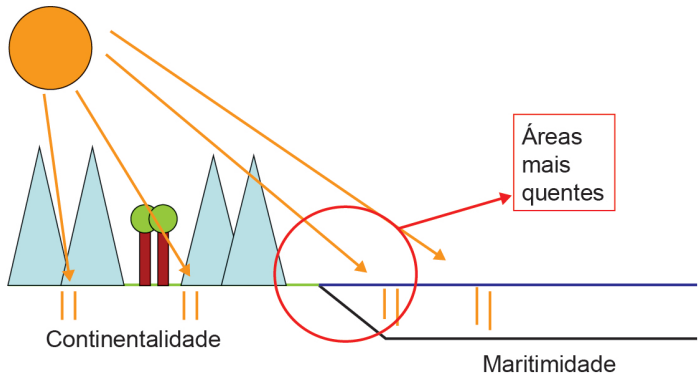
Com base nestas informações, é possível realizar a análise dos fatores climáticos que contribuem para a ocorrência de temperaturas baixas.

O Morro da Igreja tem 1.822 metros de altitude, sendo considerado o ponto mais alto habitado da região sul do Brasil. Santa Catarina é um Estado que está situado a 28° de latitude sul, e a latitude e altitude são dois fatores que, combinados, contribuem para a existência de baixas temperaturas. Além disso, devemos considerar o fato do local estar afastado do mar, atuando assim, de forma predominante, o efeito da continentalidade, associado às florestas de araucárias e campos, que bem preservadas contribuem para as baixas temperaturas.

Faça valer a pena

1. A maritimidade e a continentalidade estão relacionadas à interferência da proximidade ou da distância em relação às grandes quantidades de água como os mares ou oceanos, conforme pode ser observado na figura a seguir. Elas exercem influência significativa no comportamento da temperatura e da umidade do ar.

Figura | Maritimidade e Continentalidade



Fonte: <http://decioreismelo.wixsite.com/conexaogeografia/dinmica-do-clima-terrestre>. Acesso em: 30 abr. 2018.

Em relação à continentalidade é correto afirmar que:

a) Regiões localizadas distantes dos oceanos são mais secas do que as localizadas em áreas litorâneas.
b) Regiões localizadas distantes dos oceanos recebem somente interferências das massas de ar originárias dos oceanos.
c) Regiões localizadas distantes dos oceanos e mares apresentam-se mais úmidas em função das massas de ar oceânicas.
d) As regiões continentais recebem forte influência dos oceanos, mas não da continentalidade.
e) Regiões continentais apresentam menores amplitudes térmicas, com pouca variação na temperatura.

2. Entre a vegetação e o clima existe uma estreita relação. A vegetação como fator climático atua diretamente nos padrões comportamentais da temperatura, da umidade relativa do ar e da precipitação. Como exemplo, as matas influenciam as temperaturas máximas devido à sombra que proporcionam, ao calor que absorvem e pela evaporação da água que transpiram.

Sobre a vegetação é correto afirmar:

a) As temperaturas diminuem com a ausência de áreas vegetadas, por consequência elevam a umidade do ar.
b) A presença de vegetação torna o ar mais seco e quente, e influencia a incidência da radiação solar.

c) Em áreas florestadas, o ar contém mais água, fazendo com que elas sejam mais frias e úmidas.
d) Áreas com densa vegetação, através de sua evapotranspiração, diminuem a umidade relativa do ar.
e) A temperatura e umidade do ar apresentam os mesmos comportamentos em áreas vegetadas e desérticas.

3. Fenômeno atmosférico que ocorre nos grandes centros urbanos por meio das alterações na paisagem com base nas atividades antrópicas como o desmatamento, as edificações, os poluentes dispersos na atmosfera e o grande número de veículos em circulação.

Com base nessas informações, avalie as asserções a seguir:

I- A ilha de calor é um fenômeno resultante das intervenções humanas nos grandes centros que resultam em temperaturas médias maiores do que as temperaturas do seu entorno

PORQUE

II- A capacidade térmica de calor e a condutividade das superfícies urbanas absorvem a radiação no período do dia e a sua liberação para a atmosfera ocorre no período noturno (AYOADE, 2011. p.302).

Tomando por base as relações que existem entre as assertivas anteriores, leia as alternativas e escolha aquela que estiver correta:

a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
b) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Referências

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

CALDERON, G.; BORSATO, V. da A. O fenômeno La Niña e sua influência na disponibilidade hídrica no município de Campo Mourão-PR. **Revista GEOUSP: Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 177-197, abr. 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/116476/132451>. Acesso em: 9 abr. 2018.

FIORIN, T. T.; DAL ROSS, M. **Climatologia agrícola**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015.

GALVANI, E. **Unidades Climáticas Brasileiras**. Climatologia I – Departamento de Geografia - USP (2006). Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/Unidades_Climaticas_Brasileiras.pdf>. Acessado em: 29/03/2018

GARTLAND, L. **Ilhas de calor:** como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

ILHAS de calor provocam mudanças na temperatura de grandes cidades. **G1**. Disponível em: <https://goo.gl/ySngDV>. Acesso em: 21 maio 2018.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. A. (Orgs.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia.**São Paulo: Cengage Learning, 2008.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva:** fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2012.

VIEIRA, L. PICULLI, F. J. **Meteorologia e Climatologia Agrícola** - Notas de aula. 2009. Universidade Estadual de Maringá. Engenharia Agrícola.

VIEIRA, L. PICULLI, F. J. **Meteorologia e Climatologia Agrícola** - Notas de aula. Curso de Engenharia Agrícola. Cidade Gaúcha: Universidade Estadual de Maringá, 2009. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAQ5AAE/meteorologia-climatologia-agricola>. Acesso em: 14 jun. 2018.

Elementos do clima

Convite ao estudo

Seja bem-vindo à segunda unidade de estudo da disciplina de Climatologia e Meteorologia. Nosso foco aqui é o estudo dos elementos do clima, que podem ser entendidos como os fenômenos que o compõem, a saber: a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a pressão atmosférica e a radiação solar e balanço de energia. Ao analisarmos e estudarmos esses fatores, é possível identificar como as condições de tempo e clima de uma determinada região são influenciadas por eles.

Na primeira seção você encontra a definição conceitual de cada um desses fatores, acompanhada de exemplos, estudando também as formas de aquecimento da atmosfera. Na sequência, trataremos do estudo da umidade da atmosfera ou umidade atmosférica, definida como a quantidade de vapor de água presente na atmosfera. Ao final da primeira seção, trataremos sobre a radiação e o balanço de energia, verificando como suas propriedades são capazes de influenciar o clima. Na segunda seção, veremos as influências dos sistemas atmosféricos, averiguando o processo de formação e constituição das massas de ar, sua gênese e principais características, bem como seus efeitos nas configurações climáticas. Ainda sobre os sistemas atmosféricos, aqui trabalharemos com as frentes e os sistemas associados e, por fim, dedicaremos momentos para o estudo das massas de ar que atuam diretamente no Brasil e seus efeitos na determinação de nossos tipos climáticos. A terceira seção versa sobre os regimes pluviométricos, e aqui é importante averiguar como ocorre a formação das chuvas, seus principais tipos e as espécies de precipitações. Para tanto, vamos nos dedicar

ao estudo dos regimes pluviométricos brasileiros e observar como os sistemas econômicos, sobretudo a agropecuária, dependem do entendimento desses mecanismos. Por isso, avaliaremos os métodos para a estimativa da precipitação média por região.

Você trabalha na CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo e, em uma estação do ano, que é costumeiramente chuvosa, houve, excepcionalmente, um registro bem abaixo do índice pluviométrico normalmente esperado pelos agricultores. Com isso, os grandes proprietários realizaram altos investimentos em sistemas de irrigação para suprir a demanda de suas lavouras, geralmente destinadas ao mercado externo; já os pequenos e médios produtores, cujo acesso à algumas tecnologias é mais complicado, estão muito preocupados, haja vista eles produzirem gêneros alimentícios, com destaque para o milho, para o qual é preciso um planejamento agrícola que inclui saber de antemão a precipitação pluviométrica. Dessa forma, como prever a precipitação de uma região? Como realizar um planejamento baseado nas precipitações de uma determinada época?

Portanto, nesta unidade você estudará importantes conteúdos que serão a base para você conseguir analisar e propor uma solução viável ao problema apresentado.

Bons estudos!

Seção 2.1

Elementos determinantes do clima

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nesta seção, trabalharemos com os elementos do clima pela temperatura do ar, pela radiação solar, pela umidade do ar e pela pressão atmosférica.

Para desenvolver melhor esse conteúdo, vamos retomar o problema apresentado anteriormente: você trabalha na CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, e como parte de suas funções, você verificou a ocorrência de uma estiagem que se prolongou por um período maior do normalmente esperado, o que, com certeza, causará impactos nos cultivos agrícolas da cidade. Tanto isso é verdade que você já notou uma mobilização dos grandes proprietários em relação a esse problema e a preocupação dos pequenos e médios agricultores, que se dedicam à produção de milho.

Como técnico da CATI, você identifica que o conhecimento dos elementos determinantes do clima pode ajudar os agricultores, uma vez que seu acesso à moderna implementação é um pouco complicado.

Nesse sentido, é preciso pensar como a análise dos dados referentes aos elementos do clima auxilia na produção agrícola, verificando a relação entre os maiores e menores índices de precipitações pluviométricas associados aos principais sistemas atmosféricos e como isto influencia a produção agrícola. Com base nesta informação, de que forma você pode identificar as condições ideais para o plantio do milho? Como deverá estimar os dados de precipitação para efetivar alertas em relação ao cultivo do milho?

Estude os conteúdos dessa seção e verifique como poderá auxiliar esses agricultores.

Bons estudos!

Não pode faltar

A temperatura é determinada pelo balanço entre a radiação que chega e a que sai e pela sua transformação em calor latente. Ela é medida em graus, mais usualmente nas escalas Celsius (°C) e Fahrenheit (°F), e sua aferição é feitas por termômetros. Os valores de temperatura podem ser de tempo instantâneo, tempo real, valores médios, máxima e mínima, e ainda pode haver a aferição em valores normais. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; AYOADE, 2011).

O tempo instantâneo diz respeito à medida da temperatura do ar em um determinado momento. Os valores relativos ao tempo real se referem à temperatura instantânea no presente momento. Os valores médios tratam da média diária das temperaturas. Os valores de temperaturas máximas e mínimas, aos maiores e menores valores registrados no período considerado. As temperaturas máximas e mínimas podem ser diárias, semanais, mensais, sazonais, anuais ou decenais. A diferença existente entre a temperatura máxima e a mínima é definida pela amplitude térmica. Em relação aos valores normais da temperatura, eles se referem às médias dos valores dos últimos 30 anos em que são utilizadas para a caracterização dos climas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 50).

A variação temporal da temperatura do ar pode ser determinada por aspectos como a trajetória diária e anual do sol e pelas variações interanuais do tempo expressas por parâmetros de tendência e oscilações térmicas (AYOADE, 2011; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Tanto a nebulosidade quanto o vento podem alterar os padrões de variação diária da temperatura. As nuvens diminuem a incidência da radiação solar direta durante o dia e armazenam parte da radiação de onda longa a ser emitida pela Terra no período noturno, o que possibilita uma maior contra radiação, diminuindo, portanto, a amplitude entre as temperaturas máximas e mínimas. O vento redistribui o calor presente no ar, promovendo a troca de ar entre os locais (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; AYOADE, 2011).

Com o aumento da latitude a temperatura diminui, ou seja, apresenta valores menores conforme se afasta do Equador em

direção aos polos. A temperatura do ar é considerada como um dos efeitos mais importantes da irradiância solar (ALMEIDA, 2016). O aquecimento da atmosfera próximo à superfície terrestre se dá, principalmente, através do calor sensível a partir da superfície terrestre, segundo Almeida (2016, p. 195-196) da seguinte forma:

1) Por condução molecular, que é considerado um processo lento de trocas de calor sensível, ocorrendo por contato direto entre as moléculas.

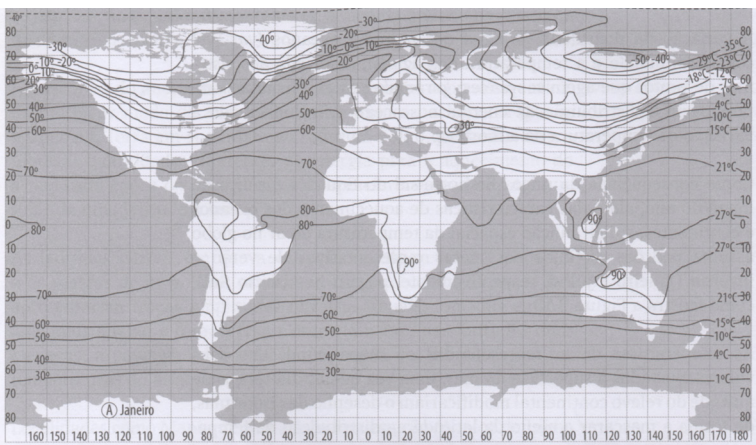
2) Por difusão turbulenta, que é um processo mais rápido de troca de energia, uma vez que a parcela de ar aquecida na superfície se locomove de forma convectiva, transportando calor, vapor da água e partículas de poeira (ALMEIDA, 2016, p. 195-196).

Exemplificando

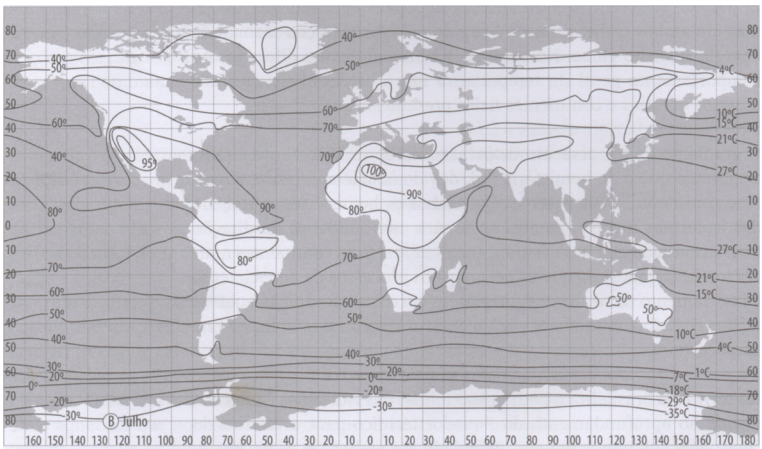
Belém, capital do estado do Pará, não tem estação térmica definida, uma vez que a variação anual da temperatura é menor e as estações do ano são determinadas pela distribuição das chuvas. Curitiba, no Paraná, por sua vez, tem o inverno marcado pelas baixas temperaturas e o verão, por temperaturas elevadas. Tais fatos ocorrem, principalmente, devido às feições geográficas e de localização, associadas às massas de ar que dominam o clima destas localidades, segundo descrição de Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 54).

Figura 2.1 |Temperatura média do ar em janeiro (A) e em julho (B)

A



B



Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 56).

As variações da temperatura do ar, tanto temporal quanto espacial, são condicionadas pelo balanço de energia que nela interfere, e dentre estes fatores, Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007, p. 38) destacam:

- Em escala macroclimática: predominam os efeitos da irradiância solar, ventos, nebulosidade, o transporte convectivo de calor e a concentração do vapor da água na atmosfera.
- Em escala topoclimática: a exposição e a configuração do terreno são os moduladores da temperatura do solo e do ar.
- Em escala microclimática: o fator condicionante é a cobertura do terreno.

A inversão térmica é uma camada da atmosfera que apresenta espessura da ordem de uma centena de metros, ou seja, é um fenômeno em que a temperatura em vez de diminuir, eleva-se (Almeida, 2016, p. 41). De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a inversão térmica pode apresentar cinco tipos distintos, a saber: a inversão térmica de superfície por radiação, a inversão térmica de superfície por advecção, a inversão de fundo de vale, a inversão de subsidência e a inversão frontal.

Atenção

Almeida (2016, p. 41) trata a inversão térmica como uma camada da atmosfera. Já os autores Torres e Machado (2008) descrevem a inversão térmica como um fenômeno que, devido às condições desfavoráveis, poluentes e gases, pode alterar a disposição das camadas de ar frio e quente.

Quadro 2.1 | Tipos de inversão térmica

Inversão térmica por radiação	Ocorre no inverno, nas noites chamadas radiantes, sem nebulosidade e quando os ventos não existem ou são muito fracos. Sob estas condições, o solo perde energia por radiação e condução para a camada de ar sobrejacente; da mesma forma, ocorre transferência de energia para as camadas anteriores, acontecendo o resfriamento próximo ao solo, e o ar acima se mantém aquecido.
Inversão da superfície por advecção	Acontece em noites claras de inverno, quando existe a advecção do ar quente sobre uma superfície.
Inversão de fundo de vale	Ocorre por drenagem do ar frio do topo dos morros e montanhas que, mais pesado, escoa pelas vertentes em direção aos fundos de vales, mantendo-se abaixo do ar mais quente.
Inversão de subsidência	Dá-se em níveis mais elevados da troposfera, produzindo um movimento de subsidência do ar em larga escala. Assim, por compressão, o ar tende a apresentar ausência de variação da temperatura com a altitude ou uma inversão da temperatura.
Inversão frontal	Ocorre ao longo da área de atuação da frente, que é a zona de interação entre duas massas de ar distintas.

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 57-58).

Além da temperatura, é preciso estudar outro elemento que determina o clima e que caracteriza o ar: sua umidade, ou seja, a quantidade de valor de vapor de água contido na atmosfera. A umidade da atmosfera é definida como a quantidade de vapor de água nela contido (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). É o resultado da evaporação das águas a partir das superfícies terrestres e hídricas e da evapotranspiração de animais e vegetais, que dependem do calor para produzir a evaporação da água. (TORRES; MACHADO, p. 35).

A umidade do ar auxilia na compreensão dos conceitos relacionados à saturação da pressão de vapor. A unidade de medida utilizada para aferir

a umidade atmosférica é o milibar (mb), e esta pode ser dos seguintes tipos: absoluta, específica e relativa (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; VIANELLO; ALVES, 2012).

A umidade absoluta refere-se ao peso do vapor de água em um dado volume de ar, sendo representado em gramas por metro cúbico (g / m^3). Já a umidade específica é a razão existente entre o peso do vapor de água e o peso do ar. Por sua vez, a umidade relativa representa a relação de proporção relativa entre o vapor existente no ar e o seu ponto de saturação, sendo apresentada em percentual (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 62; VIANELLO; ALVES, 2012; TORRES; MACHADO, 2008).

O ar úmido é mais leve do que o ar seco e tem mais facilidade para se elevar, estando ambos em mesmas condições de tempo. O movimento vertical do ar é importante para que as nuvens se formem. Elas envolvem as alterações na densidade da coluna de ar, o que favorece as mudanças de temperatura sem que haja perda ou ganho de energia com o ar circundante. Sob essas situações, o ar tem sua temperatura alterada de forma adiabática (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; VIANELLO; ALVES, 2012).

A elevação de uma dada coluna de ar ocorre devido à expansão das moléculas, o que resulta em decréscimo de sua densidade em relação ao seu entorno. Desta forma, as moléculas têm menos contato entre si e, assim, o choque entre elas é menor. A temperatura da coluna de ar, neste caso, tem seu valor rebaixado sem a perda de calor para o meio circundante, e, portanto, o ar é submetido a um resfriamento adiabático simplesmente por se elevar (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 64).

Quando o ar desce, a densidade aumenta, possibilitando o contato entre as moléculas. Esse contato favorece o aumento do número de choques entre elas, logo, a temperatura se eleva. Sem o fornecimento de energia para a coluna que se encontra em subsidência, a temperatura terá sido elevada devido ao processo de aquecimento adiabático (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Tanto o resfriamento quanto o aquecimento adiabático são os responsáveis pelo resfriamento e aquecimento gerados nos movimentos verticais das grandes massas de ar. Tais processos são importantes na formação das nuvens e na dinâmica vertical do ar. Eles levam em consideração a presença de umidade, definindo-se, desta forma, a razão

do resfriamento do ar pelo gradiente adiabático seco e pelo gradiente adiabático úmido (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Assimile

O gradiente adiabático seco, que corresponde a $1^{o}C/100m$, não deve ser confundindo com o gradiente vertical de temperatura, obtido não pela ascensão do ar, mas pela elevação em altitude do observador, como, por exemplo, ao subir uma montanha.

O processo adiabático é definido como aquele em que não há troca de calor entre o sistema e o meio, ou seja, a energia interna sofre alteração apenas por troca de energia na forma de trabalho. Portanto, um processo adiabático não envolve fluxo algum de calor; não ocorre troca de energia por radiação, por condução ou convecção" (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 64).

O estudo da radiação solar e do balanço de energia também são fundamentais para o nosso entendimento dos elementos determinantes do clima. A radiação solar é definida como o modo de propagação da energia, por meio do qual a energia do sol chega à Terra. A radiação, portanto, corresponde à emissão de energia por ondas eletromagnéticas que se propagam à velocidade da luz. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 33; AYOADE, 2011; VIANELLO; ALVES, 2012).

Para Ayoade (2011, p. 25),

> **A quantidade de radiação solar incidente sobre o topo da atmosfera depende de três fatores, principalmente: do período do ano, do período do dia e da latitude. (...) A distribuição da radiação solar não é simétrica, uma vez que a Terra no mês de janeiro está em sua posição mais próxima do sol, permitindo que todas as latitudes recebam mais radiação no período de inverno no hemisfério Norte do que durante o verão no mesmo.**

A altitude do sol é determinada pela latitude do local, pelo período do dia e pela estação do ano. Da mesma forma, a altitude do sol é mais elevada no verão do que no inverno. A quantidade total de radiação recebida em um local é afetada pela duração do dia, que varia conforme a latitude e a estação (AYOADE, 2011, p. 25).

Uma vez que a energia é emitida por um corpo, a radiação pode ser refletida, absorvida ou transmitida de acordo com as suas propriedades físicas. Entre as propriedades físicas dos corpos há o albedo, calculado em porcentagem, que se caracteriza pela capacidade que os corpos têm de refletir a radiação solar que sobre eles incidem. O albedo apresenta distinções pela cor e constituição que a superfície apresenta: sua máxima ocorre nos corpos brancos, e a sua mínima, nos corpos pretos. (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 34-35) Seguem, no Quadro 2.2, albedos de algumas superfícies.

Quadro 2.2 | Exemplo de albedo de algumas superfícies

Tipo de superfície	Albedo (%)
Solo negro e seco	14
Solo negro e úmido	8
Solo nu	7-20
Areia	15-25
Dunas de areia	30-60
Floresta	3-10
Campos naturais	3-15
Savana	16-18
Cana-de-açúcar	15
Gramados	15-30
Asfalto	5-10
Terra	31
Lua	6-8
Concreto seco	17-27

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 35).

Os processos de transferência de energia podem ser de três tipos:

- Os processos que envolvem as ondas curtas. Relacionados à radiação solar, esta é a faixa que compreende os menores comprimentos de onda até a luz visível.
- Os processos que envolvem as radiações de ondas longas, localizadas na faixa do infravermelho. Esses processos são relacionados à radiação terrestre.

- Os processos que envolvem a transferência de energia por convecção.

A contribuição da radiação terrestre no balanço de entrada e saída de energia no sistema superfície-atmosfera deve levar em consideração que a superfície terrestre recebe tanto a energia direta do sol quanto a energia emitida pela superfície na forma de ondas longas, dos aerossóis e das nuvens presentes na troposfera. O efeito que proporciona essa contra radiação é chamado de efeito estufa (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 35-36; VIANELLO; ALVES, 2012; TORRES; MACHADO, 2008).

Pesquise mais

Em Silva e Paula (2009), no estudo intitulado *Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural*, você encontrará a descrição do efeito estufa.

O aquecimento global trata do aumento da temperatura média superficial global provocado tanto pelos agentes internos quanto pelos agentes externos. Os fatores internos são complexos e estão associados a sistemas climáticos devido a variáveis como a atividade solar e a composição físico-química atmosférica, por exemplo. Os fatores externos são os antropogênicos e estão relacionados com as emissões de combustíveis fósseis, principalmente os relacionados com os derivados de petróleo, indústrias, refinarias e queimadas, entre outros.

SILVA R. W. C., PAULA B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica *versus* natural. **Revista TerræDidatica,** v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2kRF0MJ>. Acesso em: 24 abr. 2018.

No balanço de radiação, os fenômenos produzidos na troposfera resultam dos processos de transferência, transformação e o armazenamento de energia e matéria que acontecem no ambiente formado pela interface superfície-atmosfera. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 32).

A condução, convecção, advecção, condensação e radiação exercem influência no fluxo de energia, responsáveis pelo

aquecimento do ar na troposfera (MENDONÇA; DANNI- OLIVEIRA, 2007, p. 32).

A condução pode ser considerada como a transferência de calor por contato entre dois corpos com temperaturas distintas, sendo que o corpo mais quente transfere calor para o mais frio. Na convecção, a transmissão de calor se dá pelo deslocamento vertical das correntes aéreas. A advecção acontece quando um volume de ar é forçado a se deslocar de forma horizontal, como resultado da instalação de um gradiente de pressão entre as áreas contíguas e transportando consigo as características térmicas da superfície sobre o qual repousava. A condensação, por sua vez, transmite para o ar quantidades consideráveis de energia que foram consumidas do ambiente no processo de evaporação da água da superfície, transformando o calor latente em calor sensível (MENDONÇA; DANNI- OLIVEIRA, 2007, p. 33).

Reflita

A radiação solar é a energia que a Terra recebe pelas ondas eletromagnéticas oriundas do Sol. No link a seguir, você terá mais detalhes sobre a radiação solar e terrestre e o balanço de energia global.

SILVA, G. **Radiação Solar e Terrestre e o Balanço de Energia Global**. Universidade de São Paulo. São Paulo, [s.d.]. Disponível em: <https://bit.ly/2lRqbdx>. Acesso em: 24 abr. 2018.

Para você, qual é a importância da radiação solar para a determinação climática?

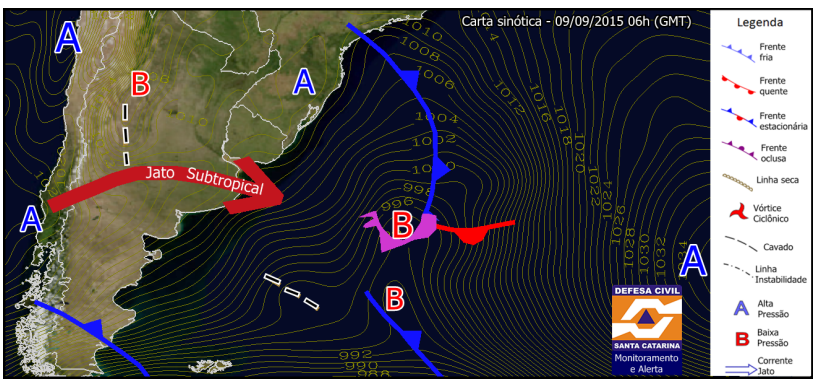
Para concluir, passaremos agora ao estudo sobre a pressão atmosférica e sua influência nos elementos determinantes no clima. A pressão atmosférica consiste no peso que o ar exerce sobre a superfície. Em termos médios, a pressão atmosférica corresponde a 1kg/cm^2 ao nível médio do mar, e para mensurá-la, o milibar (mb) e o hectopascal (hPa) são as medidas mais utilizadas (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 74; AYOADE, 2011).

Como resultado da ação gravitacional, o ar tem sua densidade alterada devido à altitude. A variação da pressão atmosférica do ar ocorre pela distribuição da energia, pela variação da umidade do

ar no globo e pela dinâmica dos seus movimentos (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O aquecimento do ar gera a elevação da energia cinética das moléculas, fazendo com que mais choques ocorram entre elas. As moléculas passam, então, a se distanciar uma das outras, ocasionando uma expansão do ar e, como resultado, a diminuição na pressão exercida por ele. Essas áreas de baixa pressão são representadas no mapa sinóptico pela letra B, conforme demonstrado na Figura 2.2. Quando o ar se resfria, as moléculas têm os movimentos cinéticos reduzidos, o que diminui as ocorrências de choque entre elas. Como resultado, há a elevação da densidade do ar, sendo caracterizada uma área de alta pressão. Nas cartas sinópticas, a alta pressão é representada pela letra A, conforme apresentado na Figura 2.2 (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 74; VIANELLO; ALVES, 2012).

Figura 2.2 | Carta sinótica



Fonte: <https://bit.ly/2ISMZCS>. Acesso em: 21 maio 2018.

Nas baixas latitudes, em que a concentração de energia solar é elevada, o aquecimento leva à expansão do ar, caracterizando uma zona de baixa pressão. Nas altas latitudes, a baixa energia possibilita a geração de áreas de alta pressão (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 74).

Sem medo de errar

Como técnico da CATI, você identificou que os agricultores necessitam de informações sobre as condições de precipitação pluviométrica ideais para o plantio do milho no estado de São Paulo. Isso se deu em função da sua análise acerca dos registros de dados mostrando que em uma certa estação do ano, costumeiramente chuvosa, houve, excepcionalmente, um índice pluviométrico bem abaixo do esperado. Com isso, os grandes proprietários realizaram altos investimentos em sistemas de irrigação para suprir a demanda de suas lavouras, geralmente destinadas ao mercado externo; já os pequenos e médios produtores, cujo acesso a algumas tecnologias é mais complicado, estão muito preocupados, haja vista eles produzirem gêneros alimentícios, com destaque para o milho, para os quais é preciso um planejamento agrícola que inclui o conhecimento da precipitação pluviométrica.

Para analisar a relação entre os maiores e menores índices de precipitações pluviométricas associados aos principais sistemas atmosféricos e como isto influencia o plantio do milho, você, com base no estudo da Embrapa, averiguou que o cultivo do milho apresenta relação com os elementos climáticos como a precipitação, a temperatura e a radiação solar, e que estes necessitam estar em índices ideais para uma boa produção desta cultura.

Portanto, para poder identificar as condições ideais para o plantio, você acessou o estudo *Relações com o clima*, elaborado pela Embrapa, disponível em:<https://bit.ly/2z8uZol>. Acesso em: 22 maio 2018.

Nesse estudo, temos determinados, como índices ideais, a temperatura de 25°C a 30°C, os níveis da precipitação pluviométrica anual de 250 mm a 500 mm e a radiação solar de 30% a 40%.

Sobre a estimativa dos dados de precipitação pluviométrica para os alertas em relação ao plantio do milho, você necessita obter os dados de precipitação pluviométrica do estado de São Paulo. Estes podem ser obtidos pelo banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, disponível em: <https://bit.ly/2ITodm3>. Acesso em: 22 maio 2018. Neste caso, você deve usar os dados mensais ou trimestrais para estimar a precipitação média para

o estado de São Paulo. Com base nos resultados da estimação da precipitação média, você identificou os valores considerados ideais, segundo os índices pontuados pela Embrapa, e sempre que os valores estiverem abaixo do esperado para o cultivo do milho, devem ser elaborados alertas para que os agricultores possam realizar o planejamento do cultivo.

Avançando na prática

Leitura e interpretação de cartas sinóticas

Descrição da situação-problema

Você é professor universitário que leciona para uma turma de estudantes do curso de Geografia, e o tema da aula de hoje é a análise dos elementos para uma previsão climática. Para tanto, você enfrenta o desafio de buscar uma fonte de dados cuja análise permita identificar o caráter dinâmico e periódico de tais elementos, em tempo real.

Contudo, ao iniciar a aula, você notou que alguns alunos, apesar de amplo acesso à rede mundial de computadores, não conseguiam interpretar o conjunto, especializando e georreferenciando os dados aos quais tinham acesso. Dessa forma, como buscar uma ferramenta associada a um material didático e de cunho pedagógico que seja capaz de promover uma aprendizagem significativa e, com isso, pensar em uma sequência didática para esta aula?

Resolução da situação-problema

Para ensinar o conteúdo que se refere aos elementos determinantes do clima, você poderá utilizar um material muitas vezes subutilizados nas aulas, que é a carta sinótica. Trata-se de uma representação gráfica com alguns elementos que caracterizam e constituem o tempo atmosférico, contextualizado no tempo e no espaço. Assim, dado o caráter dinâmico das características da temperatura e da umidade relativa do ar, você optou pelo trabalho com as cartas sinóticas. Para tanto, basta acessar o site do CPTEC,

escolher o local de análise e, no menu ao lado direito, acessar a carta sinótica. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC**. [S.l., s.d.]. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/>. Acesso em 5 jun. 2018.

A partir disso, identifique as áreas de alta e baixa pressão atmosférica, retomando os conceitos que nos mostram que as áreas de alta pressão apresentam menores probabilidades de chuvas, ao contrário das áreas de baixa pressão. Nesse sentido, você deve reforçar para a turma que as linhas contínuas com os valores registrados na carta representam a pressão atmosférica. Com seus valores determinados, é possível verificar a direção das áreas de alta e baixa pressão, e assim verificar as regiões nas quais haverá maior ou menor probabilidade de chuvas. Ao acessar o site da carta sinótica, não se esqueça de clicar, no canto superior direito à opção de ativação da legenda, para que o estudante seja capaz de uma leitura assertiva da geoinformação.

Faça valer a pena

1. A temperatura é determinada pelo balanço de radiação que chega (ondas curtas) e da que sai, (ondas longas), assim como pela sua transformação em calor latente e calor sensível. A temperatura do ar é medida em graus, com termo metros, sendo que as escalas mais usadas são Celsius e Fahrenheit.

Para que dois corpos possam trocar calor é necessário que eles:

a) Apresentem um meio condutor entre si.
b) Estejam em diferentes temperaturas.
c) Apresentem temperaturas iguais entre si.
d) Não necessitam de um meio condutor entre si.
e) Devem, necessariamente, apresentar massas iguais.

2. O albedo caracteriza a capacidade que os corpos têm de refletir a radiação solar que incide sobre eles, variando conforme a cor e a constituição que o corpo apresenta, tendo como unidade de medida a porcentagem. Um corpo que apresente elevado albedo tem uma baixa intensidade de absorção, uma vez que parte dela foi refletida.

Analise as afirmativas a seguir:
I- A máxima do albedo ocorre em corpos brancos e a mínima, em corpos pretos.
II- A máxima do albedo ocorre em corpos pretos e a mínima, em corpos brancos.
III- O albedo não varia de acordo com a cor e a constituição que o corpo apresenta.
IV- O albedo varia de acordo com a cor e a constituição que o corpo apresenta.

Sobre o albedo, é correto afirmar o que está exposto apenas na (s) afirmativa (s):

a) I e II.
b) I e III.
c) I e IV.
d) II e III.
e) II e IV.

3. A pressão atmosférica é definida como o peso que o ar exerce sobre a superfície. A unidade mais utilizada para medir a pressão atmosférica é o milibar (mb), sendo também utilizada como unidade de medida o hectopascal (hPa). A pressão atmosférica tomada como padrão ao nível médio do mar é de 1013 mb.
A partir dessas informações, avalie as asserções a seguir e a relação proposta entre elas:
I. A pressão atmosférica aumenta com o aumento da latitude e diminui com a altitude. Portanto, as áreas mais baixas têm mais ar sob os corpos, e, consequentemente, mais pressão atmosférica

PORQUE

II. A pressão atmosférica não sofre alterações por influência da latitude, mas sofre pela altitude. A temperatura, a umidade e a radiação solar são fatores que exercem influência direta na pressão atmosférica.

A respeito dessas asserções, assinale a opção correta:

a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
b) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 2.2

Sistemas atmosféricos

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nessa seção vamos trabalhar com os sistemas atmosféricos, suas características e efeitos. Para desenvolver melhor esse conteúdo, lembre-se de que você trabalha na CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, e você identificou que a agricultura na região de Ribeirão Preto, estado de São Paulo, é uma atividade beneficiada pela ocorrência dos chamados "rios voadores", conforme o histórico disponibilizado: "Em 2011, foram registrados um total de **32 rios voadores** em Ribeirão Preto. Em 2012, foram **37**, em 2013 foram **35**, em 2014, foram **36** e em **2015**, foram só **22 rios voadores**" (EXPEDIÇÃO RIOS VOADORES, [s.d.]).

Um dos benefícios desse fenômeno ocorre justamente quando elas se dão nos períodos mais secos, como a estação do inverno. Portanto, seu entendimento é de primordial importância para os agricultores, uma vez que beneficiam suas atividades, provocando chuvas no período de estiagem. Nas regiões onde não ocorre a chuva, os agricultores precisam fazer investimentos elevados nos sistemas de irrigação mecânica para obter sucesso na produção agrícola.

Diante do exposto, você, como técnico da CATI, precisa esclarecer os seguintes questionamentos: Que fenômeno é este dos "rios voadores", responsável pela chuva mesmo em períodos de estiagem na região de Ribeirão Preto? Qual a natureza desse fenômeno? E qual a sua importância nos cultivos agrícolas realizados em Ribeirão Preto e região?

Bons estudos!

Não pode faltar

Massa de ar é uma expressão utilizada pela meteorologia que mostra uma porção de ar com extensão de milhares de quilômetros quadrados de área, apresentando características físicas de pressão, temperatura e umidade da região de onde ela se formou originalmente (ALMEIDA, 2016; FIORIN; DAL ROSS, 2015).

Em seu deslocamento, as massas de ar sofrem alterações devido à influência de outras massas de ar, onde ocorre a troca de calor (FIORIN; DAL ROSS, 2015). Mendonça e Danni-Oliveira (2007), destacam que uma massa de ar é uma porção da atmosfera, com extensão considerável, apresentando características térmicas e higrométricas homogêneas.

Vocabulário

Higrometria: Parte da física que tem por objeto a determinação do grau de umidade da atmosfera.

Assimile

As massas de ar são importantes para o estudo e caracterização do tempo e do clima, uma vez que durante o seu deslocamento influenciam de forma direta as áreas nas quais predominam (TORRES; MACHADO, 2008).

Para a formação de uma nova massa de ar, existe a necessidade de que o ar permaneça estacionando durante algum tempo sobre uma extensa região, para que ele possa adquirir as características termodinâmicas do local, que são a temperatura e a umidade. Quanto mais tempo a massa de ar ficar sobre a área antes de seu deslocamento, mais afetada ela estará pelas características térmicas e/ou hídricas deste local (ALMEIDA, 2016; TORRES; MACHADO, 2008).

As áreas com características de homogeneidade propícias à formação das massas de ar são os oceanos, as grandes áreas de florestas e as desérticas, as extensas áreas de gelo, dentre outras. Estas áreas, quando estão sob a ação de um vasto anticiclone,

apresentam todos os requisitos necessários para a formação de uma massa de ar (ALMEIDA, 2016; VIANELLO; ALVES, 2012; TORRES; MACHADO, 2008).

À medida que a massa de ar se afasta da sua área de origem, ela tem suas propriedades modificadas, principalmente a temperatura e a umidade. Portanto, se a massa de ar se desloca por uma superfície hídrica, sua umidade aumentará. Quando uma massa de ar se desloca por um continente, ela absorve menos umidade e inclusive pode perder essa umidade. Ao se deslocarem por superfícies mais frias, as massas de ar perdem calor nos seus níveis mais baixos, o que é chamado de resfriamento basal; da mesma forma, quando ela está se deslocando sobre uma superfície mais quente, sofre alterações nas suas propriedades devido ao aquecimento, também chamado de aquecimento basal (TORRES; MACHADO, 2008).

São vários os tipos das massas de ar e elas são classificadas tomando por base a sua região de origem, considerando-se principalmente a temperatura e a umidade. Se a massa de ar tiver sido originada em uma área quente, essa é uma massa de ar quente; por outro lado, se ela for originada em uma região fria, ela é uma massa de ar fria (TORRES; MACHADO, 2008; AYOADE, 2011).

As massas de ar podem ser classificadas por sua origem de formação em: Ártica ou Antártica (A), Polar (P), Tropical (T) e Equatorial (E). As massas de ar são também classificadas em marítimas (m) e continentais (c) (ALMEIDA, 2016).

Geralmente as massas de ar continentais são secas, e as marítimas, úmidas, à exceção das massas que se formam na Amazônia, que é uma área continental, mas, devido à densidade da floresta, com elevadas taxas de evaporação e evapotranspiração e a umidade do ar, associada à bacia fluvial, favorecem a origem de massas de ar com características quentes e úmidas (TORRES e MACHADO, 2008).

As massas de ar podem ainda ser descritas sob a forma termodinâmica. Desta maneira, elas são apresentadas por sua temperatura (frias e quentes) e umidade (secas e úmidas). Cabe destacar que o critério térmico se sobrepõe à umidade, desta forma, as massas de ar podem ser especificadas em massa de ar fria e massa de ar quente (ALMEIDA, 2016).

Uma massa de ar é considerada fria quando ela se desloca sobre uma superfície mais aquecida do que ela. Durante o deslocamento

de uma massa de ar fria, a área ocupada por sua extensão experimenta uma redução brusca na temperatura ambiente. O resfriamento do ar gerado pela sua expansão no sentido ascensional propicia a formação nuvens convectivas do gênero *cumulus* ou *cumulonimbus*, e havendo umidade suficiente, há possibilidade de chuvas intensas e com trovoadas (ALMEIDA, 2016).

A massa de ar é quente porque ela se desloca sobre uma superfície que é mais fria do que ela. O ar quente perde calor por condução, pelo contato com a superfície contínua mais fria. Na massa de ar quente, se a umidade do ar for elevada e a velocidade do vento for baixa, há a formação de nevoeiros densos. De forma contrária, quando o ar for quente, com baixa umidade e a velocidade do vento for maior, haverá possibilidade para a formação de nuvens baixas chamadas de *stratus* e *stratocumulus*. Se ocorrer chuva, esta será contínua e na forma de chuvisco. Nas massas de ar quente a visibilidade horizontal à superfície tende a ser reduzida pela presença de nevoeiros e a inexistência de convecção (ALMEIDA, 2016).

Pesquise mais

Em Borsato e Mendonça (2012) você encontrará um estudo envolvendo as massas de ar na dinâmica dos sistemas atmosféricos no centro Sul do Brasil.

Os tipos de tempo dentro de uma massa de ar, sendo ela quente ou fria, seca ou úmida, dependem principalmente da temperatura do ar, de sua umidade relativa de sua estrutura. Portanto, neste estudo, os autores verificaram que a massa de ar do Atlântico Sul atua durante todo o ano. Porém, nos meses mais quentes, ela frequentemente tem sua atuação restrita ao Oceano Atlântico. No interior do continente ocorre a predominância dos sistemas de baixa pressão. Mesmo assim, ela frequentemente avança sobre o Brasil Central, ocasionando a redução nas precipitações e a elevação nas temperaturas.

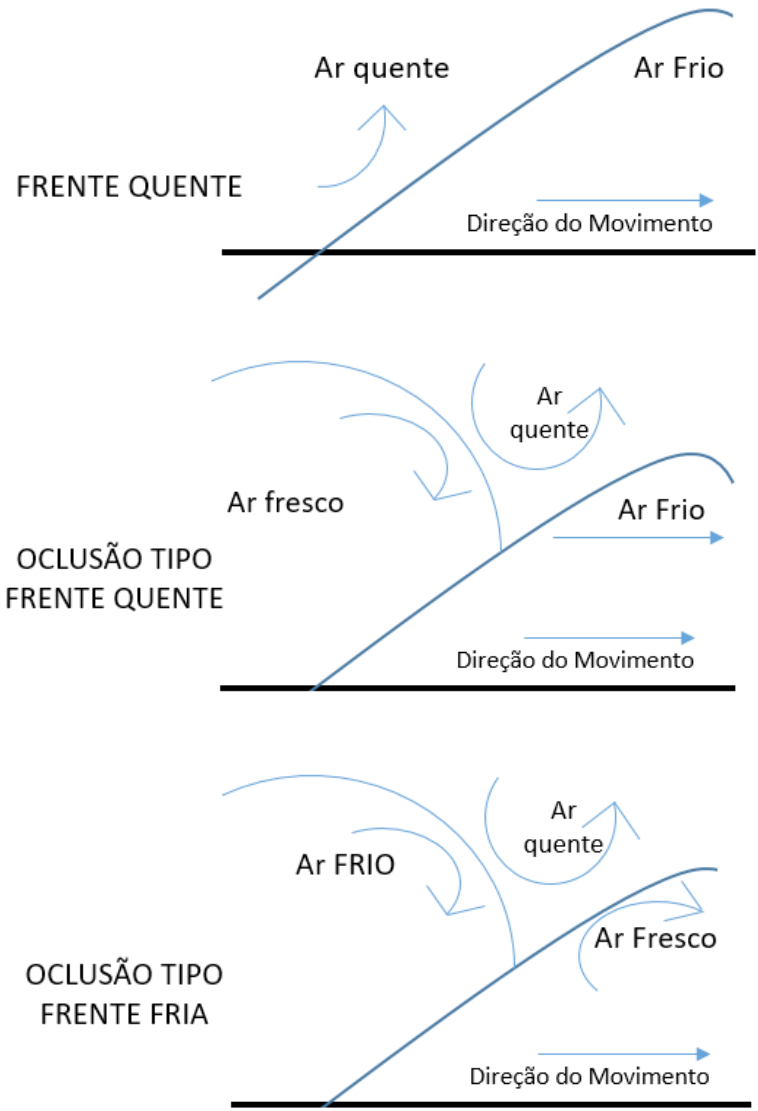
BORSATO, V. A., MENDONÇA, F. A de. A participação da massa tropical atlântica no estado do tempo no centro sul do Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p .293 – 304, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2KQC5TP>. Acesso em: 6 maio 2018.

Para Torres e Machado (2008) as **frentes** podem ser definidas como as regiões de transição entre as massas de ar com propriedades distintas. Para Almeida (2016) uma frente é a zona de transição existente entre duas massas de ar apresentando características diferentes de densidade e de temperatura. As diferenças nas características propiciam as variações termodinâmicas e meteorológicas. Portanto, uma frente é considerada como uma zona de transição onde as propriedades do ar transpõem, de forma gradativa, de uma massa para outra (TORRES; MACHADO, 2008).

Exemplificando

No contato entre duas massas de ar de temperaturas diferentes forma-se uma superfície de descontinuidade, conhecida como superfície frontal. Essa descontinuidade é uma zona de transição, estreita e inclinada, na qual os elementos meteorológicos variam mais ou menos de forma abrupta. "A linha de contato da superfície frontal com a superfície do solo, ou qualquer outro plano horizontal, é chamada de frente" (TUBELIS; NASCIMENTO, 1992, p. 246). A descontinuidade frontal pode ser classificada pelo seu deslocamento e pelas mudanças de temperatura que causam na frente fria, frente quente, na frente de oclusão e na frente estacionária, conforme exemplificado na Figura 2.3.

Figura 2.3 | Estrutura vertical das descontinuidades frontais

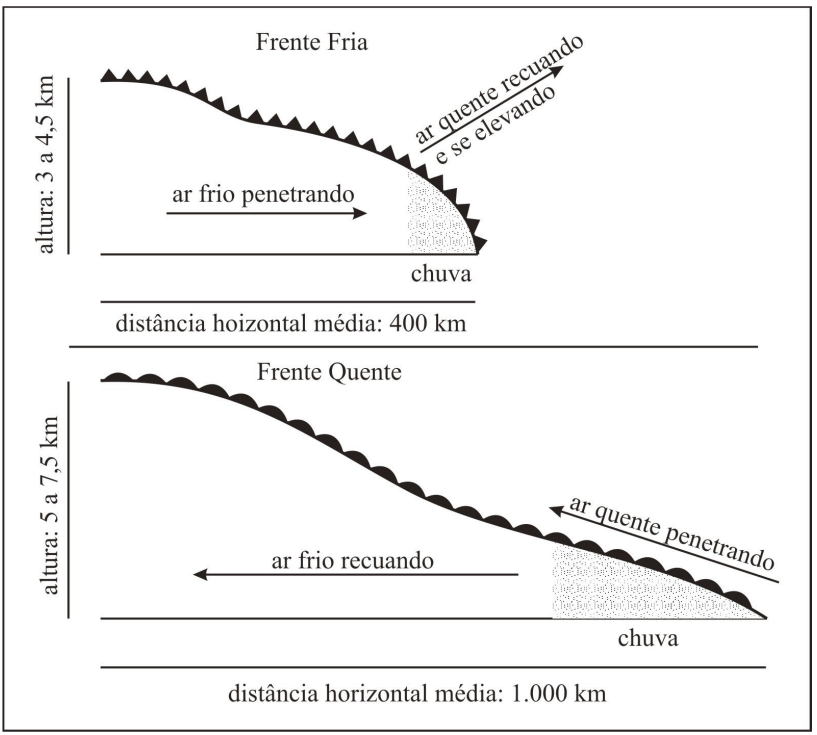


Fonte: adaptado de Tubelis e Nascimento (1992, p. 247).

As descontinuidades frontais classificam-se por seu deslocamento e pelas mudanças de temperaturas que elas causam. Elas podem ser: frente fria, frente quente, frente estacionária e frente oclusa (TORRES; MACHADO, 2008).

Tubelis e Nascimento (1992) e Torres e Machado (2008, p. 106) descrevem que "uma frente fria é uma descontinuidade frontal, onde uma massa de ar com menor temperatura é substituída, junto do solo, por uma massa de ar de maior temperatura". Por sua vez, uma frente quente é uma descontinuidade frontal onde uma massa de ar de temperatura mais baixa é substituída, junto ao solo, por uma massa de ar com temperatura mais elevada, conforme demonstrado na Figura 2.4.

Figura 2.4 | Esquema da frente fria e da frente quente



Fonte: Torres e Machado (2008, p. 106).

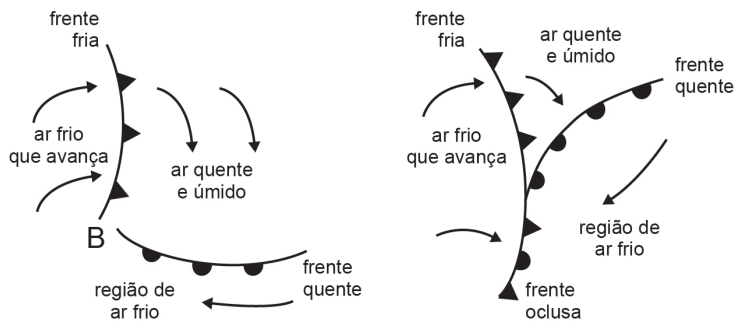
Quando ocorre o deslocamento de uma massa de ar, a sua parte dianteira é chamada de frente, e sua classificação leva em

consideração as características térmicas da massa de ar, que são: quente e fria. Uma frente é considerada fria quando a sua passagem por um local da superfície da Terra substitui o ar quente existente por ar frio. Desta forma, a massa de ar pré-frontal é considerada quente e a pós-frontal é fria (ALMEIDA, 2016).

Exemplificando

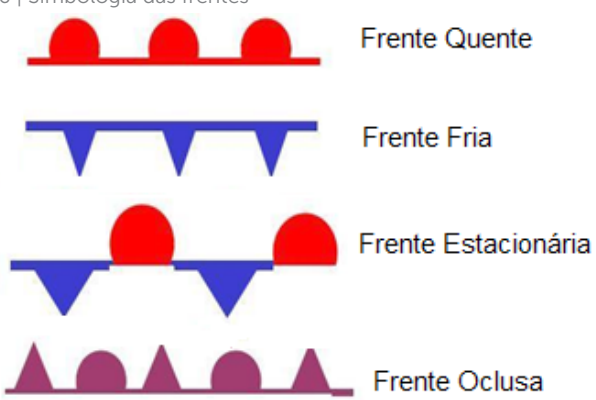
Nas cartas meteorológicas, a frente fria é indicada por uma linha, com bases de triângulos equiláteros, espaçados de forma regular, onde os vértices apontam a direção de deslocamento. A frente quente, por sua vez, é representada por uma linha contendo semicírculos, apontando no sentido de deslocamento da frente (ALMEIDA, 2016, p. 155/157).

Figura 2.5 | Simbologia das frentes



Fonte: <https://bit.ly/2uel8bY>. Acesso em: 5 maio 2018.

Figura 2.6 | Simbologia das frentes



Fonte: adaptado de Mota (2016).

A frente é considerada quente quando a sua passagem por um local da superfície terrestre substitui o ar frio pelo ar quente. O ar frio, que é mais denso, domina o ar quente, ocasionando uma larga faixa de nuvens, apresentando pequenas espessuras, gerando precipitações fracas e algumas vezes nevoeiros esparsos (ALMEIDA, 2016).

Reflita

As **frentes** são áreas de transição entre diferentes massas de ar. Em Carvalho e Fedorova (2011) você verá um estudo sobre as frentes que ocorrem no sul do Brasil. Com base nesse material, você saberia dizer qual a importância da atuação das frentes quentes em uma determinada superfície terrestre?

CARVALHO, M H. de; FEDOROVA, N. Estudo sobre frentes quentes que ocorrem no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 257 - 272, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/2NJcCd7>. Acesso em: 6 maio 2018.

A frente estacionária é considerada uma fronteira entre o ar quente e o frio, que é resultado da não movimentação de uma frente fria ou quente (ALMEIDA, 2016).

Existem situações em que o ar polar não avança mais para o norte pela ausência de força, nem o ar quente possui energia para mover a massa polar. Desta maneira é que se formam as frentes estacionárias, que são as responsáveis pelas chuvas contínuas sobre a área em que estão localizadas. Quando ocorrem as frentes estacionárias podem também ocorrer as enchentes (TORRES; MACHADO, 2008).

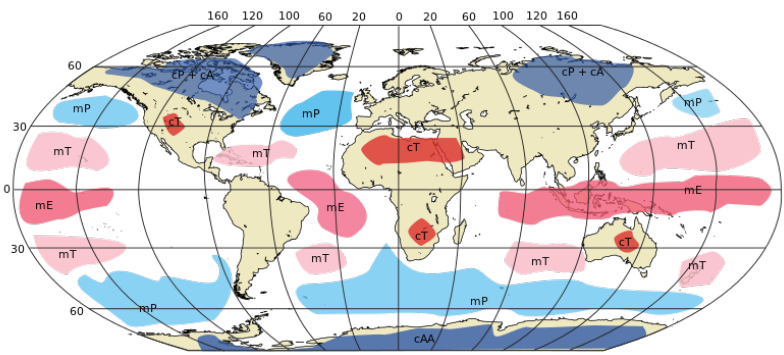
A frente oclusa ocorre quando uma frente fria ou quente deixa de existir. Este fenômeno ocorre quando a frente fria ou a quente se movimenta com maior rapidez, ultrapassa e obstrui a frente quente (ou fria), permitindo a elevação de todo ar quente (frio). Desta forma, o ar frio ocupa o lugar que antes era quente e vice-versa. Esse fenômeno é chamado de oclusão e ocorre na alternância das frentes frias e quentes (ALMEIDA, 2016).

São dois os tipos de frente de oclusão: a quente e a fria. Para que seja possível distingui-las basta comparar a densidade do ar da frente fria pós-frontal com a do ar da pré-frontal da frente quente. Portanto, quando o ar da pós-frontal da frente fria for mais frio que o ar da pré-frontal quente, temos uma oclusão do tipo fria. De acordo com Almeida (2016, p. 159):

> **No contrário, o ar da pós-frontal da frente fria é mais quente que o ar pré-frontal da frente quente. Neste caso, a frente fria deixa de existir, continuando a frente que a originou, chamamos este fenômeno de oclusão do tipo quente.**

Os estudos sobre as massas de ar e as frentes são importantes para compreendermos as suas formas de atuação, e para complementar nossos estudos precisamos agora conhecer as massas de ar atuantes no mundo. São elas: massa polar marítima (mP), massa tropical marítima (mT), massa equatorial marítima (mE), massa tropical continental (cT), massa continental polar (cP) e a massa continental antártica (cA), conforme demonstrado na Figura 2.7.

Figura 2.7 | Massas de ar no mundo



Fonte: <https://bit.ly/2mcKqm3>. Acesso em: 5 maio 2018.

Os tipos de massas de ar que atuam na América do Sul são do tipo equatorial continental (cE), equatorial marítima (mE), tropical continental (cT), tropical marítima (mT), polar marítima (mP) e a antártica continental (cA) (ALMEIDA, 2016).

A massa de ar equatorial (cE) tem sua origem na parte central do nordeste da Amazônia, com característica termodinâmica quente e úmida, dominando a porção ocidental da Amazônia em quase todos os meses do ano. A massa equatorial marítima (mE) ocorre sobre os oceanos Atlântico e Pacífico, resultante da convergência dos ventos alísios. A massa de ar tropical continental (cT) se encontra associada à baixa pressão atmosférica que é predominante na região do Chaco (na América do Sul), por consequência do aquecimento da superfície, no caso, o verão, e tem a origem de uma massa de ar instável quente e seca. A massa tropical marítima (mT) se dá sobre os oceanos Atlântico e Pacífico e está associada aos anticiclones do Atlântico e do Pacífico sul. A massa polar marítima (mP) encontra-se associada aos anticiclones migratórios que se localizam na região subantártica. A massa antártica continental (cA) tem origem sobre o continente antártico e nas áreas adjacentes com gelo em todo o ano (ALMEIDA, 2016).

Os estudos sobre as massas de ar, das frentes e das massas de ar atuantes no mundo são essenciais para nosso entendimento sobre os sistemas atmosféricos. Agora se faz necessário estudarmos as massas de ar atuantes no Brasil.

As massas de ar equatoriais (mEc) têm sua origem na faixa equatorial de pressões baixas. Elas são instáveis, com elevadas temperatura e umidade, e encontram-se associadas à pequena amplitude térmica anual. Uma forte convecção no interior da massa gera a condensação do vapor de água, da nebulosidade constante e das chuvas abundantes (TORRES; MACHADO, 2008).

A massa de ar equatorial continental (mEc) tem sua causa na baixa pressão da região Amazônica, formando-se sobre o continente aquecido onde dominam as calmarias e os ventos fracos, inclusive no verão. Nessa estação, o continente é um centro quente para o qual se dirigem os ventos oceânicos, tornando-se elevada a umidade do ar, característica principal da formação das nuvens *cumulonimbus* e das precipitações abundantes. Nos meses que compreendem o verão e outono, as chuvas ocorrem quase que diariamente e de forma abundante (FIORIN; DALROSS, 2015).

A massa de ar equatorial atlântica (mEa) tem sua ocorrência tanto no Hemisfério Norte quanto no Hemisfério Sul. Esta massa de ar é tratada conjuntamente com as massas de ar tropicais, pois são

constituídas pelos ventos alísios boreais e austrais. Elas são comuns aos dois hemisférios e tem sua formação sobre o Oceano Atlântico, sendo quentes e úmidas (TORRES; MACHADO, 2008).

As massas de ar tropicais estão associadas aos anticiclones do Atlântico e do Pacífico. A pequena umidade presente nessas massas de ar formam as chuvas leves de origem orográfica, que ocorrem próximo do litoral. Essas massas de ar se limitam ao sul do Brasil com as massas polares, originando as frentes polares (TORRES; MACHADO, 2008).

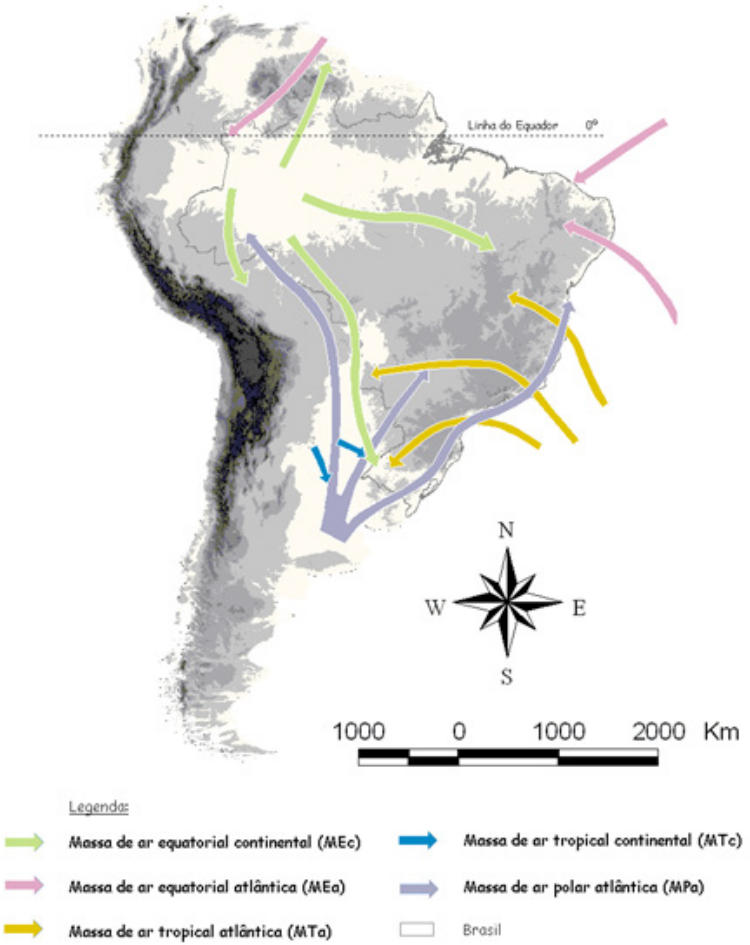
A massa de ar tropical continental (mTc) tem sua importância desde o final da primavera até o início do outono, no Hemisfério Sul. Encontra-se associada à formação de uma depressão na região do Chaco, devido a um intenso aquecimento na superfície continental na estação quente do ano. Este aquecimento origina uma massa quente, muito seca e instável. Pelo baixo teor de umidade do ar, não existe a ocorrência de formação de nuvens e precipitação. Tais consequências se dão em presença dessa massa, como em dias muito ensolarados, com aquecimento intenso durante o dia e resfriamento intenso no período da noturno, que, por sua vez, estão condicionados à baixa umidade do ar (TORRES; MACHADO, 2008).

A massa de ar tropical do Atlântico Sul (mTa) atua durante o ano todo no Brasil, atingindo o litoral brasileiro. Ela se forma na região marítima quente do Atlântico Sul, por ser uma massa marítima recebe calor e umidade na superfície (TORRES; MACHADO, 2008).

Essa massa de ar é pouco espessa e pouco vapor da água consegue se acumular durante o seu trajeto sobre o oceano. O vapor de água acumulado nessa massa de ar origina as nuvens de pequeno desenvolvimento vertical, provocando precipitações leves por efeito orográfico. No interior do continente essa massa de ar caracteriza-se pela forte insolação e pela grande amplitude térmica diária (TORRES; MACHADO, 2008).

A massa de ar polar atlântica (mPa) encontra-se associada aos anticiclones formados na região subantártica, que no inverno é ocupada por gelos flutuantes e banquisas, que são produzidas pelo congelamento das águas do oceano. Esta massa de ar apresenta ar frio, seco e estável. Ela propicia tempo frio e causa o fenômeno geada, principalmente na região sul do Brasil. A trajetória da mPa provoca precipitações do tipo frontal (TORRES; MACHADO, 2008).

Figura 2.8 | Massas de ar atuantes no Brasil e na América do Sul



Fonte: Jorge (2015, p. 54).

Devido ao tipo de relevo brasileiro, principalmente na região sul, a mPa consegue avançar no território nacional durante o inverno no Hemisfério Sul, atingindo todas as regiões de forma direta ou indireta. A mPa avança sobre o Brasil por três situações distintas. A primeira é que a mPa chega pelo litoral e causa chuvas ao longo deste, chegando até o nordeste brasileiro provocando as chuvas frontais quando se encontra com uma mTa. A segunda é responsável pelas geadas nos estados do Sul e em São Paulo, bem como pelos ventos

frios e da queda de neve nas regiões mais elevadas. A região sul do Brasil é a que apresenta a maior frequência e regularidade, chegando ao Rio Grande do Sul (RS) uma mPa ou mais por semana. A terceira refere-se ao relevo do Planalto Central Brasileiro atingindo o norte do Mato Grosso, chegando até Rondônia, Acre e sul do Amazonas, e nestas regiões provoca o fenômeno chamado de friagem, que pode durar até quatro dias (TORRES; MACHADO, 2008).

Assim, destacamos que as massas de ar e as frentes são os fatores que mais dinamizam o clima de uma determinada região, uma vez que influenciam de forma direta a intensidade e distribuição das precipitações pluviométricas, o comportamento dos ventos e as temperaturas máximas e mínimas.

Sem medo de errar

Como técnico da CATI, você identificou a necessidade de compreender como ocorrem chuvas na região de Ribeirão Preto, em São Paulo, em pleno período de estiagem, sendo que este fenômeno se relaciona à influência dos rios voadores na agricultura. Diante disso, você precisa responder aos seguintes questionamentos: que fenômeno é este dos "rios voadores", responsável pela chuva mesmo em períodos de estiagem na região de Ribeirão Preto? Qual a natureza desse fenômeno? E qual a sua importância nos cultivos agrícolas realizados em Ribeirão Preto e região?

Portanto, durante uma das reuniões com os agricultores, você lhes apresenta o fenômeno "rios voadores" e como este interfere na agricultura. Neste momento, você mostra a Figura 2.9:

Figura 2.9 | Caminho dos rios voadores

Fonte: <https://bit.ly/2LdtrLt>. Acesso em: 25 maio 2018.

"Rios voadores" são cursos de água atmosféricos, formados por **massas de ar** carregadas de vapor de água, acompanhadas por nuvens e empurrados pelos ventos. Essa umidade, em condições meteorológicas propícias, funciona como uma **frente fria** vinda do sul do Brasil, ou seja, ela se transforma em chuva. É devido a esse transporte de grandes quantidades de vapor de água pelas correntes

aéreas que tal fenômeno recebe o nome de rios voadores. Os rios voadores são um fenômeno climático de grande impacto para a sustentabilidade agrícola do Brasil, propiciando a ocorrência de chuvas em áreas como o Centro-Oeste, o Sudeste e o Sul do Brasil.

Esse fenômeno é muito importante para a agricultura brasileira e sua formação está diretamente associada às massas de ar e a formação das frentes que ocorrem no país. Nas regiões mais secas, os rios voadores agem como interruptores dos longos períodos de estiagem, favorecendo a agricultura. Assim, seu monitoramento pode ser realizado por modelos, com base em dados diários sobre o fenômeno nas cidades que fazem parte da pesquisa.

Dessa maneira, é possível analisar os muitos cultivares agrícolas realizados em Ribeirão Preto e região, destacando-se o milho, a soja e a cana-de-açúcar, que necessitam de condições ideais de precipitação pluviométrica para o seu plantio. Como técnico da CATI, você pode orientar os agricultores na análise desses regimes pluviométricos, informando a sua relação com as massas de ar que atuam na América do Sul (a partir da análise do mapa que aparece na Figura 2.8 deste material).

Ao comparar o movimento dos rios voadores e das massas de ar, é possível analisar o regime pluviométrico de uma determinada região e, assim, avaliar as inferências necessárias. Essas ferramentas são fundamentais para o agricultor realizar seu planejamento. No nosso exemplo, no caso de Ribeirão Preto (e de muitas outras localidades), é possível comparar com os dados de previsão de tempo e verificar como estão as situações na região.

Avançando na prática

O que ocorre com o clima após a passagem de uma frente fria?

Descrição da situação-problema

Você, como engenheiro florestal da prefeitura de Alegrete, localizada no oeste do estado do Rio Grande do Sul, precisa planejar e organizar uma equipe de colaboradores para realizar uma vistoria e o cadastramento das árvores existentes nas praças do município.

Como a atividade a ser realizada pelos colaboradores é ao ar livre, você necessita levar em consideração as condições climáticas adequadas, uma vez que nos encontramos na estação de inverno.

Figura 2.10 | Localização do município de Alegrete, estado do Rio Grande do Sul

Fonte: <https://bit.ly/2zxHOsu>. Acesso em: 7 jun. 2018.

Para isso, você está acompanhando a previsão do tempo com o objetivo de planejar o melhor período para a realização da vistoria, e identificou que nos próximos dias haverá a passagem de uma frente fria. Desta forma, o que acontece com o tempo atmosférico com a passagem de uma frente fria?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, você, como engenheiro florestal do município de Alegrete, deve observar que a frente fria ocorre quando a

sua passagem por um determinado local da Terra substitui o ar quente pelo frio.

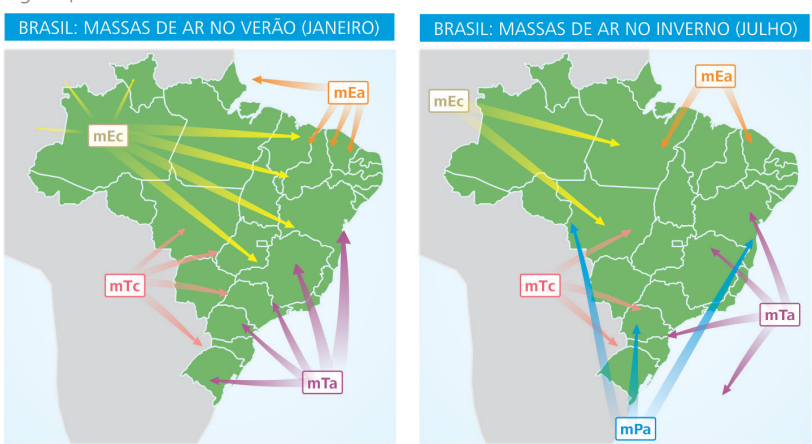
Após a passagem de uma frente fria é possível observar que um tempo bom sucede a ocorrência da chuva, há uma queda acentuada da temperatura, é registrado um aumento do gradiente da pressão atmosférica e são observadas as ocorrências das rajadas de ventos.

Portanto, você pode planejar a vistoria e o cadastramento das árvores existentes nas praças de Alegrete após a passagem da frente fria, porém deve comunicar a sua equipe de colaboradores que eles precisam se prevenir da baixa temperatura e dos ventos com vestimentas adequadas para a atividade ao ar livre, prevenindo, portanto, a ocorrência dos casos de doença respiratória.

Faça valer a pena

1. As massas de ar são consideradas grandes porções da atmosfera que, ao se deslocarem de forma lenta ou estacionarem sobre uma determinada região, adquirem, assim, as características de temperatura e umidade da região (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). Uma das massas de maior atuação no território brasileiro é a massa equatorial continental que é originária da Amazônia, conforme demonstrado na Figura que segue:

Figura | Massas de ar atuantes no Brasil



Fonte: Fiorin e Dal Ross (2015, p. 40).

Com base no exposto, assinale a alternativa que apresenta corretamente as características da massa equatorial continental (mEc):

a) Associa-se aos anticiclones migratórios que estão localizados na região subantártica.
b) Apresenta característica termodinâmica quente, úmida e chuva abundante no verão e outono.
c) Está associada aos anticiclones do Atlântico e do Pacífico Sul.
d) Ocorre sobre os oceanos Atlântico e Pacífico; é resultante da convergência dos ventos alísios.
e) É associada à baixa pressão atmosférica predominante sobre a Região do Chaco.

2. Leia atentamente ao excerto de texto que segue:

> **Uma frente é uma zona de transição entre duas massas de ar com características distintas de densidade e temperatura. Quando ocorre o encontro de duas massas de ar, inicialmente elas se mantêm individualizadas, e, portanto, no primeiro momento não se misturam. O contato entre elas forma uma camada de transição, geralmente com vários quilômetros de espessura, chamada de superfície frontal. (ALMEIDA, 2016, p. 154-155)**

As frentes são classificadas pelo movimento relativo das massas de ar quente e frio. São quatro as classificações das frentes: quente, fria, oclusa e estacionária. Sobre as frentes, julgue as assertivas a seguir como (V) verdadeiras ou (F) falsas:
( ) A frente estacionária é toda a descontinuidade frontal que apresenta um pequeno deslocamento vertical.
( ) Uma frente quente assim o será quando em sua passagem por um local da superfície da Terra substitui o ar frio que existia por ar quente.
( ) Uma frente fria assim o será quando em sua passagem por um local da superfície da Terra substituir o ar quente que existia por ar frio.
( ) A frente oclusa, também chamada de fenômeno de oclusão, ocorre quando uma frente fria ou quente não se altera.

Com base nas características de uma frente, escolha a alternativa que apresenta a sequência correta de verdadeiros (V) e falsos (F):

a) F-V-V-F.
b) V-V-V-F.
c) F-V-F-F.
d) V-F-V-F.
e) F-F-V-V.

3. Leia atentamente ao excerto de texto que segue:

> **As massas de ar têm suas origens em áreas onde existem condições que favoreçam o desenvolvimento de vastos corpos de ar horizontais e uniformes. Tais áreas são geralmente extensas e fisicamente homogêneas. Deve haver também em tais áreas suficiente estagnação da circulação atmosférica para permitir que a massa de ar adquira a umidade e as propriedades térmicas da superfície adjacente. (AYOADE, 2011, p. 99)**

Com base nas informações do excerto de texto anterior, associe corretamente as informações seguintes:

1. mTa
2. mTc
3. mPa

A- Devido ao baixo teor de umidade do ar, não ocorre a formação de nuvens e precipitações.
B- O vapor acumulado se condensa dando origem a nuvens de pequeno desenvolvimento vertical, ocasionando precipitações leves por efeito orográfico.
C- Inicialmente, esta massa de ar apresenta ar frio, seco e estável, conforme se desloca sobre o oceano ganha calor e umidade.

Assinale a alternativa com a associação correta.

a) 1A - 2C - 3B.
b) 1C - 2B - 3A.
c) 1B - 2C - 3A.
d) 1B - 2A - 3C.
e) 1C -2A - 3B.

Seção 2.3

Regimes pluviométricos

Diálogo aberto

Nesta seção, você conhecerá as precipitações pluviométricas por meio de sua formação, os tipos de precipitações pluviométrica, os regimes pluviométricos brasileiros e os métodos para estimar a precipitação. Para desenvolver esses conteúdos, vamos lembrar que você é técnico na Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo. Portanto, parte de seu trabalho é observar o comportamento da precipitação ao longo do tempo. Essa observação é realizada pelo monitoramento das estações meteorológicas e as previsões de tempo atmosférico, que podem ser conferidas no site do INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/>), além dos aplicativos para celular também disponíveis pelo mesmo site. Você sabe que o conhecimento do regime pluviométrico garante o uso racional dos recursos hídricos. Por isso, seu gestor o designou para verificar a demanda de alguns municípios localizados na bacia hidrográfica do PCJ, que abrange os rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, no estado de São Paulo, com uma área total de 15.304 km^2, municípios cujos secretários de planejamento exigem um aumento significativo no financiamento para a irrigação suplementar.

Para a liberação desses financiamentos para os municípios, é preciso verificar quais são efetivamente as razões para tais pedidos e mais, se eles realmente procedem, ou seja, se há um embasamento para tanto. E esta é a sua tarefa como técnico da CATI. Como você poderá verificar se efetivamente há uma condição pluviométrica atípica nesses municípios localizados na área da PCJ que demande financiamentos para a irrigação suplementar? Como é possível, com o monitoramento da precipitação, chegar a tais conclusões e, assim, ser favorável ao financiamento ou apresentar um outro cenário?

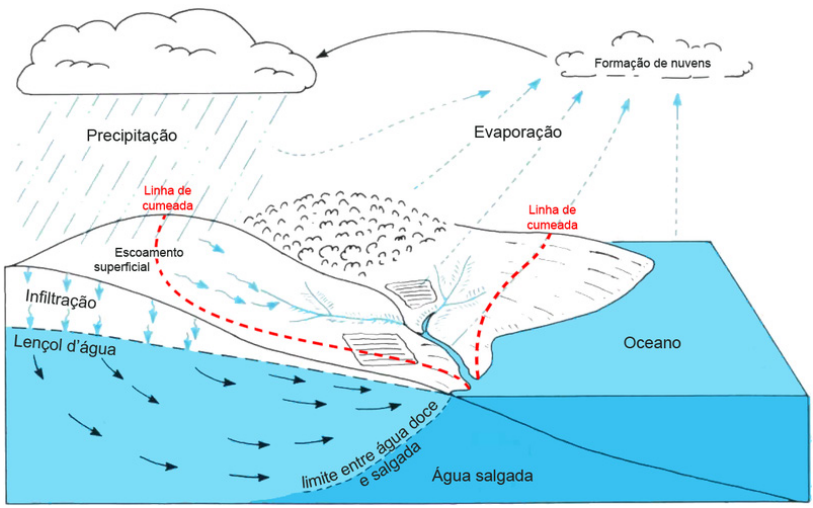
Estude os conteúdos da seção e os materiais complementares para compreender como solucionar os questionamentos da problemática apresentada. Bons estudos!

Não pode faltar

A precipitação é o resultado do contato entre uma nuvem saturada de vapor de água com uma camada de ar frio (FIORIN; DAL ROSS, 2015). Para Souza (2012, p. 16), "A precipitação é a principal forma de retorno da água para a superfície terrestre, após a ocorrência dos processos de evaporação e de condensação", podendo ocorrer de forma líquida ou sólida.

Para que ocorra a precipitação é preciso que o vapor da água se condense, passando do estado gasoso para o líquido, provocando a redução de sua temperatura (FIORIN, DAL ROSS, 2015). O ciclo hidrológico é um movimento de caráter contínuo da água entre a superfície terrestre, a oceânica e a atmosférica, conforme demonstrado na Figura 2.11.

Figura 2.11 | Ciclo hidrológico



Fonte: <https://bit.ly/2J9h3ud>. Acesso em: 9 jun. 2018.

Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007) destacam que a condensação sozinha não é suficiente para a geração da precipitação, pois as gotículas formadas por ela são muito pequenas. Para que ocorra a precipitação, é necessário que haja a formação de gotas maiores, cuja ocorrência se dá em função da coalescência das pequenas gotas. A coalescência é o resultado das diferenças de temperatura,

do tamanho, das cargas elétricas e dos movimentos turbulentos que ocorrem dentro das nuvens.

Portanto, quanto mais intensa for essa movimentação dentro das nuvens, maior é a probabilidade de haver choques entre as gotas, gerando gotas maiores, até que haja o limite da tensão superficial (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

A precipitação ocorre a partir do momento que a força gravitacional supera a força que mantém a umidade suspensa, e esta atinge o solo em forma líquida ou sólida. A forma líquida da precipitação é a chuva ou chuvisco/garoa; a forma sólida se dá por meio do granizo, saraiva e da neve, segundo Torres e Machado (2008).

Para Torres e Machado (2008), a **chuva** é considerada como a precipitação de partículas de água líquida; o **chuvisco**, a precipitação líquida em gotas de água muito pequenas, precipitação inferior a $1 mm/h$. Ainda segundo os autores, o **granizo** é definido como a precipitação de gelo em grãos redondos e cônicos, e a **saraiva** é classificada como a precipitação de pedras de gelo em formato mais ou menos oval. Já a **neve**, por sua vez, é formada quando ocorre a condensação em temperaturas muito baixas, de forma lenta e progressiva, em que o vapor da água passa diretamente para o estado sólido, e o gelo torna as formas cristalinas mais ou menos regulares, que constituem a neve.

Exemplificando

A região de Santa Catarina é a que mais sofre com a ocorrência de granizo nos pomares de maçã. Hoje em dia, existe uma tecnologia que permite detectar e prevenir as ocorrências nos pomares com o **sistema antigranizo**. Esse sistema é composto por radar meteorológico e foguetes que dissipam a ocorrência do granizo.

Figura 2.12 | Pomar de maçã

Fonte: <https://bit.ly/2ux9vfi>. Acesso em: 20 jun. 2018.

Figura 2.13 | Pomar de maçã atingido por granizo

Fonte: <https://bit.ly/2ueUcbZ>. Acesso em: 20 jun 2018.

A **precipitação** pode ser classificada em três principais tipos: convectivas ou de convecção, frontais ou ciclônicas e as orográficas ou de relevo (TORRES; MACHADO, 2008). As chuvas **convectivas** são formadas com base na ascensão de uma massa de ar úmida em regiões quentes. Este tipo de precipitação é

mais comum em áreas quentes e úmidas. Essas chuvas são mais corriqueiras no verão, quando, depois de atingida a temperatura máxima do dia e com sua posterior diminuição, no final da tarde ou no início da noite "despenca" em um forte aguaceiro de curta duração, acompanhado de descargas elétricas, relâmpagos e trovões (TORRES; MACHADO, 2008).

Figura 2.14 | Chuva de convecção

Fonte: Fiorin e Dal Ross (2015, p. 59).

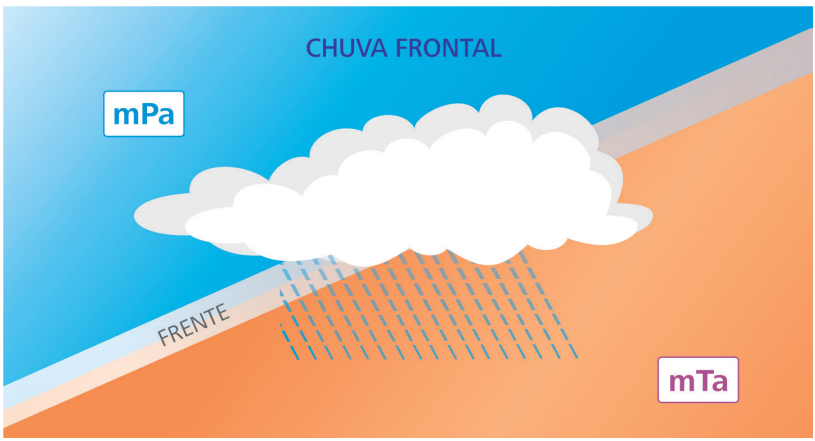
Assimile

As precipitações convectivas, dependendo de sua organização espacial, podem apresentar três subcategorias, conforme descrito por Ayoade:

> 1. Aguaceiros convectivos dispersos com duração de meia a uma hora, abrangendo uma área de aproximadamente 20 a $50km^2$ depois de ocorrer um intenso aquecimento solar da superfície do solo; principalmente no verão.
> 2. Aguaceiros convectivos organizados podem ser formados devido ao resultado de uma insolação intensa sobre as superfícies elevadas do terreno, nos trópicos ou quando ocorrerem massas de ar úmidas ou instáveis sobre superfícies mais quentes.
> 3. As nuvens cumulonimbus organizadas em torno do vórtice dos ciclones tropicais produzem intensa e prolongada precipitação por grandes áreas. (AYOADE, 2011, p. 162)

As **precipitações frontais**, também conhecidas por **precipitações ciclônicas**, encontram-se associadas à instabilidade que são causadas pelo encontro de duas massas de ar com características térmicas distintas. A precipitação frontal é uma precipitação, moderadamente intensa e contínua, afetando áreas bastante extensas. Elas são mais comuns em regiões de médias altitudes, geralmente pelo encontro de massas de ar com características opostas (TORRES; MACHADO, 2008).

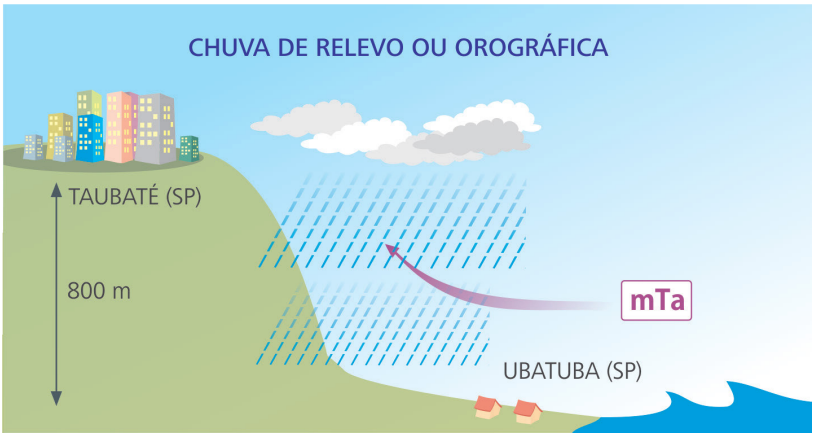
Figura 2.15 | Chuva frontal, onde mPa = Massa Polar Atlântica e mTa = Massa Tropical Atlântica



Fonte: Fiorin e Dal Ross (2015, p. 58).

As chuvas **orográficas** ocorrem pela ascensão forçada dos ventos úmidos ante um obstáculo do relevo. O ar se eleva para transpor o obstáculo, resfria-se pela altitude, podendo saturar-se. As vertentes do obstáculo voltadas para o vento ficam cobertas de nuvens, que, ao se precipitarem, formam a chuva. Do outro lado do obstáculo, o ar descendente é seco e em geral frio, com suas características iniciais modificadas (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

Figura 2.16 | Chuva de relevo ou orográfica. mTa = Massa Tropical Atlântica



Fonte: Fiorin e Dal Ross (2015, p. 58).

Exemplificando

A ocorrência da precipitação orográfica costuma ser intermitente e fina, sendo comum nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, onde as serras e chapadas dificultam a penetração das massas de ar provenientes do oceano Atlântico no interior do continente. Dentre os impactos causados pela intensificação da precipitação orográfica, destaca-se a ocorrência de escorregamento de encostas. Na região da Baixada Santista, por exemplo, entre março de 1991 e março de 1995, foram registrados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) cinco casos de escorregamentos devidos à intensificação das chuvas orográficas (BLANCO; MASSAMBONI, 2000).

Além da precipitação e dos tipos de chuva, é preciso estudar os regimes pluviométricos. **Regime pluviométrico** é o nome dado para a forma de distribuição das chuvas nos doze meses do ano, como destaca Ayoade (2011). Para este autor, podem ser reconhecidos os seguintes regimes pluviométricos:

- **Regimes monçônicos:** as precipitações se concentram principalmente no verão, sendo o inverno muito seco.
- **Regime isoigro:** as precipitações do semestre frio ocorrem de forma similar ao semestre quente, ou seja, as chuvas são bem distribuídas no ano.

- **Regime equatorial:** as precipitações são frequentes e ocorrem durante todo o ano, e sua origem é amplamente convectiva.
- **Regime mediterrâneo:** a precipitação é principalmente ciclônica e ocorre no inverno. O verão é seco.

Reflita

As variações nos regimes de precipitações pluviométricas refletem a dinâmica atmosférica de uma dada região. Portanto, o conhecimento do regime pluviométrico de um determinado local é fundamental para se caracterizar o clima e sua influência nas atividades econômicas e sociais.

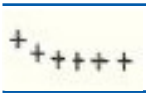
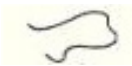
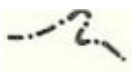
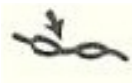
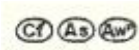
OLIVEIRA FILHO, J. C. et al. Caracterização do regime pluviométrico da região do projeto Rio Formoso na bacia do Araguaia, TO., Brasil. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 2, p. 221-221, abr./jun. 2001. Disponível em: <https://bit.ly/2thTDwI>. Acesso em: 19 jun. 2018.

Para você, qual a importância de se caracterizar os regimes de precipitação pluviométrica para uma região?

Na Figura 2.17, Andrade (1972) apud Zavattini e Fratianni (2012) apresentam o mapa dos regimes pluviométricos brasileiros, demonstrando a expansão máxima anual das chuvas das latitudes médias, a isoieta anual de 750 mm, bem como as classificações climáticas de Köppen que demonstram as regiões com climas chuvosos.

Figura 2.17 | Os regimes pluviométricos do Brasil

Legenda:

	Área de instabilidade permanente atual.
	Fronteiras da expansão máxima anual das chuvas de verão (diástole da Ec)
	Limites meridional e ocidental da área de ocorrência da floresta amazônica.
	Isoieta anual de 750 mm
	Áreas afetadas pelo regime de chuvas das latitudes médias.
	Limites (dezembro-março-junho) das oscilações, na costa, da cintura dos doldrums (Frente Intertropical)
	Indicam os regimes pluviométricos sob a influência das descargas da Frente Polar Atlântica.

Fonte: adaptado de Andrade (1972) apud Zavattini e Fratianni (2012, p.1233).

Pesquise mais

As alterações nos regimes pluviométricos ocorrem por diversos fatores como a temperatura, a insolação, a maritimidade, a continentalidade, a dinâmica das massas de ar, dentre outros. No artigo indicado a seguir, você encontrará um estudo que aborda a caracterização do regime pluviométrico no município de Marechal Candido Rondon, no Paraná. A leitura nos permite inferir acerca da importância da vegetação para a determinação dos regimes pluviométricos e também uma averiguação acerca da posição geográfica. Esse estudo também pode servir como exemplo para a análise do regime pluviométrico em outras regiões.

EWALD, K. H.; LIMBERGER, L. Caracterização do regime pluviométrico no município de Marechal Cândido Rondon - PR entre os anos 1941 a 2008. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DOS ESPAÇOS DE FRONTEIRA; III SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE TERRITÓRIO,

FRONTEIRA E CULTURA; VIII EXPEDIÇÃO GEOGRÁFICA DA UNIOESTE: ESPAÇOS DE FRONTEIRA - TERRITÓRIO E AMBIENTE. Marechal Candido Rondon. 2011. **Anais**... Marechal Candido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Disponível em: <https://bit.ly/2KQ5z4t>. Acesso em: 14 maio 2018.

O estudo sobre os métodos para estimativa da precipitação média por região é fundamental no trabalho com os regimes pluviométricos. Portanto, para estimar a precipitação, utilizamos observações de postos dentro de uma superfície ou em suas vizinhanças. São vários os métodos utilizados para estimar a precipitação, sendo os mais comuns: a **média aritmética**, os **polígonos de Thiessen** e o **método das isoietas**, conforme descreve Camurça (2011) e Bertoni e Tucci (2002).

A média aritmética é o método mais simples para se estimar a precipitação, e consiste na média dos registros dos valores de precipitação. Este método sofre influência dos valores extremos e se apresenta de forma satisfatória quando a distribuição da amostra é uniforme. (CAMURÇA, 2011)

O **método dos polígonos de Thiessen** caracteriza-se pela atribuição de pesos relativos aos postos mais representativos de uma área específica. O método de Thiessen determina que em qualquer ponto da bacia o valor é idêntico à média no posto pluviométrico mais próximo. Desta forma, o registro da altura em um posto é aplicado em outros pontos, desde que eles estejam em até meia distância a outro posto (CAMURÇA, 2011). A expressão matemática utilizada para os cálculos da precipitação média em uma bacia pelo método de Thiessen é:

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i P_i}{A}$$

Onde:

P = precipitação média na bacia (mm).

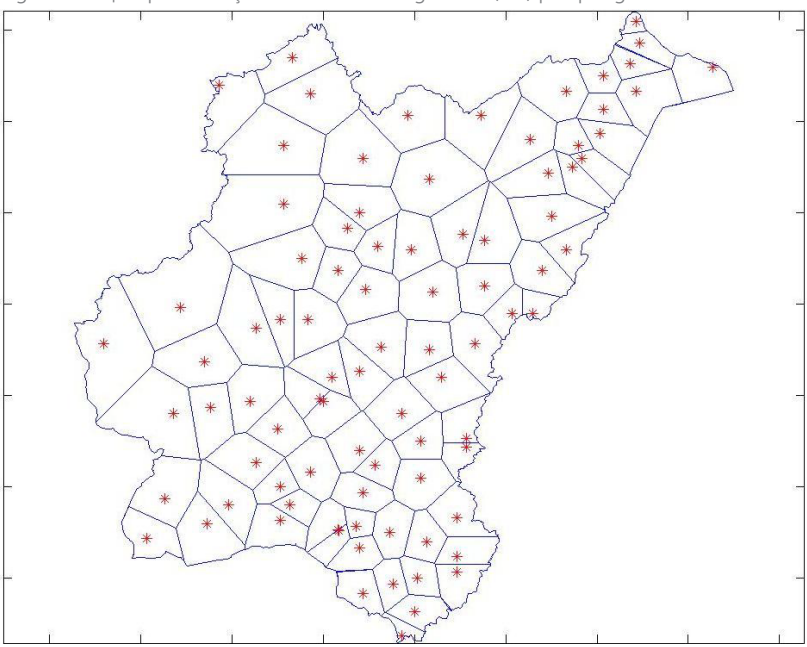
P_i = precipitação no posto i (mm).

A_i = área do respectivo polígono, dentro da bacia km^2.

A = área total da bacia.

Na Figura 2.18 segue como exemplo uma representação da bacia do Jaguaribe (CE) por polígonos de Thiessen desenvolvido por Camurça (2011).

Figura 2.18 | Representação da bacia do Jaguaribe (CE) por polígonos de Thiessen



Fonte: Camurça (2011, p. 19).

O **método das isoietas** consiste na determinação das linhas de igual pluviosidade, chamadas de isoietas. O valor da precipitação média sobre uma bacia é obtido pela multiplicação da área em cada par de isoietas pela média da precipitação entre elas, dividindo-se pela área total. O procedimento deve ser realizado para todas as isoietas consideradas na bacia (BERTONI; TUCCI, 2002; CAMURÇA, 2011). Para a interpolação é utilizado o inverso do quadrado da distância, e realizada com a seguinte expressão matemática:

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i-1}^{n} \frac{1}{d_i^2} P_i}{\sum_{i=n}^{n} \frac{1}{d_i^2}}$$

Onde:

P_i = valor da variável na localidade vizinha.

d_i = distância euclidiana entre o ponto de vizinhança e o ponto amostrado.

Pesquise mais

Em Veloso et al. (2015) você encontra um estudo sobre a pluviometria da bacia do rio São Miguel, em Minas Gerais. Neste estudo, o objetivo dos autores foi a aplicação do método de preenchimento de falhas pela ponderação regional, cálculo da precipitação média para a bacia pelos polígonos de Thiessen e Isoietas.

VELOSO, S. G. S.; SANTOS, D. L.; FERREIRA FILHO, J. G. A. Pluviometria da bacia do Rio São Miguel em Minas Gerais, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 11 n. 22; p. 2383, dez. 2015. Disponível em: <https://goo.gl/CKmD1q>. Acesso em: 13 maio 2018.

Os métodos para estimar a precipitação pluviométrica permitem o conhecimento da distribuição geográfica da precipitação de uma região, caracterizando-o em clima seco ou úmido. Além disso, os métodos de estimação da precipitação podem ser utilizados para compor análises de previsão e estudos climáticos.

Sem medo de errar

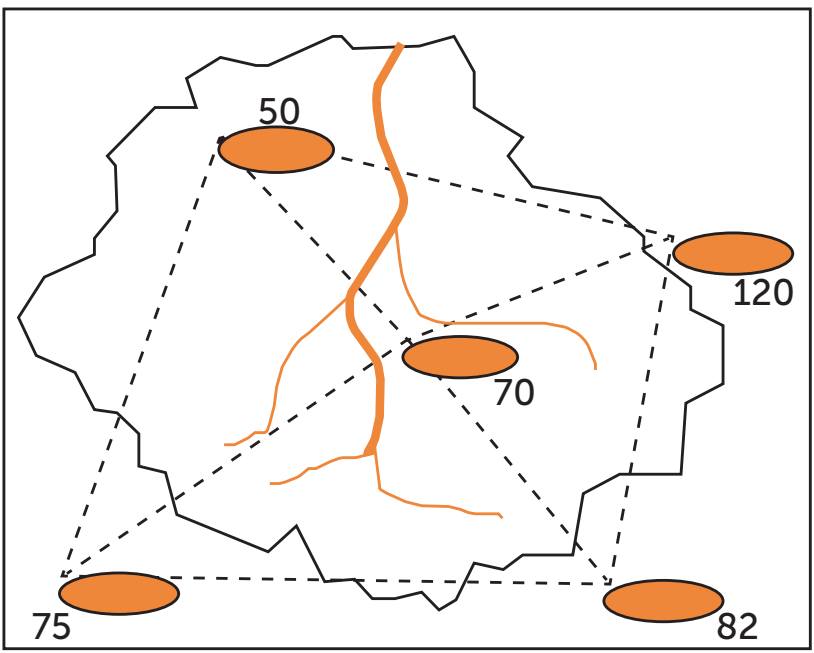
Diante do aumento da demanda por financiamento para irrigação suplementar em alguns municípios das Bacias do PCJ, você precisa averiguar se realmente aconteceu algo que justifique essa demanda. Para isso, na função de técnico da CATI, você verificou a necessidade de estimar o regime pluviométrico para a bacia hidrográfica de PCJ. Neste sentido, como estimar a precipitação para tal área com o método de Thiessen associado às técnicas de SIG (Sistema de Informação Geográfica)?

Para que seja possível realizar a estimativa pelo método de Thiessen, você deverá determinar um número de estações pluviométricas (chamadas de postos), por exemplo, oito estações,

do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/>), de maneira que a área da bacia hidrográfica fique inserida entre as estações. Para realizar o cálculo dos polígonos de Thiessen, vamos usar o modelo apresentado por Teixeira (2010) e demonstrado a seguir.

1. Primeiro, trace linhas que unam os postos pluviométricos mais próximos, conforme apresentado na Figura 2.19.

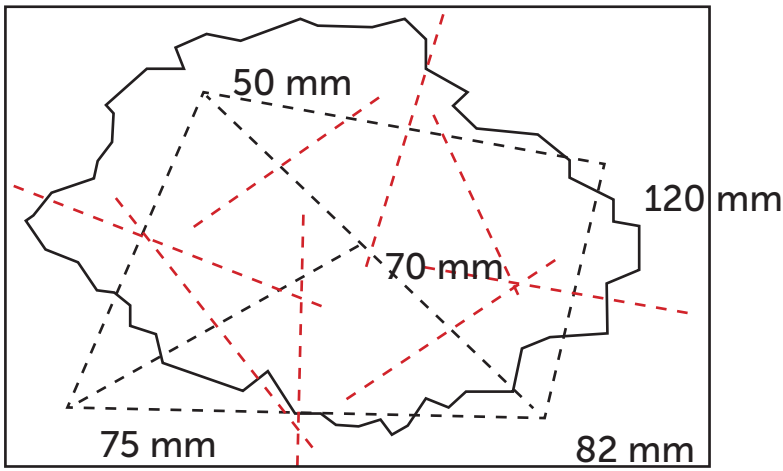
Figura 2.19 | Linhas que unem todos os postos (estações pluviométricas) em uma área para o cálculo dos polígonos de Thiessen



Fonte: Teixeira (2010, p. 48).

2. Após traçar as linhas, é preciso identificar o ponto médio (meio) de cada uma delas e, a partir desse ponto, trace uma linha perpendicular, como no exemplo da Figura 2.20, nas linhas pontilhadas em vermelho.

Figura 2.20 | Identificação do ponto médio e tracejado das linhas perpendiculares



Fonte: Teixeira (2010, p. 49).

3. A intercepção das linhas médias é que determina a área de influência de cada um dos postos. Após a intercepção, é necessário medir a área de influência de cada posto.

Observação: Para medir a área de cada posto você precisa realizar o cálculo das áreas de influência de cada posto, levando em consideração que o total da área é de 100 km^2. Para este cálculo, meça a largura, comprimento (quando necessário inclua a altura) e multiplique os dados. Não se esqueça de realizar a conversão de centímetros para quilômetros quadrados. Após o cálculo, há a opção de trabalhar com o percentual de área. Observe o exemplo desenvolvido por Teixeira (2010).

Portanto:

A área sobre a influência do posto com 120mm é de 15 km^2 ou 15 %;

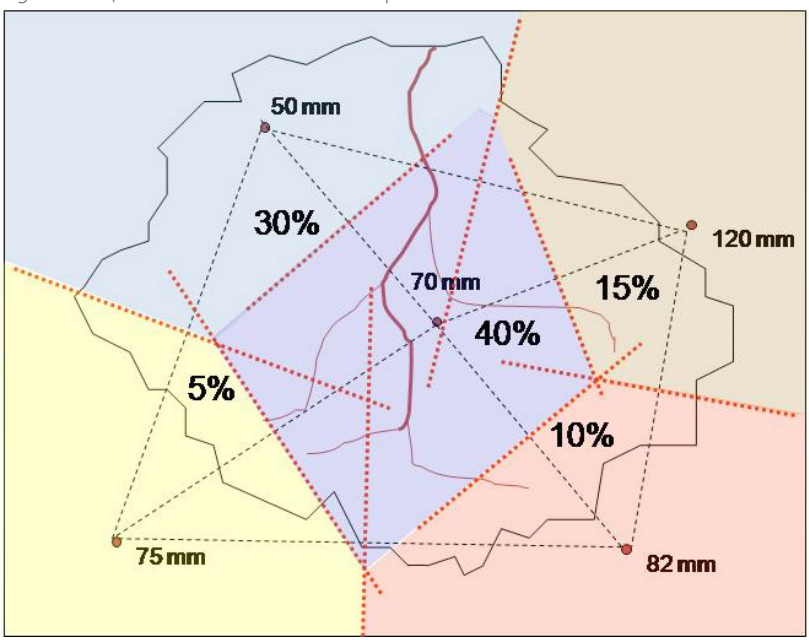
A área sobre a influência do posto com 70mm é de 40 km^2 ou 40 %;

A área sobre a influência do posto com 50mm é de 30 km^2 ou 30 %;

A área sobre a influência do posto com 75mm é de 5 km^2 ou 5 %;

A área sobre a influência do posto com 82mm é de 10 km^2 ou 10 %;

Figura 2.21 | Área de influência de cada posto



Fonte: Fragoso Júnior e Neves ([s.d.]).

4. Neste momento, calcule a precipitação média de uma determinada área que é dada por:

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i P_i}{A}$$

Onde:

P = precipitação média na bacia (mm).

P_i = precipitação no posto i (mm).

A_i = área do respectivo polígono, dentro da bacia km^2.

A = área total da bacia.

Observe o desenvolvimento do cálculo

$$\overline{P} = 120 \times \frac{15}{100} + 70 \times \frac{40}{100} + 50 \times \frac{30}{100} + 75 \times \frac{5}{100} + 82 \times \frac{10}{100}$$

$$\overline{P} = 73mm$$

Para o procedimento em SIG você deve confeccionar uma tabela, onde a coluna A representa o X que trata da latitude; a coluna B representa Y sendo a longitude e a coluna C refere-se aos dados de precipitação média calculada anteriormente para cada ponto.

Para o SIG procure escolher um dos softwares livres, como o QGIS. Faça a importação da tabela, defina a projeção cartográfica para SIRGAS 2000 e faça a conversão dos dados em formato shp (*shapefile*), depois, a confecção de polígonos e, para finalizar, não se esqueça de realizar a edição do mapa.

Ao estimar a precipitação média, você consegue analisar as condições pluviométricas de uma dada região. Isso propicia a elaboração de estudos de regimes pluviométricos e de demandas de uma bacia hidrográfica e assim verificar se há ou não a necessidade, no nosso exemplo, de irrigação suplementar.

Avançando na prática

Detecção e prevenção de granizo em pomares de maçã

Descrição da situação-problema

A detecção e a prevenção da ocorrência de granizo nos pomares de maçã no município de Fraiburgo, estado de Santa Catarina,

foram desafios enfrentados por muitos anos pelos produtores rurais. A cada ocorrência de granizo, a produção da maçã poderia somente ser usada para a fabricação de doces, sidras e outros. Portanto, as frutas, após o impacto dos granizos, não poderiam ser comercializadas *in natura*.

Para evitar tantos prejuízos, um grupo de produtores de maçã decidiu investir em uma tecnologia que permitisse uma melhor previsão e prevenção das ocorrências do granizo, e para isso eles adquiriram o radar e foguetes, equipamento que, segundo os técnicos, seria o ideal para essa tarefa. Como geógrafo, especialista em meteorologia, você foi contratado para implementar o uso desse equipamento. Como isto poderá ser feito?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, é preciso entender que a implementação desse equipamento permitirá a realização de previsões de ocorrência de chuvas e de granizo com maior eficácia, evitando que ocorram perdas na produção da maçã.

Este sistema é composto por um radar que auxilia na previsão da ocorrência do granizo. Sua eficácia, na detecção da chuva, ocorre em um raio de 300 quilômetros e na detecção de granizo, em um raio de 100 quilômetros, ou seja, quase todo o estado de Santa Catarina e parte dos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul.

O radar é munido de imagens de satélite meteorológico e de dados meteorológicos, incluindo aplicações de técnicas de geoprocessamento, que permitem que sejam realizadas as previsões de ocorrência de precipitações e das ocorrências de granizos. Com base nas informações geradas, você deverá emitir alerta, via rádio ou mensagens via celular, informando aos produtores sobre a possibilidade de ocorrer a queda de granizo, sendo então necessário o lançamento de foguete nessas áreas.

Após a detecção da probabilidade de ocorrência do granizo, são lançados os foguetes que atuam da seguinte forma: após o lançamento, eles explodem a certa altitude (determinado com base

na altura da nuvem) e lançam diversas substâncias químicas, em especial o iodeto de prata, que age como um núcleo de condensação, evitando a formação e granizo de grandes dimensões. Portanto, o granizo não é quebrado ou destruído, somente diminuído em seu tamanho, permitindo que ao caírem eles se transformem em chuva.

Pesquise mais

Para mais informações: BRANDT, M. Notas sobre a detecção e a prevenção do granizo nos pomares de maçã do município de Fraiburgo – SC. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 4, n. 2, p. 83-95 dez./2006. Disponível em: <https://bit.ly/2mfhVnN>. Acesso em: 17 jun. 2018.

Faça valer a pena

1. Leia atentamente ao excerto de trecho a seguir:
"A precipitação frontal é causada por um movimento vertical do ar em grande escala, associado com sistemas de baixa pressão como as depressões. A precipitação é moderadamente _____ , _____ e afeta áreas muito extensas à medida que a _____ se desloca" (AYOADE, 2011, p. 163).

Assinale a alternativa que preenche corretamente, respectivamente, as lacunas do texto-base:

a) Depressão - moderada – contínua.
b) Intensa- prolongada – depressão.
c) Intensa- contínua – depressão.
d) Prolongada- depressão – fraca.
e) Depressão - intensa – contínua.

2.

> As precipitações podem ser subdivididas em 3 tipos distintos, que são: convectivas, ciclônicas ou frontais e as orográficas. A precipitação orográfica é aquela que é causada pela elevação do ar úmido sobre um terreno elevado. O grau de influência das montanhas na precipitação dependerá de seu tamanho, do seu alinhamento relativo aos ventos portadores de chuva e da umidade das massas de ar. (AYOADE, 2011, p. 163)

Considerando o texto anterior, avalie as seguintes afirmações sobre a precipitação orográfica:
I- As nuvens *cumulonimbus* organizadas em torno do vórtice do ciclone tropical proporcionam a precipitação intensa e prolongada.
II- As montanhas provocam instabilidade condicional ao favorecer um deslocamento inicial à corrente do ar pelo aquecimento diferencial das vertentes das montanhas.
III- As montanhas influenciam a precipitação pelo retardamento friccional de uma corrente de ar que se movimenta do oceano para o continente.
IV- A precipitação orográfica é causada devido ao movimento vertical de uma massa de ar ascendente, que é mais quente do que o meio ambiente.

É correto APENAS o que se afirma em:

a) I e II.
b) II e III.
c) III e IV.
d) I e IV.
e) II e IV.

3.

> **A precipitação é o resultado de um contato de uma nuvem saturada de vapor da água com uma camada de ar frio. Para que a chuva ocorra, o vapor da água além de atingir o ponto de saturação a água precisa se condensar, passando do estado gasoso para o estado líquido, causando a redução da sua temperatura. (FIORIN; DAL ROSS, 2015, p. 57)**

Considerando os principais conceitos sobre os tipos de precipitação pluviométrica, estabeleça a relação entre o termo e seu respectivo conceito:
1. Precipitação convectiva.
2. Precipitação ciclônica.
3. Precipitação orográfica.

A- Precipitação de duração mais prolongada, com intensidade moderada a fraca, ocorrendo em extensas áreas.
B- Esta precipitação está sempre associada a baixa intensidade, com curta duração e ocorrência do lado do sentido do vento.
C- Esta precipitação é do tipo de tempestades de elevada intensidade com trovões, ventos fortes, relâmpagos e frequentemente com granizos.

Assinale a alternativa com a associação correta:

a) 1A - 2B - 3C.
b) 1B - 2C - 3A.
c) 1C- 2B - 3A.
d) 1C - 2A - 3B.
e) 1B - 2A - 3C.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Hidroweb**. [S.l., s.d.]. Disponível em: <https://bit.ly/2lTodm3>. Acesso em: 22 maio 2018.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à geografia.** Campina Grande. EDUEPB, 2016. 317 p.

ANDRADE, G. O. Os climas. In: **Brasil, a terra e o homem.** Azevedo, A. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1972. v. 1, p. 398-462.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 332 p.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia**: Ciência e Aplicação. Capítulo 5 – Precipitação. Porto Alegre: Ed. Universidade ABRH/EDUSP, 2002. v. 4. 943 p. Coleção ABRH de Recursos Hídricos.

BLANCO, C. M. R.; MASSAMBANI, O. Processos de intensificação orográfica da precipitação na Serra do Mar em São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000. Disponível em: <https://bit.ly/2JmaEvl>. Acesso em: 10 jun. 2018.

BORSATO, V. A., MENDONÇA, F. A de. A participação da massa tropical atlântica no estado do tempo no centro sul do Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p .293 – 304, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2KQC5TP>. Acesso em: 6 maio 2018.

BRANDT, M. Notas sobre a detecção e a prevenção do granizo nos pomares de maçã do município de Fraiburgo – SC. **Estudos Geográficos,** Rio Claro, v. 4, n. 2, p. 83-95 dez./2006. Disponível em: <https://bit.ly/2mfhVnN>. Acesso em: 17 jun. 2018.

CAMURÇA, P. J. **Cálculo da precipitação média de forma automática pelo método de Thiessen e avaliação da precipitação na bacia do Jaguaribe.** 2011. 76 p. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia Fortaleza, 2011.

CARVALHO, M. H. de; FEDOROVA, N. Estudo sobre frentes quentes que ocorrem no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, 257 - 272, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/2NJcCd7>. Acesso em: 6 maio 2018.

EWALD, K. H.; LIMBERGER, L. Caracterização do regime pluviométrico no município de Marechal Cândido Rondon - PR entre os anos 1941 A 2008. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DOS ESPAÇOS DE FRONTEIRA; III SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE TERRITÓRIO, FRONTEIRA E CULTURA; VIII EXPEDIÇÃO GEOGRÁFICA DA UNIOESTE: ESPAÇOS DE FRONTEIRA - TERRITÓRIO E AMBIENTE. Marechal Candido Rondon. 2011. **Anais**... Marechal Candido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/2KQ5z4t>. Acesso em: 14 maio 2018.

EXPEDIÇÃO RIO VOADORES. **Ribeirão Preto – SP.** [S.l., s.d.]. Disponível em: <http://riosvoadores.com.br/mapas-meteorologicos/localidades-monitoradas/ribeirao-preto/>. Acesso em: 07 jun. 2018

FIORIN, T. T.; DAL ROSS, M. **Climatologia agrícola.** – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede e-Tec Brasil, 2015. 82 p.

FRAGOSO JÚNIOR, C. R.; NEVES, M. G. F. P. **Hidrologia**. Universidade Federal de Alagoas. Curso de Tecnologia – CTEC. Módulo 3 - Precipitações, slide 122. Maceió, [s.d.]. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Hidrologia_M.htm>. Acesso em: 19 jun. 2018.

JORGE. F. V. **A dinâmica pluvial do clima subtropical:** variabilidade e tendência no Sul do Brasil. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2015. 181 p. Disponível em: <https://bit.ly/2mbokQV>. Acesso em: 24 maio 2018.

LANDAU, E. C.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, D. P. **Relações com o clima.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília, [s.d.]. Disponível em: <https://bit.ly/2z8uZol>. Acesso em: 22 maio 2018.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MOTA, D. Sistemas Frontais. **Jovem Explorador,** São Paulo, 2 jun. 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2uuQGta>. Acesso em: 24 maio 2018.

OLIVEIRA FILHO, J. C. et al. Caracterização do regime pluviométrico da região do projeto Rio Formoso na bacia do Araguaia, TO., Brasil. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 2, p. 221-221, abr./jun. 2001. Disponível em: <https://bit.ly/2thTDwI>. Acesso em: 19 jun. 2018.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Universidade de São Paulo. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciências Exatas, 2007. 202p.

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

SILVA R. W. C., PAULA B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Revista Terræ Didatica**, v.5, n.1, p. 42-49, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2kRF0MJ>. Acesso em: 24 abr. 2018.

SILVA, G. **Radiação Solar e Terrestre e o Balanço de Energia Global**. Universidade de São Paulo. São Paulo, [s.d]. Disponível em: <https://bit.ly/2lRqbdx>. Acesso em: 24 abr. 2018.

SILVA, R. W. C., PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Revista Terræ Didatica**, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2kRF0MJ>. Acesso em: 24 abr. 2018.

SOUZA, A. **Meteorologia e climatologia agrícola.** [S.l., s.d.]. Instituto Formação, 2012. 36 p.

TEIXEIRA, C. A. **Apostila de hidrologia aplicada**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Curitiba, 2010. 133 p. Disponível em: <https://bit.ly/2Ji4j4s>. Acessado em: 20 jun. 2018.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2008. 234p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. L. **Meteorologia descritiva:** fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1992. 374 p.

VELOSO, S. G. S.; SANTOS, D. L.; FERREIRA FILHO, J. G. A. Pluviometria da bacia do Rio São Miguel em Minas Gerais, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 2383, dez. 2015. Disponível em: <https://goo.gl/CKmD1q>. Acesso em: 13 maio 2018.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 460 p.

ZAVATTINI, J. A., FRATIANNI, S. Os climas regionais do Brasil (estudo preliminar). Climatologia: aportes teóricos, metodológicos e técnicos. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, v.1, n. 5, p. 1230-1244, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2uymQnC>. Acesso em: 9 jun. 2018.

Os fenômenos meteorológicos e suas implicações às populações humanas

Convite ao estudo

Olá! Estamos iniciando a terceira unidade de estudo da disciplina de Climatologia e Meteorologia. Neste momento, estudaremos os fenômenos meteorológicos e as suas implicações à população humana no que se refere aos impactos sociais, ambientais e econômicos nas regiões onde ocorrem. Serão abordados, portanto, os eventos espaciais e as perturbações atmosféricas, a introdução à biometeorologia e os impactos relacionados aos fenômenos meteorológicos. Ao estudarmos e analisarmos os fenômenos meteorológicos, será possível prever as consequências da ocorrência dos desastres e seus impactos.

Na primeira seção desta unidade de ensino, você estudará sobre o efeito estufa e os gases potencializadores. Em seguida, analisaremos a inversão térmica, seus fatores e efeitos, bem como os fenômenos do El Niño e da La Niña e seus impactos nas regiões brasileiras. E para finalizar essa seção, abordaremos a ciclogênese e as suas classificações. A segunda seção versa sobre a introdução à biometeorologia por meio dos conceitos e de suas definições, assim como o papel da termorregulação e do estresse. Você estudará sobre os fenômenos atmosféricos e sua influência na saúde humana, animal e vegetal, e concluiremos nossos estudos trabalhando o estresse climático, suas causas, definições e as implicações aos seres vivos, além dos seus efeitos sobre a saúde humana. A terceira seção, por sua vez, aborda o tema sobre os impactos

relacionados aos fenômenos atmosféricos sobre os principais biomas, e suas consequências às atividades humanas. Em relação à previsibilidade dos desastres, destacaremos o uso de técnicas e tecnologias e como elas auxiliam em tais análises de prevenção. E para concluir essa unidade, abordaremos os desastres mais importantes já ocorridos no Brasil e no mundo. Neste momento, nossa ênfase será nos estudos da análise e prevenção da ocorrência dos desastres, avaliando-os nos aspectos social, ambiental e econômico das áreas vulneráveis.

Você, engenheiro ambiental, foi indicado em caráter de urgência pela Defesa Civil para o trabalho em um município brasileiro que sofre muito com as perturbações atmosféricas, algo que costuma acarretar vultosos prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Diante dessa situação e como funcionário da Defesa Civil, quais as alternativas para dirimir esses danos, considerando uma atuação de análise e prevenção destes danos, especialmente em locais vulneráveis como o município em questão?

Vamos, por meio de seus estudos da Climatologia e Meteorologia, buscar ações que visem à melhoria da qualidade de vida da população.

Seção 3.1

Eventos especiais e perturbações atmosféricas

Diálogo aberto

Olá, aluno!

Nesta seção discutiremos sobre os eventos espaciais e as perturbações atmosféricas por meio dos gases potencializadores, a inversão térmica, o fenômeno El Niño e La Niña e a ciclogênese e suas classificações. Para que possamos desenvolver melhor esses conteúdos, imagine você como um engenheiro ambiental que trabalha na Defesa Civil Nacional. Dessa forma, parte de suas atividades é atender municípios brasileiros atingidos por desastres, o que inclui a análise e prevenção das consequências destes eventos.

Um pequeno município brasileiro solicitou apoio da Defesa Civil Nacional e você foi alocado para esta tarefa. Ao verificar o contexto de tal pedido, você notou que havia menção a muitas inundações nas áreas urbanas. Além disso, percebeu que tais problemas são recorrentes no município em questão.

Perturbações atmosféricas, como as inundações urbanas causam, notoriamente, elevados impactos e custos para a sociedade. Por isso, você acessou o site do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (<http://s2id.mi.gov.br>. Acesso em: 3 jul. 2018) e precisa analisar e identificar os meios possíveis para a prevenção dessas ocorrências e seus impactos sociais, econômicos e ambientais. Como é possível avaliar a prevenção de ocorrências de inundações urbanas? Com essa informação, de que maneira pode-se determinar as condições de risco para a ocorrência destes eventos e assim dirimir os impactos socioeconômicos e ambientais provocados pelas inundações?

Vamos verificar como contribuir para a melhoria da qualidade de vida desse município.

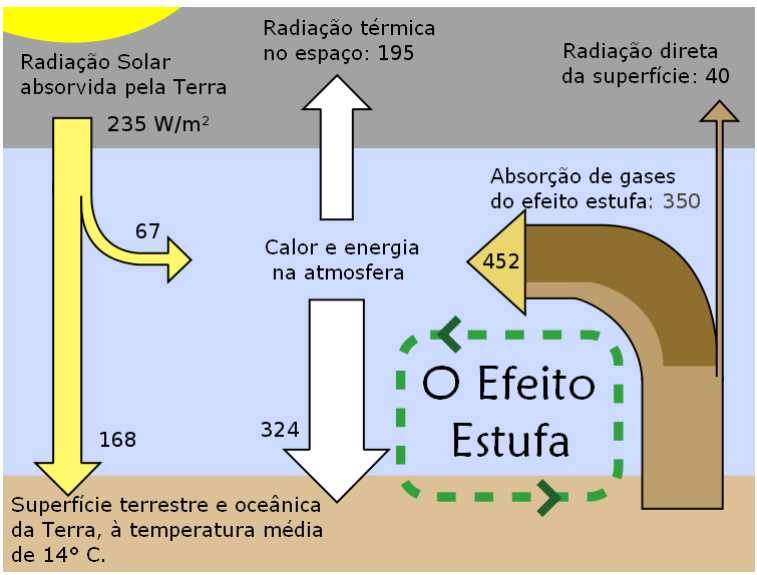
Bons estudos!

Não pode faltar

O **efeito estufa** é considerado um fenômeno cuja ocorrência se deve à interação dos componentes da troposfera, quando parte da irradiância solar refletida pela superfície terrestre é absorvida por gases presentes na atmosfera (ALMEIDA, 2016; MENDONÇA; DANNI OLIVEIRA, 2007).

As ações dos componentes ocorrem como bloqueadores da perda da radiação terrestre para o espaço, mantendo-as na troposfera, gerando, portanto, o aquecimento, conforme pode ser observado no esquema apresentado na Figura 3.1 (MENDONÇA; DANNI OLIVEIRA, 2007).

Figura 3.1 | Esquema da ação do efeito estufa



Fonte: <https://bit.ly/2M36YRO>. Acesso em: 26 maio 2018.

Os principais gases causadores do efeito estufa, segundo Mendonça e Danni Oliveira (2007), Almeida (2016) e Torres e Machado (2008), são o gás carbônico (CO_2) , o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) , o clorofluorcarbono (CFC) e o ozônio (O_3) .A nebulosidade e o material particulado em suspensão no ar também contribuem para o processo do aquecimento da troposfera.

As principais fontes dos gases causadores do efeito estufa, conforme Mendonça e Danni Oliveira (2007), são apresentados no Quadro 3.1

Quadro 3.1 | Gases causadores do efeito estufa e suas principais fontes

Gases causadores do efeito estufa	Principais fontes
Gás carbônico (CO_2)	Combustíveis fósseis.
Metano (CH_4)	Pântanos; campos de arroz.
Óxido Nitroso (N_2O)	Combustíveis fósseis; biomassa.
Clorofluorcarbono (CFC)	Espumas, aerossóis; refrigeração.
Ozônio (O_3)	Veículos; indústrias.

Fonte: Mendonça e Danni Oliveira (2007, p. 184).

Assimile

As concentrações de gás carbônico (CO_2) produzidas pelo homem ocorrem por meio das queimadas, do desmatamento, das queimadas de combustíveis fósseis e das atividades agrícolas, por exemplo. Estas atividades contribuem, de forma ativa, para o fenômeno do aquecimento global, que trata, portanto, das ações humanas que recrudescem os processos que caracterizam o efeito estufa (MENDONÇA; DANNI OLIVEIRA, 2007).

Reflita

Segundo Oliveira et al. (2011), os gases do efeito estufa na atmosfera são considerados como uma das principais causas das mudanças

climáticas, principalmente aquelas relacionadas ao aquecimento global. As atividades pecuaristas contribuem com o aumento dos gases potencializadores do efeito estufa, principalmente o óxido nitroso e o gás metano. A emissão destes ocorre após seu contato com o solo. Muitas ações de replantio da vegetação são tomadas como resposta a esse problema. Mas será que somente replantar a vegetação pode diminuir, efetivamente, os resultados provocados pelos gases potencializadores do efeito estufa? Para uma reflexão acerca dessa problemática, recomendamos o artigo que segue:

OLIVEIRA, P. P. A. et al. Emissão de gases nas atividades pecuárias. In: Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais**... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. v. 2. 1 CD-ROM, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/2EPcJOu>. Acesso em: 3 jun. 2018.

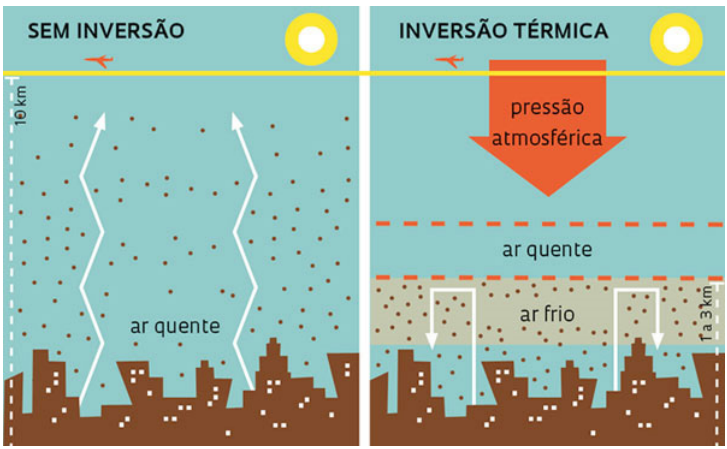
Além do efeito estufa, é preciso estudar a **inversão térmica** que também interfere nas condições climáticas de uma determinada região. Segundo Torres e Machado (2008), a inversão térmica tem sua ocorrência a partir do momento em que a camada de ar quente fica sobreposta a uma camada fria, impedindo, portanto, a mistura da atmosfera em ascensão vertical.

Para Almeida (2016, p. 41) "a inversão térmica é uma camada atmosférica da espessura da ordem de uma centena de metros, ou seja, é um fenômeno no qual a temperatura ao invés de diminuir com altitude, ela aumenta".

A inversão térmica, segundo Torres e Machado (2008, p. 188) geralmente funciona da seguinte forma: "o ar próximo da superfície do solo está em constante movimento vertical devido ao processo convectivo", as chamadas correntes de convecção. Ainda para Torres e Machado (2008), na inversão térmica as condições desfavoráveis podem provocar alguma dissipação das camadas da atmosfera. Por exemplo, no inverno pode haver um resfriamento rápido do solo devido a uma massa de ar fria ou por um rápido aquecimento das camadas superiores, que nas primeiras horas iluminadas recebem maior incidência de calor nas partes mais elevadas, e isso faz com

que se tenha uma camada de ar mais quente nas áreas de maior elevação e uma camada mais fria nos fundos de vale. Quando este fato ocorre, o ar quente fica sobre a camada de ar frio, atuando como bloqueador, impedindo que ocorram os movimentos verticais de convecção. Então, o ar frio que se encontra próximo ao solo é mais denso e, por isso, não ascende, e o ar quente, por ser menos denso, não descende. Um exemplo ilustrativo de uma área com e outra sem a inversão térmica pode ser visto na Figura 3.2.

Figura 3.2 | Exemplo ilustrativo de uma área com e uma sem a ocorrência da inversão térmica



Fonte: <https://bit.ly/2KFpceE>. Acesso em: 26 maio 2018.

Pesquise mais

Galvani et al. (2010), em seu estudo sobre a ocorrência de inversão térmica no perfil topoclimático do Pico da Bandeira, na Região Sudeste do Brasil, indicam que durante o período de análise houve variação vertical da temperatura do ar dentro do esperado em dois dos pontos analisados e, em outro ponto, ocorreram valores mais elevados, demonstrando o resultado do aquecimento da atmosfera, que apresenta processos convectivos de forma mais intensa. Já para o período noturno, os autores destacam a presença da inversão térmica próximo à superfície.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; FALCÃO, R. M. Ocorrência de inversão térmica no perfil topoclimático do Pico da Bandeira, Parque Nacional

do Alto Caparaó, Brasil. In: VI Seminário Latino de Geografia Física II; Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. **Anais**... Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. Disponível em: <https://goo.gl/joA9UP>. Acesso em: 26 maio 2018.

O **El Niño** é o aquecimento anormal das águas superficiais e subsuperficiais do Oceano Pacífico que afeta o clima regional e/ou global. Este fenômeno influencia os padrões de vento e o aumento das temperaturas, provocando maior intensidade de evaporação pela elevação dos índices de chuva em determinadas regiões e a ocorrência de estiagem em outras (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

Os principais impactos registrados no Brasil em função da ocorrência do El Niño, conforme Fiorin e Dal Ross (2015) e Mendonça e Danni-Oliveira (2008) são:

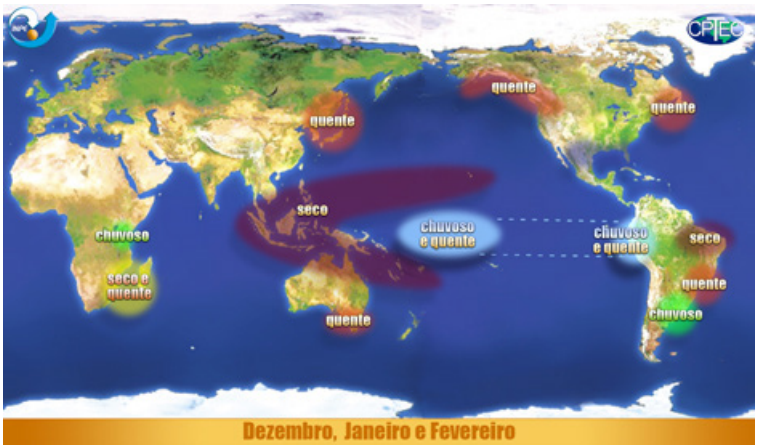
- Secas severas na Região Nordeste.
- Excesso de chuvas e elevadas temperaturas na Região Centro-Oeste.
- Enchente nos meses de maio e de julho na Região Sul, e elevação das temperaturas na Região Sudeste.
- Devido à ocorrência da seca, aumento de queimadas na Região Norte.

Exemplificando

Os dois eventos El Niño mais intensos registrados no Brasil aconteceram nos períodos de 1982-1983 e 1997-1998. Houve muitos registros de inundações nas regiões Sudeste e Sul, ocasionando impactos à saúde humana, como as ocorrências de leptospirose e síndrome diarreica aguda.

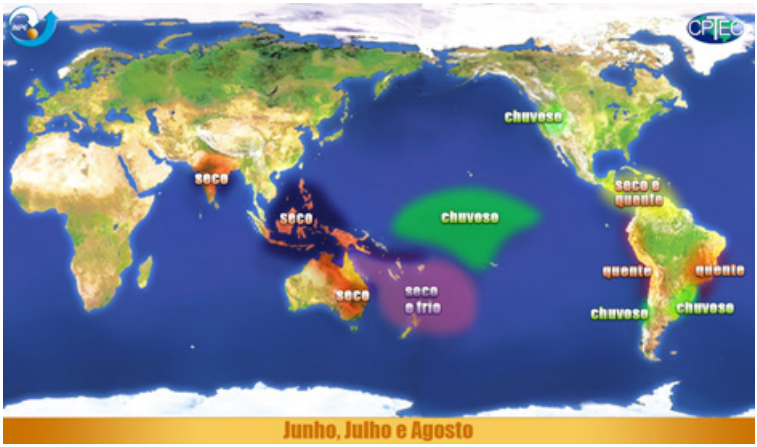
A Figura 3.3 mostra os efeitos do fenômeno El Niño para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com clima seco, quente e chuvoso nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil. Na Figura 3.4, encontramos os efeitos do El Niño para os meses de junho, julho e agosto com clima quente e chuvoso.

Figura 3.3 | Efeitos do El Niño nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro



Fonte: <https://bit.ly/1vYhmzX>. Acesso em: 26 maio 2018.

Figura 3.4 | Efeitos do El Niño nos meses de junho, julho e agosto



Fonte: <https://bit.ly/1vYhmzX>. Acesso em: 26 maio 2018.

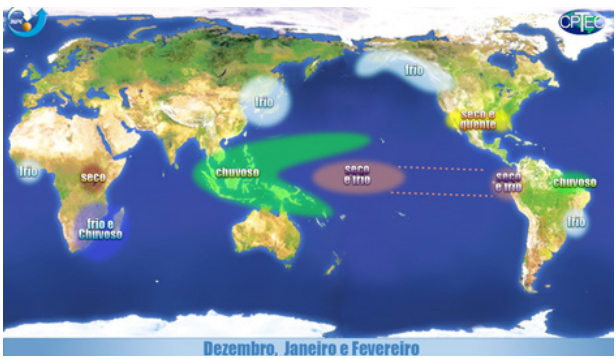
Assimile

Um dos impactos relacionados à ocorrência do fenômeno conhecido como El Niño é o prolongamento das secas na região semiárida do Brasil. Os efeitos de maior intensidade interferem significativamente nos índices pluviométricos, assim como nos regimes das temperaturas.

Na La Niña ocorre o resfriamento anormal das águas do Oceano Pacífico. Segundo Fiorin e Dal Ross (2015), a La Niña é a responsável pela maior penetração das massas polares no Brasil. Sua atuação mais intensa se dá na primavera na Região Sul do Brasil, nas proximidades do Trópico de Capricórnio. Os principais impactos registrados no Brasil durante a atuação da La Niña são as secas severas nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, e nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil as chuvas são mais abundantes (FIORIN; DAL ROSS, 2015; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2008).

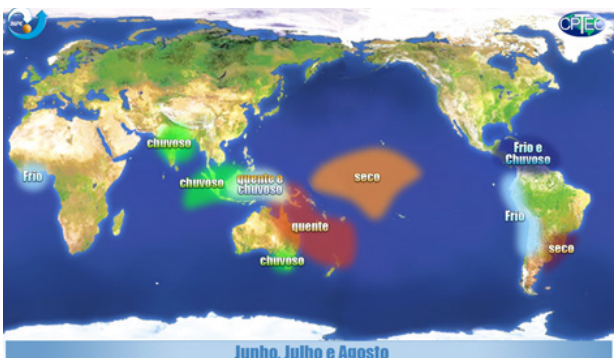
A Figura 3.5 demonstra os efeitos da La Niña nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com clima chuvoso e frio. Na Figura 3.6 observa-se o efeito da La Niña para os meses de junho, julho e agosto com clima seco em parte do Brasil.

Figura 3.5 | Efeitos da La Niña nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro



Fonte: <https://bit.ly/1vYhmzX>. Acesso em: 26 maio 2018.

Figura 3.6 | Efeitos da La Niña nos meses de junho, julho e agosto



Fonte: <https://bit.ly/2O3K6SS>. Acesso em: 26 maio 2018.

Há muitos estudos sobre a **ciclogênese** e suas classificações, tema final dessa seção. Para Dutra (2012, p. 33) "a ciclogênese refere-se ao processo de abaixamento da pressão atmosférica em superfície com consequente circulação ciclônica". Os **ciclones** se desenvolvem conforme condições de instabilidade, apresentando ventos fortes, e seus ciclos de vida têm como objetivo estabilizar e homogeneizar a atmosfera. Os ciclones podem ser classificados em subtropicais, extratropicais e tropicais, apresentando características segundo a sua região de atuação (ROCHA; ARAVÉQUIA; RIBEIRO, 2016.)

Os ciclones subtropicais são considerados sistemas de baixa pressão não frontais, apresentando características dos ciclones extratropicais e tropicais. Este tipo de ciclone pode se apresentar sob duas formas: a primeira como um tipo mais comum, com uma baixa pressão fria em altos níveis de circulação, estendendo-se até a superfície, com ventos de maior intensidade, abrangendo um raio de aproximadamente 160 quilômetros. A segunda tem um ciclo de vida mais curto e seu núcleo pode ser frio ou quente, correspondente a uma baixa pressão de mesoescala, com ventos fortes encontrados a menos de 50 quilômetros do centro do sistema (DUTRA, 2012).

Os ciclones extratropicais são sistemas de baixa pressão com frentes associadas. Neste tipo de ciclone os ventos são mais intensos, com ocorrência próxima à tropopausa pelo fato de possuírem um núcleo quente na estratosfera e frio na troposfera, como destaca Marks (2003 apud DUTRA, 2012). Segundo Dutra (2012) um núcleo frio na troposfera demonstra que o sistema de baixa pressão tem temperaturas menores que as encontradas no ambiente ao seu redor, isto para um dado nível de pressão.

Celemin (1997 apud ROCHA et al., 2016, p. 142) descrevem que os "ciclones extratropicais retiram sua energia dos contrastes horizontais de temperatura". Estes ciclones encontram-se associados, portanto, a sistemas frontais nos quais existe um gradiente acentuado da temperatura.

Pesquise mais

O ciclone extratropical é um fenômeno de grande escala e interfere diretamente nas condições de tempo das áreas onde eles

se formam. Por exemplo, na Bacia do Rio da Prata, América do Sul, o desenvolvimento, a intensidade e a frequência desses ciclones propiciam a ocorrência dos eventos extremos de precipitação pela intensidade e duração das chuvas, bem como dos ventos intensos e queda das temperaturas (PEREIRA, 2013). Com base no exposto, reflita sobre os impactos das ocorrências dos ciclones extratropicais nos aspectos social, ambiental e econômico.

PEREIRA, N. **Impactos dos ciclones extratropicais em eventos extremos** de precipitação na Bacia do Rio da Prata. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas) – Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo São Paulo, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2AtaLGu>. Acesso em: 26 maio 2018.

Os ciclones tropicais podem receber denominações conforme a região de ocorrência. Estas denominações são conhecidas como furacões, tufões e ciclones.

Os ciclones tropicais têm seu desenvolvimento nas regiões de fraco cisalhamento vertical do vento horizontal. O cisalhamento vertical é a mudança do vento sobre uma superfície vertical. Estes ciclones são de baixa pressão não frontal e encontram-se associados às nuvens convectivas localizadas próximos ao seu centro, cuja energia deriva da evaporação do mar. Nos ciclones tropicais os ventos são mais fortes e sua ocorrência se dá próximo à superfície terrestre (MARKS, 2003 apud DUTRA, 2012, p. 35).

Os ciclones tropicais, conforme Ahrens (2005 apud ROCHA, 2012), apresentam temperatura superior a 26,5°C, e seu diâmetro típico é de 300 a 800 quilômetros, com o mínimo de pressão no centro. Esta região, segundo os autores, apresenta céu claro e ventos fracos, e é chamado de olho do furacão.

No Brasil, houve uma ocorrência recente desse fenômeno: o ciclone tropical Catarina, registrado em março de 2004, nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Observe a imagem de satélite referente ao ciclone Catarina na Figura 3.7.

Figura 3.7 | Furacão Catarina

Fonte: <https://go.nasa.gov/2LJI8tZ>. Acesso em: 26 maio 2018.

Para concluir, destacamos que os ciclones tropicais possuem ainda como característica um "[...] núcleo quente e são assimétricos, com sua formação associada à transferência de calor latente na interface ar – mar" (DUTRA, 2012, p. 31). O seu enfraquecimento e dissipação ocorrem no momento em que a fonte de energia termina ao atingir as águas mais frias ou o continente.

Sem medo de errar

Vamos recordar a situação em que você, engenheiro ambiental da Defesa Civil, foi alocado para trabalhar em uma cidade do interior do Brasil que vem, de forma recorrente, sofrendo com problemas decorrentes de perturbações atmosféricas, com destaque para as inundações urbanas, as quais têm causado elevados impactos para a sociedade. Assim, você deve analisar e identificar os meios possíveis de prevenção de ocorrências das inundações nesse município.

Para essa tarefa, em um primeiro momento você deve conhecer o histórico das inundações ocorridas no município, identificando as áreas afetadas a cada ocorrência, bem como seus efeitos ambientais, sociais e econômicos. Para tanto, basta acessar o Atlas Brasileiro do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (<https://bit.ly/2AwJR0s>) e buscar o estado no qual o município se localiza. Por exemplo, se for um município paulista, devemos selecionar o

estado de São Paulo e na publicação, disponível em PDF, buscar pelas inundações, tema que se inicia na página 54. Nas páginas 61 a 63 há uma tabela que nos mostra uma síntese das inundações ocorridas por município do estado de São Paulo, de 1991 a 2012, na qual basta verificar a situação.

Além disso, é preciso analisar os índices de precipitações pluviométricas ocorridas nos períodos de inundações já registrados e levá-los em consideração para as previsões de inundações futuras. Para tanto, acesse o banco de dados do sistema integrado de desastres da Defesa Civil, encontrando as informações de inundações por municípios brasileiros, bem como os índices de precipitação registrados no desastre atual do município em questão. Essas informações podem ser encontradas em <https://s2id.mi.gov.br/> (acesso em: 1 jul. 2018). No canto esquerdo, escolha a COBRADE (Classificação e Codificação Brasileira de Desastres) "Inundações". No mapa (centro do site) teremos os dados. Basta clicar neles e verificar as informações em uma caixa de diálogo que se abrirá à direita do site. Outro local de verificação é a aba "Série Histórica" (<https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>. Acesso em: 3 jul. 2018), onde é possível encontrar os registros por estado.

O próximo passo é o monitoramento das previsões de chuva, averiguando os milímetros previstos para os períodos estimados com base na previsão de tempo, clima ou pela previsão dos sistemas hidrológicos, dados que podem ser obtidos no site do INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 3 jul. 2018). Aqui, para a previsão da ocorrência de inundação, compare dos índices identificados das ocorrências passadas com a previsão do momento e então realize o alerta de inundação.

A fase de prevenção pode ser dividida em dois momentos: os processos preventivos com atuações nas comunidades e os processos a serem realizados no momento dos alertas de inundações. As ações preventivas junto às comunidades se referem aos processos estruturais e não estruturais, como projetos de educação para prevenção de desastres e as construções de barreiras físicas para impedir que as inundações atinjam as áreas vulneráveis; manutenção das bocas de lobos, limpeza dos canais e rios, dentre outras. Em relação aos alertas de inundações, é preciso fornecer as estimativas antecipadas dos riscos potenciais em relação aos aspectos sociais, econômicos e ambientais aos quais o município

está exposto. No tocante à sociedade, os alertas de prevenção de inundações para um dado município permitem que as pessoas sejam retiradas dos locais de risco antes da ocorrência do desastre; nesse caso, da inundação.

Ao analisar as ocorrências de desastres é possível identificar e realizar as ações de prevenção objetivando a minimização das consequências nas áreas vulneráveis com base nos aspectos social, ambiental e econômico.

Com isso, é possível entregar um relatório de análise e prevenção de riscos à prefeitura para que esta, junto à Defesa Civil, tome as devidas precauções e adequações para que seja possível, por dessa análise, prever com maior acuracidade a ocorrência de desastres nos aspectos ambientais e isso refletir em um trabalho mais efetivo por parte dos órgãos públicos municipais nesse sentido.

Avançando na prática

Pisoteio do gado e a emissão dos gases de efeito estufa

Descrição da situação-problema

Um consultor do Ministério do Meio Ambiente participou da conferência do clima de Copenhague (COP 15) em 2009 e da conferência do clima das Nações Unidas (COP 23) em 2017, em que se discutiu muito sobre os gases potencializadores do efeito estufa, e foram anunciadas as metas para que cada governo contribua com a diminuição na emissão desses tipos de gases.

Dentre as informações apresentadas, destaca-se que quase um quarto das emissões nacionais dos gases é proveniente da atividade agropecuária, com destaque para a pecuária, na qual o pisoteio do gado no solo aumenta a quantidade do gás metano e do óxido nitroso emitidos. Com essa preocupação em mente, reflita sobre como é possível mitigar a emissão dos gases potencializadores pelo pisoteio do gado.

Resolução da situação-problema

Inicialmente, o consultor do Ministério do Meio Ambiente (MMA) deve observar que a mitigação dos gases do efeito

estufa pela criação do gado deve se iniciar com a recuperação das pastagens degradadas. O óxido nitroso e o gás metano, por exemplo, potencializam-se em contato com o solo e com a vegetação degrada. Tal potencialização pode ocorrer, também, devido a radiação solar, às temperaturas elevadas associadas à baixa umidade relativa do ar. Na medida em que uma área de pasto esgotado pelo pisoteio for recuperado, ela passa a amenizar os efeitos das temperaturas e da radiação, o que viabiliza uma maior umidade relativa do ar, além de aumentar a quantidade de matéria orgânica no solo. Além disso, o pasto será mais rico em nutrientes, propiciando a o gado alcançar peso ideal com menos tempo e, portanto, emitindo menos gás metano e óxido nitroso.

Faça valer a pena

1. Leia atentamente ao excerto de texto que segue:

> O solo é um importante compartimento de Carbono e exerce papel fundamental sobre a emissão de gases do efeito estufa e consequentes mudanças climáticas globais. Mudanças no uso e manejo do solo podem causar tanto efeito negativo como positivo no que se refere à emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. Entretanto, atualmente tem sido constatada a intensificação do aquecimento global, causado pelo aumento das emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa, oriundos principalmente da _____, do _____ e do _____ para agricultura.

Fonte: CARVALHO, J. L. N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2LRaAcE>. Acesso em: 3 jul. 2018.

Assinale a alternativa que preenche correta e respectivamente as lacunas do texto-base.

a) Uso inadequado do solo - queima de combustíveis fósseis - vegetação nativa.
b) Queima de combustíveis fósseis - desmatamento - aquecimento global.
c) Queima de combustíveis fósseis - desmatamento - uso inadequado do solo.
d) Desmatamento - uso inadequado do solo - vegetação nativa.
e)Aquecimento global - desmatamento - queima de combustíveis fósseis.

2. Os episódios de El Niño são as principais fontes de variabilidade climática interanual do clima no Brasil. O El Niño é um fenômeno oceânico caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais das porções central e leste do Pacífico.
Sobre o El Niño, avalie as seguintes afirmativas:
I - Em termos sazonais, o El Niño inicia-se com maior frequência no período que antecede o Natal.
II - O El Niño é notado com maior evidência na costa peruana, pois as águas quentes são provenientes do fundo oceânico.
III - O El Niño é notado com maior evidência na costa peruana, pois as águas frias são provenientes do fundo oceânico.
IV - O El Niño, portanto, encontra-se associado ao enfraquecimento da baixa pressão subtropical do Pacífico Sul.

É correto apenas o que se afirma em:
a) I e II.
b) I e III.
c) I e IV.
d) II e III.
e) II e IV.

3. Os ciclones se desenvolvem conforme as condições de instabilidade, apresentando ventos fortes. Eles são classificados em ciclones extratropicais, subtropicais e tropicais, apresentando características segundo a sua região de atuação (ROCHA, et al., 2016).
A partir das informações anteriores e de seus conhecimentos, associe corretamente as colunas:

1. Ciclone tropical. 2. Ciclone extratropical. 3. Ciclone subtropical.	A - Os ventos mais intensos ocorrem geralmente em um raio de 160 quilômetros ou mais do centro do ciclone. B - Os ventos mais fortes, neste tipo de ciclone, ocorrem próximos à superfície, como consequência do núcleo quente. C - Os ventos mais intensos ocorrem próximos à tropopausa devido a um núcleo quente da estratosfera e um núcleo frio na troposfera.

Assinale a alternativa com a associação correta:

a) 1A - 2B - 3C.
b) 1B – 2A - 3C.
c) 1C - 2B – 3A.
d) 1B - 2C – 3A.
e) 1A - 2C - 3B.

Seção 3.2

Introdução à biometeorologia

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nesta seção, estudaremos os conceitos e definições de biometeorologia em relação a fenômenos atmosféricos e estresse climático, causas, definições e implicações aos seres vivos.

Você é o engenheiro ambiental responsável pela análise da situação de desastres verificada em Canoas, no Rio Grande do Sul. Como funcionário da Defesa Civil Nacional, você tem a incumbência de verificar as consequências no local, buscando as melhores práticas para a prevenção. Nesse processo, ao acessar a base de dados do IBGE (Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/pesquisas>, acesso em 3 jul. 2018) você constatou que o local em questão é um município muito urbanizado (324.025 habitantes) e com alta densidade populacional (2.470,15 hab/ km^2), fruto, dentre outros motivos, de um processo de urbanização descontrolado que nos anos de 1970 provocou um êxodo rural muito acentuado.

Com isso, você identificou que há apenas alguns fragmentos da antiga mata urbana e que, pela interferência antrópica, eles não apresentam conexão com outras matas circundantes. Além disso, a presença de áreas arborizadas em cidades está diretamente associada à qualidade de vida, enquanto a sua falta, a diversos problemas de saúde associados às perturbações atmosféricas.

Você terá que buscar por ações que visem à melhoria da qualidade de vida da população, **por meio da análise do conforto térmico**. É preciso também considerar a presença (ou ausência) de árvores na cidade frente a sua alta densidade populacional. Desta forma, como é possível analisar o conforto térmico para a melhoria da qualidade de vida de uma população? Que dados são necessários para realizar essa análise? Vamos acompanhar os estudos nessa seção e verificar de que forma esse fato pode interferir na qualidade de vida dos cidadãos, conferindo como seus estudos na área da Biometeorologia podem contribuir nesse sentido.

Bons estudos!

Não pode faltar

A **bioclimatologia** pode ser entendida como a área da ciência que estuda as "inter-relações entre o ambiente geofísico e geoquímico da atmosfera e os organismos vivos, plantas, animais e o homem", conforme apresentado por Sette e Ribeiro (2011, p. 38). Para Baccari Junior (2001), a bioclimatologia compreende o ramo da climatologia e da ecologia que trata dos efeitos do ambiente atmosférico nos organismos vivos. O autor pondera ainda sobre as reações dos organismos vivos às mudanças climáticas. De acordo com os autores citados, podemos dizer que a biometeorologia se ocupa do estudo da influência do meio atmosférico pelo seu comportamento, na fisiologia dos organismos vivos e possível relação ao desenvolvimento de patologias.

Neste sentido, Baccari Junior (2001), um dos principais estudiosos do assunto, destaca as seguintes áreas de estudo da biometeorologia:

- O estudo das condições de tempo e clima nos microrganismos e insetos causadores das doenças nas plantas, animais e no homem.
- O estudo da influência do tempo e do clima nos processos fisiológicos no homem e animais e sobre as suas doenças.
- O estudo do microclima das residências e das instalações rurais, assim como das cidades na saúde do homem e dos animais.
- O estudo dos fatores extraterrestres sobre os organismos vivos.
- O estudo sobre as condições climáticas pretéritas em relação ao desenvolvimento e distribuição das plantas, animais e do homem.

Os aspectos referentes à **termorregulação** e ao **estresse térmico** se encontram estritamente relacionados aos estudos da bioclimatologia. Para Ruas (2001), o principal objetivo da termorregulação é de impossibilitar as variações significativas na temperatura interna do organismo, de forma que os sistemas vitais consigam operar de maneira adequada.

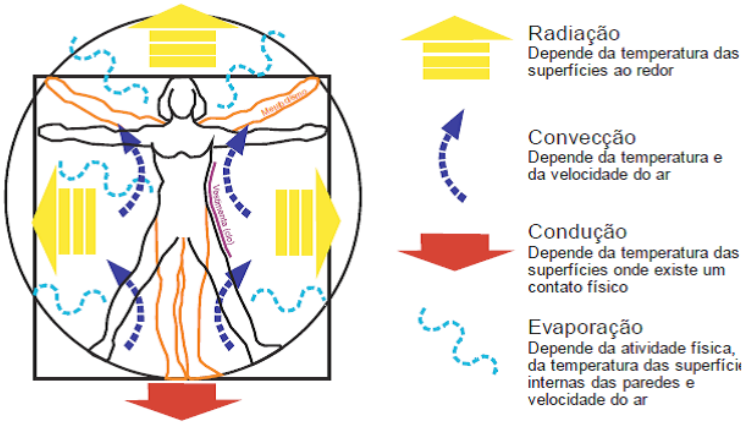
Exemplificando

A temperatura média de um ser humano é de 37 ^{o}C , variando quando ocorre a prática de atividades físicas intensas ou pela exposição a temperaturas severas. A exposição de um indivíduo ao frio extremo faz com que seu metabolismo reduza bastante, e, se a temperatura baixa persistir, as suas funções neurológicas e motoras ficam comprometidas, o que pode levar o indivíduo à morte. Um exemplo da consequência da exposição extrema ao frio é a ocorrência de hipotermia, que pode ocorrer com os praticantes de montanhismo. A hipotermia é determinada quando ocorre uma diminuição excessiva da temperatura corporal do indivíduo, ou seja, quando ela se encontra abaixo de 35 ^{o}C .

Sobre a termorregulação humana, Lamberts (2011) compara o corpo humano a uma máquina térmica, um mecanismo termorregulador que permite o controle das variações de temperatura no organismo. Segundo o autor, a temperatura no corpo humano deve ser constante e o sistema de termorregulação é o que mantém o equilibro térmico em função da produção do calor como um processo metabólico, chamado de termogênese, ou então, devido à perda de calor para o ambiente, chamado de termólise. Portanto, a troca de calor poderá ocorrer devido à liberação pela condução, convecção, radiação ou ainda pela evaporação (SILVA, 2010).

A exposição às altas temperaturas e as atividades desenvolvidas pelo ser humano geram calor ao corpo, que deve ser dissipado para o ambiente, impedindo que ocorra uma elevação da temperatura interna. Tal dissipação ocorre pelas trocas térmicas pela pele e/ou pela respiração. Através da pele, a perda de calor ocorre pela convecção e radiação ou ainda pela perda latente de calor por meio da evaporação, que é o suor, e pela dissipação da umidade da pele. Pela respiração, a troca se dá pela perda sensível de calor que é a convecção, e pela perda latente do calor devido à evaporação (Lamberts, 2011), conforme demonstrado na Figura 3.8:

Figura 3.8 | Esquema da fisiologia humana e as trocas térmicas



Fonte: Lamberts (2011, p. 6).

O **estresse térmico** na biometeorologia, conforme descrito por Lamberts (2011), é considerado como o estado psicofisiológico a que um indivíduo está submetido quando exposto às situações climáticas extremas que podem ser de frio ou de calor. No caso da vegetação, o estresse térmico afeta seu crescimento e o desenvolvimento.

Os **fenômenos atmosféricos** afetam diretamente os estudos da biometeorologia, ou seja, a saúde humana, animal e vegetal. Segundo pondera Ayoade (2011), os efeitos nos seres humanos são sentidos principalmente pelos extremos de temperatura - estresse térmico -, conhecidos também como ondas de calor e ondas de frio, pelos baixos índices de umidade relativa do ar e pelos índices de radiação solar.

Com as mudanças do tipo de tempo e de clima, o corpo humano precisa se adequar às temperaturas para permanecer com saúde e bem-estar. Os estudos relacionados à temática clima e saúde no Brasil iniciaram com a descrição da associação da ocorrência de precipitações e o aumento da temperatura na compreensão dos casos de doenças e as formas como elas se adaptam ao clima (ALEIXO; SANT'ANNA NETO, 2017).

Um exemplo de como os fenômenos atmosféricos influenciam os organismos vivos é a ocorrência das **ondas de calor**, conforme descrito por Bitencourt et al. (2016), que analisaram sua abrangência

espacial e intensidade no Brasil, pontuando sobre a necessidade da implantação de alertas específicos, que devem ser emitidos à sociedade por centros de previsão do tempo, uma vez que tal fenômeno afeta os seres humanos, animais e a vegetação.

Dos diversos tipos de fenômenos atmosféricos destacamos as ilhas de calor, que potencializam o impacto das ondas de calor, ocasionando a mortalidade e a morbidade em crianças, idosos e convalescentes, devido principalmente à exposição ao calor excessivo (CDC, 2006; RIBEIRO; PESQUERO; COELHO, 2016).

Os efeitos nocivos do calor intenso são destaque nos estudos da biometeorologia, principalmente no que se relaciona à produtividade agropecuária e seus efeitos para as sociedades, plantas e animais. Porém, o principal aspecto abordado em relação às ondas de calor se refere à saúde humana, conforme ponderado por Bitencourt et al. (2016).

Pesquise mais

Os efeitos dos fenômenos atmosféricos e a biometeorologia foram estudados por Santos, Nedel e Pinto (2017). Os autores estudaram sobre a análise de conforto térmico em Coxim, MS (Pantanal) durante eventos de friagens nos meses de junho, julho e agosto. Neste estudo consta que os índices de biometeorologia são utilizados frequentemente para analisar o conforto térmico dos seres humanos; para este índice são considerados os efeitos dos ventos. A região do Pantanal, segundo os autores, apresenta mínimas baixas próximo de $0\ ^{o}C$ durante os meses que compreendem a estação do inverno, ocasionando mortes por hiportemia tanto de pessoas quanto de animais. Os autores identificaram que os valores encontrados na pesquisa apontam para um maior desconforto térmico pelo frio quando da duração das friagens (ondas de frio) ficando, portanto, na faixa de desconforto térmico muito frio, com possibilidade de óbito.

SANTOS, M. J. M dos; NEDEL, A. S.; PINTO, L. B. Análise de conforto térmico em COXIM-MS (Pantanal) durante eventos de friagens nos meses de jun/jul/ago. In: VII Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia, 2017, Pelotas - RS. **Anais do VII ESBMET**, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2unbRNV>. Acesso em: 10 jul. 2018.

Os estudos sobre fenômenos atmosféricos são importantes para compreendermos sua influência sobre a biometeorologia. Para complementar, é preciso conhecer o **estresse climático**.

Eloy (2007) afirma que o estresse climático ocorre devido à temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a radiação solar e ao vento, quando seus índices estão fora do que se convenciona como normalidade, bem como de sua duração, afetando os seres humanos, animais e vegetação.

A umidade relativa do ar é considerada como fator estressor quando apresenta baixos índices ocasionando problemas respiratórios, oculares e de pele nos indivíduos. Descrita por Aleixo e Sant'Anna Neto (2017), a definição da escala dos parâmetros dos baixos índices de umidade relativa do ar é classificada em: atenção, alerta e emergência, conforme demonstrado no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 | A escala da umidade relativa do ar abaixo de 30%

Umidade relativa do ar	Situação
De 30% a 20%	Estado de atenção
De 20% a 12%	Estado de alerta
Inferior a 12%	Estado de emergência

Fonte: Aleixo e Sant'Anna Neto (2017, p. 97).

Assimile

A umidade relativa do ar e seus baixos índices compõem o chamado estresse climático, que afeta a saúde animal, vegetal e humana. Em relação à saúde humana, a baixa umidade relativa do ar, associada a altas temperaturas, propicia o transporte dos poluentes, aumentando os efeitos das doenças respiratórias. A baixa umidade relativa do ar acarreta o ressecamento da pele e das mucosas, a irritação nos olhos e os sangramentos nasais. No Brasil, a região de Brasília, por exemplo, é uma área que apresenta, com frequência, índices de umidade relativa do ar abaixo do ideal (BAYER; BAYER, 2012; PINTO; ZULLO JR.; AVILA, 2008).

Na vegetação, a baixa umidade relativa do ar, associada a um período de estiagem e à presença de sol forte são condições que favorecem a ocorrência de incêndios em áreas vegetadas (FREIRE; CARRÃO; CAETANO, 2004 apud TORRES, 2006).

O estudo sobre o estresse climático por meio de suas causas e definições são essenciais para que possamos analisar as suas implicações sobre os seres vivos. Silva (2010) pondera que o conforto humano pode ser medido pelos indicadores considerando principalmente a temperatura do ar, a umidade do ar e o vento. Monteiro (2008) apud Silva (2010) destaca que existem dois tipos de indicadores: aqueles que medem o estresse térmico (esforço fisiológico) e os que medem o conforto térmico (sensação térmica).

O estresse climático vem sendo trabalhado por muitos autores como estresse térmico. Ele pode ser entendido a partir das elevadas e das baixas temperaturas que causam danos aos seres humanos. Estudos mais recentes subdividem o estresse térmico em dois grandes grupos, que são o estresse por calor e o estresse por frio, como nos pontua Lamberts (2011).

Bitencourt et al. (2016) destacam a ênfase que se dá ao estudo do efeito das ondas de calor à saúde pública, principalmente no que se refere ao aumento da mortalidade. Laaidi et al. (2012) apud Bitencourt et al. (2016) pontuam que o risco de mortalidade devido à exposição às altas temperaturas ocorre com mais frequência em áreas urbanas pelo efeito das ilhas de calor.

Em relação às ondas de frio, FM/UFMG (2014 apud SILVEIRA et al., 2018) ponderam que as baixas temperaturas ocasionam contrações das artérias, buscando auxiliar o corpo humano na retenção de calor. Devido a essas contrações, pode haver bloqueio do fluxo sanguíneo para o coração. Essa situação tende a proporcionar o aumento do risco de doenças como o AVC, doenças isquêmicas do coração e o infarto, por exemplo.

Reflita

O clima é um dos elementos que propiciam o surgimento e/ou agravo de certas doenças por meio da temperatura do ar, da umidade do ar, da precipitação, da pressão atmosférica e dos ventos, que, por intermédio

de seus episódios extremos, influenciam a vida das pessoas. No artigo indicado a seguir (p. 2313–2314, 2316–2320) você encontrará a descrição sobre a correlação entre as ondas de frio e nevascas em São Joaquim/SC e seus impactos na população. Convidamos você para a seguinte reflexão: de que forma é possível minimizar os impactos das ondas de frio sobre a população?

SILVEIRA, R. B. et al. A correlação entre as ondas de frio e nevascas em São Joaquim/SC e os impactos na população. In: **XII SBCG**, 12., 2016, Goiânia - GO. Disponível em: <https://bit.ly/2KUnUg3>. Acesso em: 9 jul. 2018.

Os estudos relativos ao estresse climático – ou térmico – nos levam em busca de análises sobre o conforto térmico, e para isso destacamos Coi, Nedel e Nascimento (2017), que dizem ser o conforto ou desconforto térmico dependentes basicamente das variáveis climáticas e pessoais.

O **conforto térmico** humano, segundo Nick e Nedel (2017, p.1)

> **[...] pode ser definido como uma sensação expressada de satisfação com o ambiente no qual se encontra, porém, para que esse conforto seja satisfeito, o indivíduo deve estar em neutralidade térmica com o meio externo.**

Nick (2017 apud COI; NEDEL; NASCIMENTO, 2017) realizou a adaptação dos níveis de classificação do índice de calor a fim de caracterizar as sensações de conforto sentidos pelo homem, conforme apresentado no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 | Classificação do índice de calor

Índice de calor	Alerta	Sintomas
< 27 °C	Não existe alerta.	Não há problemas para a saúde.
27,1 °C a 32 °C	Cautela.	Possibilidade de ocorrência de fadiga caso haja exposição prolongada e realização de atividade física.

41,1 °C a 54 °C	Cautela extrema.	Probabilidade de ocorrência de câibras, possibilidade de esgotamento e insolação para exposições prolongadas com atividade física.
> 54 °C	Perigo.	Probabilidade de câibras, possibilidade de insolação e provável esgotamento. Possível ocorrência de hipertermia em casos de exposições prolongadas com atividade física.
> 54 °C	Perigo extremo.	Probabilidade de insolação e hipertermia.

Fonte: Nick et al. (2017 apud COI; NEDEL; NASCIMENTO, 2017, p. 3).

Observamos, portanto, com os índices de calor demonstrados no Quadro 3.3, que a temperatura ideal para o ser humano se encontra estabelecida em <27 °C . Acima desse valor, os riscos para a saúde se elevam conforme a se eleva também temperatura.

Aleixo e Sant'Anna Neto (2017) destacam que, ao pensar nas abordagens de conforto e desconforto térmico e a sua relação com a saúde, é necessário considerar a forma urbana como sendo uma produção social do espaço, pois a vulnerabilidade se dá pelos agentes sociais que apresentam capacidade de resiliência reduzida.

Concluindo, destacamos que o estudo sobre a biometeorologia permite a compreensão da influência do clima e do tempo sobre a vegetação, os animais e sobre os indivíduos. Portanto, é relevante o estudo das relações do clima por meio dos fenômenos atmosféricos e do estresse climático com a saúde, principalmente no que se refere à previsão dos seus prováveis impactos sobre a população exposta.

Sem medo de errar

Vamos recordar a situação em que você tem como tarefa analisar a situação de desastres verificada no município de Canoas, RS. Como funcionário da Defesa Civil Nacional, sua incumbência é verificar as consequências no local, buscando as melhores práticas para a prevenção. Mediante os dados do IBGE e do Ministério do Meio Ambiente (MMA), você constatou que Canoas é uma cidade com elevada densidade populacional e apresenta déficit de áreas verdes. Esse

fato vai ao encontro das notificações que você identificou, versando sobre desconforto térmico sentido pela população que ali reside. Nesta região, devido à descontrolada urbanização, restaram somente alguns fragmentos da antiga mata urbana. Diante disso, é necessário realizar a avaliação do conforto térmico na área e para isso você deve pensar no tipo de variáveis meteorológicas a serem utilizadas.

O conforto térmico é expresso pela sensação de satisfação com o ambiente no qual o indivíduo se encontra e, para isso, é preciso verificar a neutralidade térmica com o meio externo.

Assim, você precisa monitorar as variáveis climatológicas pelos equipamentos meteorológicos utilizados para a medição da temperatura do ar, da velocidade do vento e da umidade relativa do ar. Você deve, assim, coletar tais informações durante um período de, no mínimo quatro dias consecutivos, das 11 até às 13 horas. Selecione dados de, no mínimo, dois pontos distintos da cidade, um dos pontos com densidade de vegetação maior e outro com menos densidade vegetal.

Os dados obtidos nas coletas devem ser armazenados em planilhas do tipo Excel; nelas você deve determinar as médias de cada ponto analisado. Os valores máximos e mínimos das variáveis microclimáticas devem ser identificados. Para que você possa determinar as médias das variáveis analisadas por ponto de coleta, observe o exemplo com **dados hipotéticos** da temperatura do ar. Não se esqueça de realizar o mesmo procedimento para as variáveis da umidade relativa do ar e da velocidade do vento.

Inicialmente, você precisa abrir uma planilha do tipo Excel e na primeira linha colocar o nome das colunas. Na primeira coluna, um abaixo do outro, você coloca os dias das coletas, a média, a máxima e a mínima. Preencha a segunda e terceira colunas com os valores coletados nos dois pontos; observe na Tabela 3.1 que o nome das colunas B e C estão com a informação da variável meteorológica juntamente com o número do ponto de coleta. Após isso, você deve realizar a média dos valores dos dois pontos para os quatro dias de coleta.

Para realizar a média no Excel, selecione os dados e em seguida, no menu, você deve optar por "fórmulas" e clicar na flecha que está junto do ícone "auto soma"; opte por média e o resultado aparecerá. Você também pode fazer a média de forma manual, e para isso

você deve somar os quatro valores da temperatura do ar e dividir pelo número de dados constantes na amostra. Observe: 16,5 + 17,8 + 15,1 + 18,7 = 68,1 / 4 = 17,03.

Os valores de máxima e mínima são os valores referentes ao valor máximo encontrado na coleta dos dados e o mínimo encontrado na coleta dos dados.

Tabela 3.1 | Dados ilustrativos da temperatura do ar (em graus Celsius)

Período de coleta dos dados	Temperatura do ar - Ponto 1	Temperatura do ar - Ponto 2
Primeiro dia de coleta	16,5	20,3
Segundo dia de coleta	17,8	21,4
Terceiro dia de coleta	15,1	19,6
Quarto dia de coleta	18,7	22,9
Média	17,03	21,05
Máxima	18,7	22,9
Mínima	15,1	19,6

Fonte: elaborada pela autora.

A análise do conforto térmico deve ser realizada para cada ponto de coleta dos dados, pela análise de diferença encontrado entre os pontos avaliados. Para isso, é necessário utilizar os dados pareados a cada minuto, em que os valores encontrados na área mais densa devem ser subtraídos dos valores identificados para o ponto onde a vegetação é menos densa. Esta análise pode ser realizada a cada estação do ano.

Para demonstrar a necessidade (ou não) de se implementar uma área verde, como uma floresta urbana, repita o processo em uma área de fragmento florestal urbano que, apesar de sofrer interferência antrópica, não apresente conexão com outras matas, desempenhando uma função essencial no que se refere às condições climáticas, uma vez que ela favorece a melhoria do microclima local.

Ao analisar o conforto térmico e/ou o estresse térmico, você terá a previsão das suas consequências relacionadas aos aspectos ambientais, sociais e econômicos nas populações afetadas e poderá apresenta-la como resultado parcial do seu trabalho.

Avançando na prática

Baixa umidade relativa do ar e os riscos para a nossa saúde

Descrição da situação-problema

Um jornal de Brasília publicou uma notícia sobre a baixa umidade relativa do ar, e a Defesa Civil emitiu a declaração de estado de emergência para o Distrito Federal. A notícia destaca que a umidade relativa do ar apresenta taxas mínimas abaixo de 12 associadas a altas temperaturas, que são condições propícias à desidratação, às variações de pressão sanguínea, do ritmo cardiorrespiratório, a dores de cabeça, desmaios, doenças respiratórias e ao ressecamento dos olhos, pele e das mucosas. A Defesa Civil cita os horários de 10h às 17h como sendo os mais críticos (DEVIDO..., 2017).

Com base nisso, as famílias dos alunos de uma escola cobraram a instalação de aparelhos de ar-condicionado em todas as salas de aula, a fim de minimizar o efeito da baixa umidade relativa do ar e seus danos à saúde dos alunos, bem como proporcionar maior conforto térmico aos estudantes. Neste sentido, a instalação desse tipo de aparelho em todas as salas de aula poderá resolver o problema da exposição dos alunos ao baixo índice da umidade relativa do ar e às elevadas temperaturas registradas e promover um maior conforto térmico?

Resolução da situação-problema

Inicialmente é preciso compreender que o conforto e o estresse térmico se referem ao estado psicofisiológico a que um indivíduo está submetido quando exposto às temperaturas extremas, aos baixos índices de umidade relativa do ar e à radiação solar, por exemplo.

Em relação aos baixos índices de umidade relativa do ar associado às elevadas temperaturas, a Defesa Civil segue os critérios

apresentados por Aleixo e Sant'Anna Neto (2017) para declarar o estado de emergência, inclusive para as aulas de educação física nas escolas. Portanto, o uso do aparelho de ar-condicionado nas escolas e nas salas de aula amenizará as elevadas temperaturas, porém tornará o ar mais seco, uma vez que diminui a umidade. Para que seja possível tornar a umidade relativa do ar de um ambiente a padrões aceitáveis, é preciso que além do ar-condicionado sejam instalados umidificadores de ar.

Faça valer a pena

1. O sistema de termorregulação mantém o equilíbrio térmico do corpo pela produção de calor como um processo metabólico ou pelo processo de perda de calor para o ambiente. A troca de calor pode ocorrer por condução, convecção, radiação ou pela evaporação.

A troca de calor é necessária para:

a) Impedir que ocorra uma elevação da temperatura interna.
b) Impedir que ocorra uma elevação da temperatura externa.
c) Possibilitar que ocorra uma elevação da temperatura externa.
d) Possibilitar que ocorra uma elevação da temperatura interna.
e) A troca de calor não interfere na elevação da temperatura externa.

2. Os fenômenos atmosféricos influenciam diretamente as reações dos organismos vivos. Os fenômenos mais estudados nos últimos anos e em diversos países tratam das ondas de calor e das ondas de frio. Os efeitos dos extremos de temperatura atingem a vegetação, os animais e os seres humanos.

Julgue as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F):

( ) As ondas de calor apresentam temperaturas máximas acima da média para um determinado período.
( ) As ondas de frio apresentam temperaturas mínimas abaixo da média e com duração variável de três a nove dias.
( ) As ondas de frio são semelhantes às ocorrências das geadas ou dos resfriamentos locais e com 4 abaixo da média.
( ) As ondas de calor se constituem de um período de dois dias consecutivos e com 4 superior à média.

Assinale a alternativa com a sequência correta.

a) F - V - F – V.
b) F - F - V – V.
c) V - V - F – F.
d) V - F - V – F.
e) V - F - F – V.

3. O conforto térmico pode ser entendido como a satisfação do indivíduo com o meio em que se encontra, estando esse ambiente em neutralidade térmica com o meio externo.
A partir da informação apresentada, avalie as asserções a seguir e a relação proposta entre elas.

I - O conforto térmico e o desconforto térmico dependem basicamente das variáveis climáticas e pessoais

PORQUE

II - Em uma mesma temperatura a sensação de conforto térmico não será diferente, mesmo com a ocorrência da velocidade do vento e da umidade relativa do ar.

Sobre o conforto térmico, escolha a alternativa correta.

a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
b) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
d) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 3.3

Impactos relacionados aos fenômenos atmosféricos

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nesta seção estudaremos as consequências dos eventos atmosféricos aos principais biomas, às atividades humanas, à previsibilidade dos desastres e os desastres mais importantes ocorridos no mundo e no Brasil.

Assim, seus trabalhos emergenciais como engenheiro ambiental da Defesa Civil Nacional continuam, e agora que entramos na estação seca, a área na qual está localizado o município sob o regime do clima tropical costuma viver uma longa estiagem. É sabido que nessa época ocorrem queimadas na região.

Próximo à cidade há um parque de diversões, com um fluxo de pessoas que aumenta consideravelmente durante o período de estiagem, pois este coincide com as férias escolares. Em princípio, o risco de fogo e, consequentemente, a possibilidade de ocorrência de queimadas se deve tanto a fatores naturais quanto à ação humana (principalmente essa última). O maior movimento de pessoas pelas estradas locais e pela cidade levanta a sua suspeita de que a maior parte das queimadas pode ser de origem antrópica.

Um biólogo do IBAMA visitou o município e avistou, na circunvizinhança, um casal de arara-azul-pequena, uma espécie de pássaro considerada em estado crítico e em risco de extinção. Todos se encheram de expectativas: teria tal ave sobrevivido, depois de tanto tempo em que nenhuma evidência dessa espécie na natureza foi registrada? Quando a estiagem terminar, dentro de alguns meses, o biólogo vai retornar com uma equipe maior para fazer uma investigação mais apurada a fim de comprovar a presença da arara-azul-pequena, que seria a primeira em muito tempo.

As queimadas geram consideráveis prejuízos ambientais, sociais e econômicos para o município e o mais grave, no momento, é cogitar que elas, porventura, tenham causado a morte dos pássaros em questão nesse espaço de tempo.

Diante do exposto, como você poderá trabalhar como a comunidade desse município para promover ações que possam evitar e prevenir as ocorrências de queimadas, e assim preservar a arara-azul-pequena?

Vamos acompanhar como um engenheiro ambiental pode contribuir com a empreitada de toda uma comunidade que, ao compreender melhor os impactos relacionados aos fenômenos atmosféricos, vai se esforçar e trabalhar na preservação e conservação de uma espécie ameaçada de extinção.

Bons estudos!

Não pode faltar

Bioma, segundo Coutinho (2006), é um conjunto composto pela fauna, flora, condições climáticas e solo. Este autor afirma ainda que o bioma é considerado como uma "área de ambiente uniforme", sendo definido com base na "zona climática em que se encontra" (COUTINHO, 2006, p. 1).

Um conjunto de ecossistemas forma um bioma. Observe:

> **[...] um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação, em condições contíguas e identificáveis em escala regional, em condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, resultando em uma diversidade biológica própria. (IBGE, 2004 apud VIANA, 2015, p. 31)**

No mundo, atualmente, temos o bioma das tundras, nas áreas de alta latitude; as taigas, que estão associadas às florestas de coníferas; as florestas temperadas, cuja característica principal é a queda das folhas durante uma estação do outono; floresta tropical, áreas com grande umidade e altas temperaturas, apresentando densas florestas, como a Amazônica; os campos, áreas nas quais a vegetação é mais dispersa, como o cerrado, as estepes e as savanas. Além disso, também há os desertos (quentes ou frios), que se distribuem por áreas específicas do planeta.

Os biomas brasileiros são classificados em seis grandes grupos, a saber: bioma da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e do Pantanal, conforme demonstrado na Figura 3.9.

Figura 3.9 | Principais biomas do Brasil

Fonte: <https://bit.ly/2BAXYRs>. Acesso em: 12 jun. 2018.

Os biomas brasileiros sofrem consequência direta dos eventos atmosféricos como o efeito estufa, a inversão térmica, as tempestades locais severas, as massas de ar, as frentes, os ciclones, as ondas de calor e frio, os fenômenos do El Niño e da La Niña, dos tornados e das queimadas, dentre outros.

A vegetação é um dos componentes mais importantes dos biomas, uma vez que o seu estado de conservação e sua continuidade definem a existência de habitats para as espécies e é essencial para a sobrevivência humana. Sabemos que a vegetação é um sistema que responde a forças externas e cada espécie vegetal apresenta respostas únicas para a ocorrência de eventos atmosféricos. Segundo Viana (2015) espera-se que a cada alteração persistente nos padrões climáticos resulte em

uma resposta por parte da vegetação. Em relação à fauna, o mesmo autor destaca as ocorrências das migrações das espécies ocasionadas pelos eventos atmosféricos, principalmente no que tange à temperatura e à precipitação.

O estudo realizado por Santos (2010), que trata da distribuição espacial e temporal das temperaturas de superfície no bioma do cerrado, identificou um aumento de temperatura em áreas desmatadas.

Assimile

O bioma do cerrado sofre com consequências dos eventos atmosféricos pela elevada temperatura do ar e do solo que na maior parte dos casos é ocasionada pelas secas e, em outras vezes, pelos incêndios e queimadas florestais. "Estas queimadas, que em algumas vezes, são em decorrência da seca e outras pela prática do manejo do solo", diz o autor, trazem como implicações para o bioma do cerrado "um ecossistema pobre em nutrientes", provocando uma redução "significativa destes elementos" (SANTOS, 2010, p. 8).

Os eventos atmosféricos também provocam efeitos e consequências às atividades humanas, que são influenciadas por eventos climáticos de diversas formas, com destaque para a agricultura, o comércio, a indústria, o transporte e a comunicação, segundo pondera Ayoade (2011).

É possível examinar algumas maneiras em que o clima e as variações climáticas interferem sobre o homem e suas atividades.

> **A saúde humana, a energia e o conforto são afetados mais pelo clima do que por qualquer outro elemento do meio ambiente. As funções fisiológicas do homem respondem às mudanças no tempo atmosférico. (AYOADE, 2011, p. 289)**

Os eventos atmosféricos são os eventos naturais extremos que mais geram consequências nas atividades humanas, principalmente na agricultura, conforme cita Brandão (2001). Dias (2016), por sua vez, destaca que os eventos atmosféricos impactam também a pecuária, a indústria, o comércio e o turismo.

Os eventos atmosféricos, além de interferirem nas atividades econômicas, afetam também a saúde humana. Segundo a autora, a vulnerabilidade aos eventos atmosféricos se relaciona ao nível da organização e planejamento do espaço que, quanto menor, sofrerá com maiores consequências.

Conforme pontuado por Dias (2016), atualmente os estudos sobre os eventos atmosféricos abordam as ondas de frio, os nevoeiros, as estiagens, neves e geadas e os eventos de precipitação extrema. Ainda sobre os eventos atmosféricos, a referida autora destaca que os impactos das precipitações pluviométricas em áreas urbanas afetam o bem-estar das pessoas e influenciam as atividades econômicas, gerando vultosos prejuízos.

As deficiências em infraestrutura associadas às desigualdades sociais se somam aos demais fatores que intensificam as consequências das ocorrências dos eventos atmosféricos (DIAS, 2016).

Pesquise mais

Em Dias (2016) você encontrará um estudo sobre as consequências dos eventos atmosféricos; nesse caso, os extremos de calor e frio, para as atividades humanas. O estudo trata do estado do Rio Grande do Sul, e a autora destaca a ocorrência de prejuízos às atividades primárias geradas, inclusive pelo desconforto térmico da população devido aos extremos das temperaturas. Faça a leitura das páginas 37 até 39 e reflita: até que ponto é possível, com o planejamento urbano, dirimir os prejuízos pontuados?

DIAS, R. S. Risco climático e vulnerabilidade socioespacial: o exemplo dos eventos extremos relacionados ao calor e ao frio. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 12, v. 19, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2vGyl8K>. Acesso em: 15 jun. 2018.

Além de estudar as consequências dos eventos extremos às atividades humanas, é preciso analisar a previsibilidade dos desastres. Ao longo dos anos foram registradas ocorrências de processos físicos de intensidades distintas e que fazem parte da dinâmica natural, como os terremotos, os vulcões, os maremotos, as inundações, os tornados, os furacões e os deslizamentos.

Quando a ocorrência de um desses processos físicos interage com grupos sociais em determinadas áreas, causando prejuízos para as atividades humanas, ambientais e econômicas, acontecem os desastres naturais. O termo natural se refere à força motriz dos processos de um ou mais componentes, que podem ser: geológico, hidrológico, climatológico e meteorológico (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015).

São várias as definições de desastres, porém uma das mais clássicas foi descrita por Castro (1999) como:

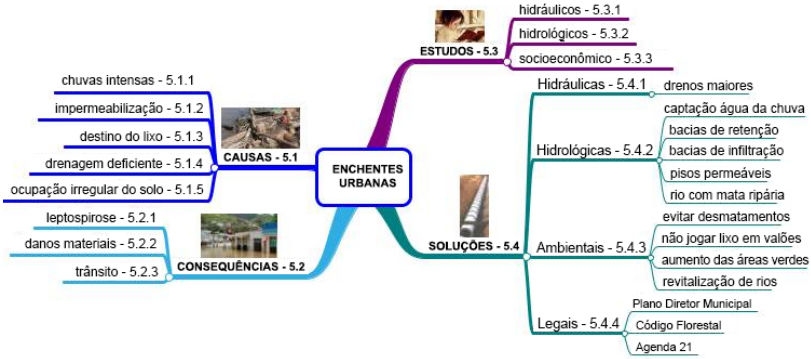
> **Resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. (CASTRO, 1999, p. 2)**

São inúmeros os métodos utilizados para a previsibilidade dos desastres, sendo hoje mais usuais os que se encontram baseados nas tecnologias e geotecnologias, como o uso de mapas mentais, radares meteorológicos, sistemas de informações geográficas e do sensoriamento remoto, por exemplo.

O mapa mental é uma ferramenta de organização de ideias por meio de uma palavra chave, com cores ou imagens, em uma estrutura que tem seu início a partir de um centroide. O objetivo do mapa mental é aprimorar a produtividade pessoal. Portanto, o mapa mental é um tipo de diagrama voltado para a gestão das informações de conhecimento para a solução dos problemas, bem como para a sua gestão (GALANTE, 2013; FROTA FILHO; MARÃO, 2017).

No exemplo a seguir (Figura 3.10), observamos um mapa mental referente às enchentes urbanas. Nota-se que foram destacados quatro grandes grupos que são as causas, as consequências, os estudos e as soluções. Cada um dos grupos traz conceitos que devem ser abordados e detalhados para que, ao final, um plano de previsão para minimizar as ocorrências das enchentes urbanas seja realizado.

Figura 3.10 | Mapa mental dos problemas das enchentes urbanas



Fonte: <https://bit.ly/2w67ac4>. Acesso em: 27 jun. 2018.

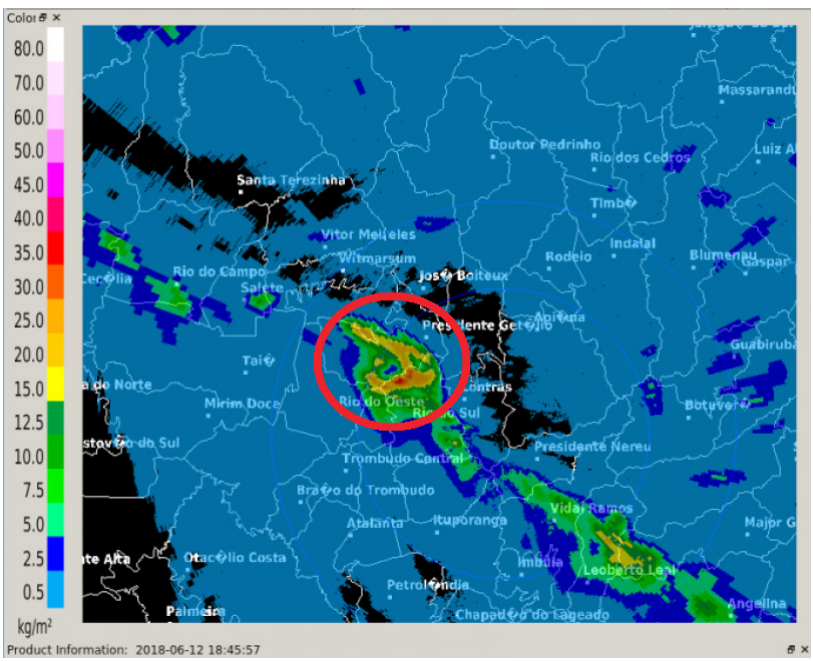
Leal (2017) indica a importância dos radares meteorológicos na previsão de desastres naturais, destacando seu uso, principalmente, para os desastres dos tipos hidrológicos e meteorológicos. Nas Américas, a maior parte das ocorrências dos desastres é caracterizada pelas tempestades, seguidas das inundações que, de acordo com Leal (2017) compreendem 71% dos fenômenos registrados. O autor destaca ainda que a previsão por meio do uso do radar meteorológico associado às geotecnologias, a obtenção das imagens de satélite e o uso das cartas sinóticas torna possível o conhecimento dos sistemas atuantes, bem como a origem do fenômeno, além dos possíveis danos em sua área de alcance. A Figura 3.11 apresenta o radar meteorológico do Oeste, em Chapecó, município do estado de Santa Catarina.

Figura 3.11 | Radar meteorológico do Oeste, Chapecó (SC)

Fonte: <https://bit.ly/2MqqomP>. Acesso em: 13 jun. 2018.

Na Figura 3.12 segue imagem do radar meteorológico de Lontras, estado de Santa Catarina, demonstrando, nas cores laranja e vermelho, a presença das nuvens onde se desenvolveu a microexplosão verificada no município de Presidente Getúlio, localizado no Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina, no dia 12 de junho de 2018, com ventos estimados de mais de 150 Km. A microexplosão é um fenômeno meteorológico que está associado a rajadas de ventos intensas, apresentando danos significativos como o corte de árvores e o arremesso de objetos. Este fenômeno se intensifica e se desfaz em poucos minutos, gerando estragos em largas proporções, atingindo áreas bem restritas (DIAS, 2007).

Figura 3.12 | Imagem do radar meteorológico de Lontras - Santa Catarina



Fonte: <https://bit.ly/2nDz5MR>. Acesso em: 19 jul. 2018.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são utilizados para a realização da previsão de desastres como os deslizamentos, queimadas e/ou incêndios, as inundações, as secas e estiagens. Um dos exemplos foi apresentado por Costa (2012), ao desenvolver um sistema de previsão e alerta de ocorrência de enchentes para o estado do Pará, baseado em Sistemas de Informações Geográficas. Tal sistema permite prever as variações do nível do Rio Tocantins no decorrer do ano, acompanhando a cheia com um período de antecedência de quatro dias, o que possibilita uma ação eficiente por parte da Defesa Civil. O modelo de previsão desenvolvido pelo autor se utiliza de réguas linimétricas que estão localizadas nos rios Tocantins e Araguaia, nas cidades de Carolina e Conceição do Araguaia, ambas no Pará, com distância aproximada de 225 a 270 km do município de Marabá (PA) (COSTA, 2012).

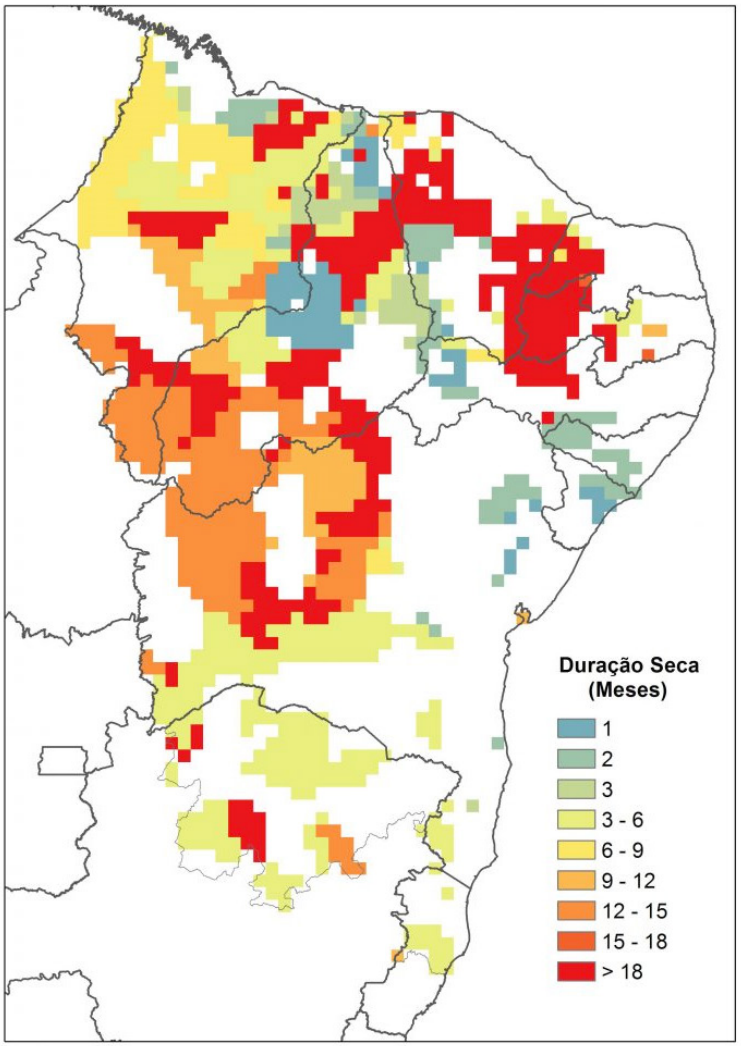
O Sensoriamento Remoto é outra importante tecnologia utilizada para a previsibilidade dos desastres. Sausen e Lacruz (2015), em sua obra sobre Sensoriamento Remoto para Desastres, apresentam suas possibilidades para a previsão destes eventos, com destaque para inundações e enxurradas, as secas e estiagens, os incêndios florestais e os deslizamentos.

Para Sausen e Narvaes (2015), no caso de inundações e enxurradas, o sensoriamento remoto auxilia no processo de previsão, prevenção e o monitoramento para a ocorrência desses tipos de desastres. Para a seca e estiagem, o sensoriamento remoto é utilizado para, entre outras coisas, estimar seus índices, sendo capaz de gerar cenários futuros, a fim de gerar os alertas de previsão de ocorrência (SOUZA JUNIOR; LACRUZ, 2015).

Exemplificando

Para a avaliação da seca na região Nordeste do Brasil, o Sistema de Informação Geográfica tem trabalhado com o Índice de Precipitação Padronizada (SPI), que indica os valores inferiores a -1 por pelo menos dois meses seguidos. O término da seca será dado quando o SPI apresentar valores positivos, conforme Figura 3.13.

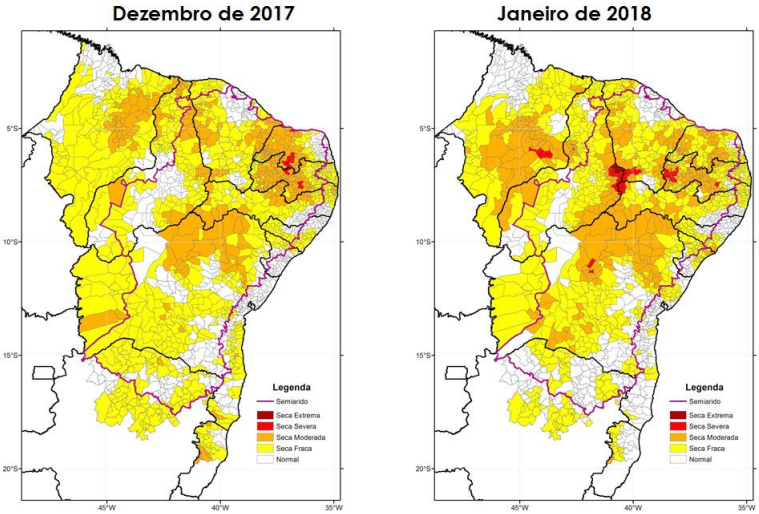
Figura 3.13 | Duração da seca meteorológica para o nordeste brasileiro



Fonte: <https://bit.ly/2BddtjW>. Acesso em: 15 jun. 2018.

Em relação à seca agrícola, a avaliação é dada peloa aplicação do Índice Integrado de Seca (IIS), conforme demonstrado na Figura 3.14 para os meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018.

Figura 3.14 | Índice de seca agrícola para o nordeste brasileiro



Fonte: <https://bit.ly/2PaeUTi>. Acesso em: 15 jun. 2018.

Para concluirmos, passaremos agora ao estudo dos desastres mais significativos no Brasil e o mundo. Desastres provocados por fenômenos climatológicos e meteorológicos são registrados em todo o planeta, provocando milhares de mortes e prejuízos econômicos extremante consideráveis.

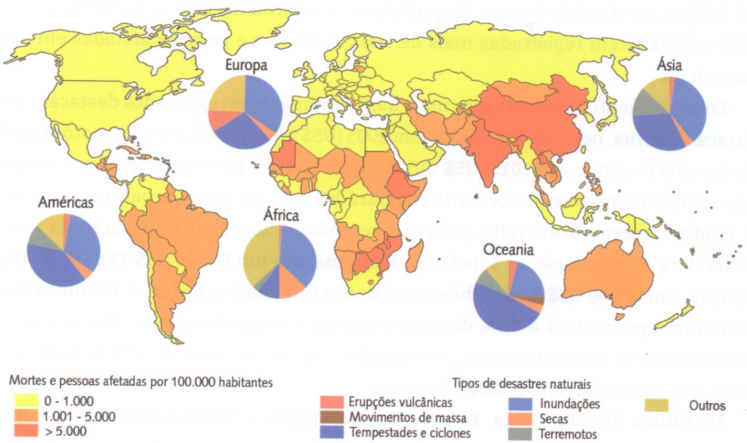
Quadro 3.4 | Subgrupo, definição e os principais tipos de desastres

Subgrupo	Definição	Principais tipos de desastres
Desastres meteorológicos.	Eventos causados por processos de curta duração (de minutos a dias).	Tempestades.
Desastres climatológicos.	Eventos causados por processos de longa duração (variabilidade climática de intrassazonal a multidecadal).	Temperaturas extremas, secas, incêndios/queimadas espontâneos.

Fonte: EM-DAT ([s.d.] apud SAITO; SORIANO; LONDE, 2015).

De forma global, as inundações e as tempestades ocasionam o maior número de registros de desastres naturais, especialmente na Ásia e na América. Já ocorrência da seca é mais frequente no continente africano. Os eventos recentes e mais economicamente danosos ocorreram nos Estados Unidos da América com o furacão Katrina, seguido da Tailândia e China com as inundações. E em 2017 com os furacões Maria, José, Irma e Harvey, também nos Estados Unidos. O furacão Katrina, em 2005, deixou 1,8 mil pessoas mortas e danos estimados de US$ 153 bilhões (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015). A Figura 3.15 demonstra os danos humanos e as principais ocorrências de desastres naturais por continente ocorridos de 1974 até 2003.

Figura 3.15 | Danos humanos e principais desastres naturais por continente no período de 1974 até 2003



Fonte: Saito, Soriano e Londe (2015, p. 34).

Segundo o *Atlas brasileiro de desastres naturais: volume Brasil* (UFSC, 2012), com dados de 1991 até 2012, foram registrados no Brasil, 31.909 desastres dos tipos secas, inundações bruscas e graduais, vendavais, granizo, movimentos de massa, incêndios florestais, geadas, tornados e as erosões linear, marinha e fluvial.

Segundo Saito, Soriano e Londe (2015), as secas e as estiagens compreendem 53% dos registros de desastres no Brasil, sendo as regiões Nordeste e Sul as mais afetadas. As inundações bruscas e os alagamentos apresentam 21% do total de ocorrências; a região Sul

é a área com maior incidência, apresentando um registro de 1.106 vítimas em todo o país. Outro destaque fica com a região Sudeste, que tem um registro de 580 mortes em função das inundações bruscas e de alagamentos (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015). As inundações graduais, por sua vez, representam 12% dos desastres registrados, principalmente no Sudeste nos meses de janeiro e fevereiro, e no Nordeste, nos meses de fevereiro a maio. Os vendavais e os granizos afetam principalmente a região Sul, pela incursão dos sistemas frontais mais intensos (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015).

São inúmeras as ocorrências de desastres naturais no Brasil nos últimos anos; cada uma delas com suas particularidades e importância. Nesse momento, vamos destacar os desastres do tipo meteorológico e climatológico ocorridos de 2004 em diante, e no citado ano, o registro do furacão Catarina, fenômeno antes não verificado no Brasil, que atingiu os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ocasionando danos às áreas rurais e urbanas. No ano de 2005 e 2010, a ocorrência de seca atingiu o estado do Amazonas, esta que é uma das regiões que apresenta a maior disponibilidade hídrica do país. Ainda no estado do Amazonas, nos anos de 2009 e 2012 ocorreram inundações graduais que ultrapassaram os níveis históricos. No ano de 2008, o estado de Santa Catarina, com as fortes inundações bruscas, sofreu com a ocorrências de inundações e deslizamentos resultando em feridos, mortos e desaparecidos. Alagoas e Pernambuco também foram atingidos por fortes inundações bruscas no ano de 2010. Na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, foram registrados inundações e deslizamentos, também com óbitos. Em 2013, três a cada quatro municípios apresentavam situação de emergência devido à seca que começou no ano de 2010 e, portanto, foi considerada como a seca mais longa dos últimos anos (FREITAS et al., 2014; UFSC, 2012).

Reflita

Os desastres no Brasil geram elevados custos sociais, ambientais e econômicos, afetando principalmente as áreas mais vulneráveis. Uma das maiores consequências das ocorrências dos desastres é verificada no setor da saúde, uma vez que a população é alvo de doenças físicas e mentais. As doenças mentais se manifestam com sintomas como o estresse pós-traumático, além do processo de luto por perda de familiares.

MINAYO, M. C. S.; GUALHANO, L. Desastres naturais - impactos, vulnerabilidades e organização do setor saúde. **Ciências da saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v.19, n.9, set. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2nCdp3x>. Acesso em: 15 jun.2018.

Diante disso, de que forma poderemos minimizar as consequências dos desastres?

Os desastres naturais dos tipos climatológicos e meteorológicos evidenciam as condições de vulnerabilidade das áreas atingidas, demonstrando a cada ocorrência a fragilidade do sistema nas etapas de previsão, monitoramento, alerta e alarme. Destas etapas, a de primordial importância é a previsão, principalmente quando feita com certo período de antecedência.

Sem medo de errar

Seu trabalho como engenheiro ambiental da Defesa Civil Nacional em um município do interior do Brasil continua, e nesse momento a população local está muito empolgada: um biólogo do IBAMA está em vias de retornar ao local a fim de confirmar a presença da arara-azul-pequena, ave que é considerada praticamente extinta, uma vez que há muitos anos não se via essa espécie em seu ambiente natural.

Assim, todos estão preocupados com alguns fatores. O primeiro deles é a chegada do período de estiagem, que, no caso desse município, coincide com as férias escolares. Isso promove um maior fluxo de pessoas para área em função de um parque temático próximo. Além disso, o período de estiagem costuma registrar a ocorrência de queimadas, em sua maior parte provocadas pelo homem. Por isso, você precisará atuar na análise das condições de ocorrências de queimadas, e assim ser capaz de promover ações que auxiliem a todos na prevenção dessas ocorrências.

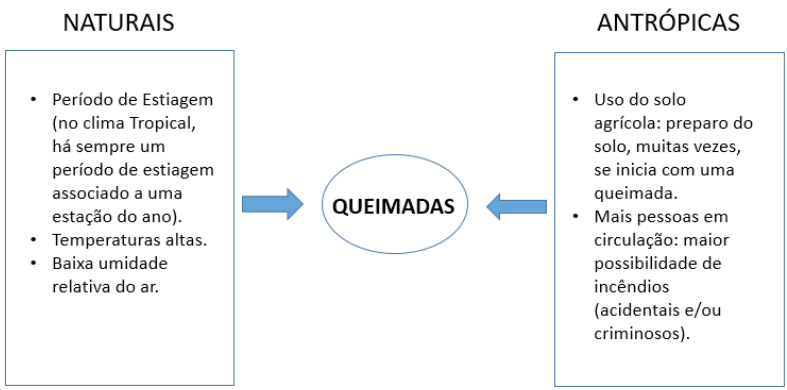
A partir do momento que o fogo começa ele se espalha facilmente – pois o tempo está bem seco –, atingindo as áreas de florestas, representando grandes prejuízos econômicos, sociais e ambientais e, por isso, representando um risco ao casal de arara-azul-pequena.

Para analisar e prever as consequências desse desastre, tanto nos aspectos econômico como social, você, pela via conceitual, compreende que todo e qualquer bioma está submetido aos eventos atmosféricos e ao regime climático local – tropical – o qual apresenta, como característica principal, uma estação quente e chuvosa e outra seca e com temperaturas mais baixas. Nesta última, é comum a ocorrência de queimadas. No entanto, sabemos que as atividades humanas também são influenciadas pelos fenômenos atmosféricos. O município está localizado próximo a um parque temático que, no momento, recebe um grande número de frequentadores, e assim a circulação de pessoas está bem maior do que a média.

Na sequência, você deve acessar o site do INPE que promove o monitoramento do risco de fogo (<http://www.inpe.br/queimadas/portal>, acesso em: 20 jul. 2018) e nela escolher a opção "risco de fogo". Ao abrir a página, selecione a opção "risco de fogo observado" e, conforme o mapa aparecer, você verifica que o município em questão está na área em vermelho no país, o que, para a época, apresenta altos índices de risco de fogo. Logo abaixo, também é possível escolher a opção "precisão de risco de fogo" e verificar a previsão para um período um pouco maior.

Em seguida, após analisar todas essas informações, você constrói um mapa mental, que parte das queimadas como centroide. Nele, você inclui alguns pontos que julgou como principais, relacionados às causas das queimadas. Observe:

Figura 3.16 | Principais causas relacionadas à ocorrência das queimadas



Fonte: elaborada pela autora.

Em seguida, você apresenta esse mapa à comunidade municipal, discutindo o quanto as queimadas, que são fenômenos atmosféricos naturais, intensificam-se pelas ações antrópicas e justamente as áreas mais vulneráveis são aquelas nas quais se verificam as consequências mais desastrosas, quer seja nos aspectos socioambientais, quer seja nos socioeconômicos.

O habitat da arara-azul-pequena é extremamente vulnerável e as queimadas comprometem seriamente o solo das áreas de florestas, circunvizinhas ao município, que costumam levar muito tempo para se recuperar. Assim, você apresenta técnicas alternativas à utilização do fogo, tais como os sistemas agroflorestais, que tratam do sistema de plantio direto com base na trituração da capoeira e na integração entre a lavoura, a pecuária e a floresta. Com o habitat destruído, a extinção da fauna é inevitável.

E, por fim, você poderá coordenar uma ação educativa no parque temático, a partir da qual é possível chamar a atenção acerca de atividades que as pessoas costumam desenvolver ao ar livre que possam gerar incêndios por descuido, como deixar fogueiras acesas, descartar bitucas de cigarro em lugares indevidos (principalmente à beira das estradas) e sem apagar, além de mostrar a necessidade de se recolher o lixo e realizar o seu descarte corretamente.

Com essas análises, você consegue prever a ocorrência dos desastres e promover ações para sua diminuição e prevenção.

Avançando na prática

Matopiba, o crescimento da atividade agrícola e sua relação com a ocorrência de seca

Descrição da situação-problema

Um agricultor comercial do estado de Minas Gerais pretende ampliar seus negócios no ramo, e você é um geógrafo contratado para auxiliar seu corretor imobiliário na busca por uma nova área, de preferência com alta fertilidade do solo, para o desenvolvimento do agronegócio.

O produtor almeja uma área que apresente uma boa localização para o escoamento da produção, seja distinta daquelas nas quais

ele já possui investimentos e com possibilidades de crescimento consideráveis para seus negócios.

Neste sentido, você, geógrafo, pode contribuir na escolha e na sugestão de uma área no Brasil para o crescimento do agronegócio e que atenda a necessidade desse produtor?

Resolução da situação-problema

Ao buscar áreas que apresentam alta fertilidade do solo, com boa localização para o escoamento da produção, você indicou ao corretor imobiliário que procure por terras na região chamada Matopiba.

Para tanto, inicialmente, é preciso observar que esta região, nos últimos anos, passou por inúmeras transformações, como a ampliação do sistema de infraestrutura logística, a expansão dos polos de fronteira agrícola, que estão baseados no uso de tecnologias agrícolas e agropecuárias de alta produtividade.

Diante disso, o corretor imobiliário indica a região da Matopiba para que o agricultor comercial possa ampliar os seus negócios.

Figura 3.17 | Área do Matopiba

Fonte: <https://bit.ly/2KRrwvd>. Acesso em: 16 jun. 2018.

Há ainda o fato de o bioma do cerrado ser a maior savana da América do Sul, e a mais rica em biodiversidade do planeta, considerada um manancial, uma vez que é fundamental para oito das doze bacias hidrográficas existentes no Brasil. O Matopiba é a região que engloba os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e a Bahia, portanto, uma área que é considerada como a nova área de fronteira agrícola do Brasil e vem apresentando crescimento considerável na economia.

Faça valer a pena

1. Os desastres, segundo definição de Castro (1999, p. 2), são:

> **Resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado.**

Fonte: CASTRO, L. A. **Manual de planejamento de defesa civil.** Brasília: Imprensa Nacional, 1999.

Sobre os desastres é correto afirmar:

a) No Brasil, a grande maioria dos desastres naturais apresenta causas múltiplas, sendo que uma delas está associada aos processos atmosféricos.
b) No Brasil, os desastres naturais não se encontram relacionados aos processos atmosféricos, somente às ações antrópicas.
c) No Brasil, os ventos são os causadores dos danos diretos quando comparados aos outros tipos de fenômenos atmosféricos, como a inundação.
d) No Brasil, a ocorrência de tornado está associada às temperaturas, dando-se, principalmente, em áreas de altas latitudes.
e) No Brasil, as ocorrências de inundações não provocam prejuízos para a sociedade, e sim benefícios principalmente para o setor agrícola.

2. A seca é um desastre do tipo climatológico, causado pela insuficiência de precipitação pluviométrica. É um desastre de longa duração, não sendo visível ou percebido no início, podendo prolongar-se durante muitos anos, sendo difícil de determinar o seu início e fim.

De acordo com a descrição, julgue as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F):

( ) A seca afeta a segurança alimentar e a sobrevivência de pessoas e animais em todo o mundo.
( ) A seca interfere na segurança alimentar, porém não provoca riscos generalizados à sobrevivência de pessoas e animais em todo o mundo.
( ) A seca se caracteriza pela escassez eólica e com repercussão negativa para os ecossistemas e atividades socioeconômicas.
( ) A seca se caracteriza como escassez hídrica, com repercussão negativa para os ecossistemas e atividades socioeconômicas.

Assinale a alternativa com a sequência correta.
a) F - F- V – V.
b) F - V - F – V.
c) V - F - F – V.
d) V - V- V- F.
e) F - F - F –V.

3.

> **O termo natural, em desastres, refere-se à força motriz dos processos de um ou mais dos seguintes componentes: geológico, hidrológico, climatológico e meteorológico. Os impactos provenientes destes desastres são agravados pelos fatores socioeconômicos e pelo inadequado planejamento urbano. (SAITO; SORIANO; LONDE; 2015, p. 23)**

Fonte: SAITO, S.; SORIANO, E.; LONDE, L. R. Desastres naturais. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
Com base no descrito, estabeleça a relação entre o termo e o seu conceito:

1 - Desastre geológico 2 - Desastre hidrológico 3 - Desastre climatológico 4 - Desastre meteorológico	A - Evento causado pelo transbordamento dos sistemas hídricos. B - Evento causado por processo atmosférico de curta duração. C - Evento com origem na geosfera. D - Eventos causados por processos de longa duração.

Assinale a alternativa com a associação correta.

a) 1A - 2B - 3C - 4D.
b) 1B - 2A - 3D - 4C.
c) 1C -2A - 3D - 4B.
d) 1D - 2C - 3A - 4B.
e) 1A - 2B- 3D - 4C.

Referências

AHRENS, C. D. **Essentials of meteorology:** an invitation to the atmosphere. 4ª ed. Belmonte, CA, EUA: Brooks/Cole, 2005.

ALEIXO, N. C.; SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e saúde: Diálogos Geográficos. **Revista Geonorte**, v. 8, n. 30, p. 78-103, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2BaibyW>. Acesso em: 5 jun. 2018.

ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à geografia.** Campina Grande. EDUEPB, 2016. 317 p.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 332 p.

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001. 142 p.

BAYER, D. M.; BAYER, F. M. Previsão da umidade relativa do ar de Brasília por meio do modelo beta autorregressivo de médias móveis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, 319 - 326, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/2vJinjD>. Acesso em: 22 jun. 2018.

BAYER, D. M., CASTRO, N. M., BAYER, F. M. Modelagem e Previsão de Vazões Médias Mensais do Rio Potiribu Utilizando Modelos de Séries Temporais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 2, p. 229-239, abr./jun. 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2JS9bye>. Acesso em: 18 jun. 2018.

BITENCOURT, D. P. et al. Frequência, Duração, Abrangência Espacial e Intensidade das Ondas e Calor no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 506-517, out./dez. 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2MAmk0L>. Acesso em: 18 *jun*. 2018.

BRANDÃO, A. M. P. M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In.: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres**. Brasília, [s.d.]. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em 3 jul. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Parques e áreas verdes**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2P6TBBK>. Acesso em: 9 jul. 2018.

CARVALHO, J. L. N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2LRaAcE>. Acesso em: 3 jul. 2018.

CASTRO, L. A. **Manual de planejamento de defesa civil.** Brasília: Imprensa Nacional, 1999.

CELEMIN, A. **Meteorologia Práctica**. Mar del Plata: Edicion del Autor, 1997.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION – CDC. **Heat-Related Deaths – United States, 1999-2003.** Morbidity and Mortality Weekly Report. Atlanta, 2006. Disponível em: <https://bit.ly/2nlWlJr>. Acesso em: 18 *jun*. 2018.

COI, N. B.; NEDEL, A. S.; NASCIMENTO, A. L. Impactos à saúde ocasionados por ondas de calor nas cidades de Bagé, Iraí e Porto Alegre - RS. In: VII Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia, 7., 2017, Pelotas - RS. **Anais**..., 2017.

COSTA, J. A. **Desenvolvimento de um sistema de alerta de enchente aplicado aos planos de defesa civil em áreas de risco no estado do Pará utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG), caso**: cidade de Marabá. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2nCHXCn>. Acesso em: 18 jul. 2018.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta bot. bras**., v. 20, n. 1, 2006, p. 1-11. Disponível em: <https://bit.ly/2Lm0KjK>. Acesso em: 18 jul. 2018.

DEFESA CIVIL diz que microexplosão atingiu Presidente Getúlio nesta terça-feira. **O Município**. Blumenau, 13 jun. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2nDz5MR>. Acesso em: 19 jul. 2018.

DEVIDO à baixa umidade, Defesa Civil declara estado de emergência no DF. **Correio Braziliense**, Brasília, 30 ago 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2P6AibZ>. Acesso em: 5 jun. 2018.

DIAS, M. A. F. S. Furacões e tornados: um espetáculo de rotação na atmosfera terrestre. **Revista USP**, São Paulo, n.72, p. 44-53, 2007.

DIAS, R. S. Risco climático e vulnerabilidade socioespacial: o exemplo dos eventos extremos relacionados ao calor e ao frio. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 12, v. 19, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2vGyl8K>. Acesso em: 15 jun. 2018.

DUTRA, L. M. M. **Ciclones subtropicais sobre o Atlântico Sul**: análise da estrutura dinâmica de eventos. 2012. 144 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) – Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

EMERGENCY EVENTS DATABASE – EM-DAT. **Criteria and definition**. Bruxelas, [s.d.]. Disponível em: <https://bit.ly/1B2lE90>. Acesso em: 15 jun. 2018.

ELOY, A. M. X. **Estresse na produção animal**. Embrapa Caprinos e Ovinos. Circular Técnica, 87. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2007. 7 p.

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – FM/UFMG. **Risco de infarto e males circulatórios podem aumentar no frio**. Belo Horizonte, 28 jul. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2P9rGRE>. Acesso em: 23 jun. 2018.

FIORIN, T. T.; DAL ROSS, M. **Climatologia agrícola**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede e-Tec Brasil, 2015. 82 p.

FREIRE, S.; CARRÃO, H.; CAETANO, M. R. **Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal com Recurso a Imagens de Satélite e Dados Auxiliares**. Lisboa: Instituto Geográfico Português, 2004.

FREITAS, C. M. et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, p. 3645-3656, set. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2KtuJ4u>. Acesso em: 15 jun. 2018.

FROTA FILHO, A. B.; MARÃO, T. L. Uso dos mapas mentais para avaliação dos impactos ambientais em ambiente urbano. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.). **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**. Disponível em: <https://bit.ly/2w8SQiT>. Acesso em: 16 jun. 2018.

GALANTE, C. E. S. O uso de mapas conceituais e de mapas mentais como ferramentas pedagógicas no contexto educacional do ensino superior. **Revista Eletrônica Saber**, Asunción, Paraguai, v. 28, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2MHwkou>. Acesso em: 16 jun. 2018.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; FALCÃO, R. M. Ocorrência de inversão térmica no perfil topoclimático do Pico da Bandeira, Parque Nacional do Alto Caparaó, Brasil. In: VI Seminário Latino de Geografia Física II; Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. **Anais**... Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. Disponível em: <https://goo.gl/joA9UP>. Acesso em: 26 maio 2018.

HERMAN, M. L. P. **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**: período de 1980 a 2010. 2ª ed. atualizada e revisada. Florianópolis: ed. IHGSC/Cadernos Geográfico, 2014. 219 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. Brasília, 2004. Disponível em: <https://bit.ly/2BAXYRs>. Acesso em: 14 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisas.** Brasília, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2OxAHD6>. Acesso em: 3 jul. 2018.

LAAIDI, K. et al. The impact of heat islands on mortality in Paris during the August 2003 eat wave. **Environmental Health Perspectives**, v. 120, n. 2, p. 254-259, set. 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2w9W9q6>. Acesso em: 18 *jun*. 2018.

LAMBERTS, R. **Conforto e stress térmico**. Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. p. 87.

LEAL, D. C. Radar meteorológico e sua importância na previsão de desastres naturais. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.). **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**. Disponível em: <https://bit.ly/2MMlbTq>. Acesso em: 15 jun. 2018.

LONDE, L. R. et al. Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. **Rev. Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 133-152, out./dez. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2MnyooQ>. Acesso em: 10 jul. 2018.

MARKS, F. D. Hurricanes. In: **Encyclopedia of Atmospheric Sciences**. James R. HOLTON, J. R.; CURRY, J. A.; PYLE, J. A. (Ed.). v. 6, p. 942-966. San Diego: Academic Press, 2002.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MINAYO, M. C. S.; GUALHANO, L. Desastres naturais - impactos, vulnerabilidades e organização do setor saúde. **Ciências da saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, set. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2nCdp3x>. Acesso em: 15 jun. 2018.

NICK, L. M.; NEDEL, A. S. Climatologia do conforto térmico humano durante o verão para a cidade de Pelotas - RS, parte 1. In: VII Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia, 7., 2017, Pelotas - RS. **Anais**..., 2017.

NICK, L. M.; NUNES, A. B.; NASCIMENTO, A. L.; NEDEL, A. S. Análise Sinótica de Três Eventos de Desconforto Térmico por Calor na Cidade de Pelotas RS. In: VII Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia, 7., 2017, Pelotas - RS. **Anais**..., 2017.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. Emissão de gases nas atividades pecuárias. In: Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 2., 2011, Foz do Iguaçu. Anais... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. v. 2. 1 CD-ROM, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/2EPcJOu>. Acesso em: 3 jun. 2018.

PEREIRA, N. **Impactos dos ciclones extratropicais em eventos extremos de precipitação na Bacia do Rio da Prata**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas) – Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo São Paulo, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2AtaLGu>. Acesso em: 26 maio 2018.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. USP. Departamento de Ciências Exatas, 2007. 202 p.

PINTO, H. S.; ZULLO JR., J.; AVILA, A. M. H. **Umidade do ar: saúde no inverno**. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – Cepagri Unicamp, set. 2008. Disponível em: <https://bit.ly/2KQyMaH>. Acesso em: 4 jun. 2018.

ROCHA, F. P. da.; ARAVEQUIA, J. A.; RIBEIRO, B. Z. Estudo de Ciclones e de Padrões de Circulação Atmosférica no Oceano Atlântico Sul Próximo à Costa das Regiões Sul e Sudeste do Brasil Usando Dados da Reanálise do Era-Interim. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 141-156. <https://bit.ly/2M6xjhD>. Acesso em: 13 jun. 2018.

ROCHA, F. R. **Estudo de caso de dois ciclones tropicais no Oceano Atlântico Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

RUAS, A. C. **Avaliação do conforto térmico - Contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2001. p. 79.

SAITO, S.; SORIANO, E.; LONDE, L. R. Desastres naturais. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SANTOS, M. J. M.; NEDEL, A. S.; PINTO, L. B. P. Análise de conforto térmico em COXIM -MS (Pantanal) durante eventos de friagens nos meses de jun/jul/ago. In: VII Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia, 7., 2017, Pelotas - RS. **Anais.**.., 2017. Disponível em <https://bit.ly/2unbRNV>. Acesso em: 10/07/2018.

SANTOS, N. B. F. **Padrões de distribuições espaciais e temporais de temperatura de superfície no bioma Cerrado**: Uma análise integrada a partir de dados orbitais de resolução moderada. 2010. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Departamento de Ciências Agrárias, 2010.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SAUSEN, T. M.; NARVAES, S. Sensoriamento remoto para inundação e enxurrada. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SETTE, D. M.; RIBEIRO, H. Interações entre o clima, o tempo e a saúde humana. **InterfacEHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, ago. 2011. Disponível em: <https://bit.ly/2liZVZw>. Acesso em: 18 jun. 2018.

SILVA, E. N. da. **Ambiente atmosférico intraurbano na cidade de São Paulo e possíveis correlações com doenças dos aparelhos**: respiratório e circulatório. 2010. 215 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2w7u4A1>. Acesso em: 14 ago. 2018.

SILVEIRA, R. B., MENDONÇA, M., FRANKE, A. E. Impactos das ondas de frio sobre a saúde pública no município de São Joaquim, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, v. 22, jan./jun. 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2MenxhQ>. *Acesso em: 6 jun. 2018.*

SILVEIRA, R. B. et al. A correlação entre as ondas de frio e nevascas em São Joaquim/SC e os impactos na população. In: **XII SBCG**, 12., 2016, Goiânia - GO. Disponível em: <https://bit.ly/2KUnUg3>. Acesso em: 9 jul. 2018.

SOUZA JUNIOR., M. A.; LACRUZ, M. S. P. Sensoriamento remoto para estiagem. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

TORRES, F. T. P. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 18, p. 162-171, jun. 2006. Disponível em: <https://bit.ly/2M1wczp>. Acesso em: 5 jun. 2018.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 234 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (UFSC-CEPED). **Atlas brasileiro de desastres naturais** 1991 a 2010: volume Brasil. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2012.

VIANA, D. B. **Vulnerabilidade de biomas às mudanças climáticas: o caso da Mata Atlântica no estado do Paraná.** Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro: COPPE, 2015. 343 p.

Sistemas de informações meteorológicas

Convite ao estudo

Seja bem-vindo à quarta unidade de ensino da disciplina de Climatologia e Meteorologia. Nosso foco, nesse momento, é o estudo dos sistemas de informações meteorológicas por meio das estações meteorológicas, da interpretação dos dados e das mudanças climáticas.

A primeira seção procura definir as escalas de estudo climáticos segundo sua ordem de grandeza, temporalidade das variações mais representativas e a exemplificação espacial. Na sequência, trataremos da aquisição dos dados meteorológicos e sua importância para a realização de estudos de tempo e clima, bem como para a elaboração da previsão de tempo. Com isso, nesse momento, também abordaremos os satélites meteorológicos, com destaque para os geoestacionários e os de órbita polar. Para finalizar essa seção, estudaremos as previsões de tempo e sua aplicação nas atividades humanas. Na segunda seção vamos focar nosso trabalho com os tipos de estações meteorológicas e suas principais características, incluindo os equipamentos de medição e aferição dos dados meteorológicos, também tratados aqui. Na sequência, vamos aprender como realizar a interpretação das cartas climáticas, seus objetivos e aplicações, para, ao final da seção, tratar da utilização dos dados meteorológicos e das suas aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento. A terceira seção desta unidade versa sobre as mudanças climáticas. Iniciaremos com um breve histórico dos movimentos a elas relacionados e, por isso, buscaremos a compreensão da influência antrópica no processo. O aquecimento global e seu caráter cíclico, bem como os impactos associados às mudanças climáticas

serão apresentados. Portanto, vamos nos dedicar à análise e à interpretação dos dados meteorológicos para a previsão do tempo e das inferências acerca das mudanças climáticas.

Nesta unidade, partiremos da ideia de que você trabalha no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a análise e interpretação dos dados meteorológicos para a elaboração das previsões de tempo e das mudanças climáticas fazem parte da rotina diária de sua função. A demanda de trabalho atual envolve o desenvolvimento de uma previsão de tempo específica, solicitada pelo município de Serro, no estado de Minas Gerais, que deseja construir um aeroporto. Para essa empreitada, o local indicado pela prefeitura se localiza próximo da Área de Proteção Ambiental das Águas Vertentes, no distrito de Milho Verde, do referido município. Sabendo que a instalação de um aeroporto envolve, dentre outros procedimentos, uma averiguação das condições climáticas e meteorológicas da área, é preciso apurar a possibilidade de viabilização desse empreendimento, sobretudo no que tange a sua relação à possíveis mudanças climáticas, bem como o aumento das doenças infecciosas associadas pelas intervenções que serão realizadas próximas à Área de Proteção Ambiental das Águas Vertentes. Assim, como você deverá analisar e interpretar os dados meteorológicos para a previsão de tempo? De que forma essa análise de dados será capaz de ajudar em uma previsão ou de vislumbrar de cenários futuros para as mudanças climáticas e sua possível relação com o aumento das doenças infecciosas? Será que o local apresentado pela prefeitura viabiliza a instalação de um aeroporto? Quais outros efeitos que você deve colocar em pauta na discussão e que podem gerar impactos negativos para o município e/ou para a APA das Águas Vertentes?

Vamos prosseguir com nossos estudos sobre os sistemas de informações meteorológicas e verificar como a climatologia e a meteorologia podem evidenciar a viabilidade (ou não) da instalação do aeroporto.

Bons estudos!

Seção 4.1

O clima e a previsão de tempo atmosférico

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nessa seção vamos trabalhar com os conceitos e as definições sobre as escalas de estudos climáticos, os sistemas de aquisição de dados meteorológicos, os satélites de aquisição de dados meteorológicos e a previsão de tempo aplicada às atividades humanas.

Para tanto, vamos retornar ao problema apresentado anteriormente: você trabalha no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e foi incumbido da tarefa de desenvolver uma previsão de tempo específica para atender o município de Serro, no estado de Minas Gerais, cuja demanda é a instalação de um aeroporto em um local disponibilizado pela prefeitura, mas que se localiza próximo à APA das Águas Vertentes.

Se a área disponibilizada para a construção do aeroporto apresenta condições climáticas semelhantes à área de preservação ambiental localizada no entorno, o transporte aéreo poderá se mostrar como uma atividade vulnerável às condições de tempo e de clima.

Assim, é preciso realizar a análise dos dados meteorológicos para o desenvolvimento de uma previsão de tempo para o setor do transporte aéreo. Com base nessa informação, de que forma você pode identificar quais elementos meteorológicos devem ser considerados para a elaboração da previsão de tempo para o setor aéreo? Como analisar e interpretar os dados meteorológicos para acompanhar o processo de mudança climática propiciada pelo transporte aéreo no município de Serro (MG)?

Vamos acompanhar os estudos dessa seção e verificar de que forma você poderá atender à solicitação do município de Serro (MG).

Bons estudos!

Não pode faltar

A escala climática trata da dimensão espacial (extensão) e temporal (duração) dos fenômenos estudados. Os estudos sobre a circulação atmosférica envolvem diversos fatores que nem sempre

são fáceis de se trabalhar. Para que seja possível simplificar a grande quantidade de fatores nos estudos da circulação atmosférica, foram determinadas escalas que permitem estudos na ordem do perímetro da Terra (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Portanto, o **clima** pode ser estudado pela da sua dimensão **espacial** e **temporal**, e ambas são empregadas de forma conjunta em diversos estudos. No caso das escalas espaciais, o maior destaque fica com os estudos relacionados à abordagem geográfica do clima, sendo que as escalas mais conhecidas são a macroclimática, a mesoclimática e a microclimática. Já as escalas temporais são mais usadas para os estudos geológicos e históricos (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), existe uma ordem hierárquica nas escalas climáticas espaciais ou temporais. Nas escalas espaciais, o microclima é inserido no mesoclima que, por sua vez, se insere no macroclima. Porém, vale ressaltar que as dimensões espaciais estão embasadas em uma flexibilidade entre as diversas grandezas, em que os climas regionais e o topoclima compõem as escalas transitórias entre a grandeza média, a superior e a inferior.

Verificamos, no Quadro 4.1, a descrição da organização das escalas espacial e temporal do clima, conforme apresentado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), por meio das subdivisões, das escalas horizontal e vertical e da temporalidade das variações mais representativas.

Quadro 4.1 | Organização das escalas espacial e temporal do clima

Ordem de grandeza	Subdivisões	Escala horizontal	Escala vertical	Temporalidade das variações mais representativas	Exemplificação espacial
Macroclima	Clima zonal. Clima regional.	>2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios.	O globo, um hemisfério, continente, oceano e os mares.
Mesoclima	Clima regional. Clima local. Topoclima.	2.000 km a 10 km	12 km a 100 km	Várias horas a alguns dias.	Região natural, montanha, região metropolitana e a cidade, por exemplo.
Microclima		10 km a alguns metros	Abaixo de 10 m	De minutos a dias.	Bosque, uma rua, uma edificação ou uma casa.

Fonte: Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 23).

O **Macroclima** trata das maiores unidades climáticas que compreendem o clima do globo, abrangendo, portanto, extensas áreas da superfície da Terra. A extensão espacial dos climas desta unidade escalar é superior à ordem de milhões de quilômetros quadrados, estando subordinada à circulação geral da atmosfera, aos fatores astronômicos e à variabilidade da distribuição da radiação solar no planeta (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O **Mesoclima**, como pontuam Mendonça e Danni-Oliveira (2007), é a unidade intermediária existente entre as grandezas superior e inferior do clima, e sua extensão é bastante variável. O clima local e o topoclima são subunidades do mesoclima. O clima local é definido por meio dos aspectos locais de uma grande cidade, por exemplo. O topoclima, por sua vez, é definido pelo relevo. Tanto o clima local quanto o topoclima compõem o clima regional.

O **Microclima** é a menor das escalas climatológicas; sua extensão pode ir de alguns centímetros até dezenas de metros quadrados. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) definem esta escala em relação ao movimento turbulento do ar na superfície terrestre, devido aos inúmeros obstáculos, tais como o uso e ocupação do solo. O microclima, portanto, trata do estudo de áreas pequenas como uma rua, um lago, dentre outros.

Reflita

O estudo do microclima contempla um conjunto de variáveis climatológicas como a temperatura, a umidade do ar, a sensação térmica e a precipitação, que apresentam comportamentos distintos quando influenciadas pela urbanização acelerada ou pela presença de florestas urbanas, por exemplo. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Com isso em mente, reflita: quais são as principais consequências da formação dos microclimas em áreas urbanizadas? Esse fenômeno pode ser associado à incidência de alguma patologia em específico? Qual deve ser o papel da equipe de gestão e planejamento urbano em relação ao estudo e à análise dos dados que permitem o conhecimento do comportamento do microclima?

Além das escalas e estudos do clima, é preciso considerar os sistemas de aquisição de dados meteorológicos. Conforme descrito por Torres et al. (2015), tais dados são de interesse da humanidade

desde os tempos remotos. Um bom exemplo disso é a Torre dos Ventos, em Atenas, na Grécia, que, em sua cobertura, contava com um cata-vento para indicar a direção do vento. Os dados meteorológicos são importantes nas mais diversas áreas de estudo e das atividades humanas. Durante muitos anos, sua aquisição era feita por meio das estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em três horários diários, em Brasília, no Distrito Federal. Por intermédio do desenvolvimento tecnológico, as estações meteorológicas automáticas foram desenvolvidas e passaram a emitir dados em diversos horários em um dia.

Pesquise mais

Em Torres et al. (2015), você encontrará um estudo sobre a aquisição dos dados meteorológicos com o uso da plataforma Arduino. O sistema Arduino permite que a aquisição dos dados ocorra por sensores ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade, e depois viabiliza seu envio pela internet. A vantagem de se trabalhar com o sistema de aquisição de dados meteorológicos Arduino está no seu custo, que é inferior se comparado ao das estações meteorológicas.

Leia o artigo indicado a seguir para uma melhor compreensão sobre o esse sistema.

TORRES, J. D. et al. Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados. **Scientia Plena**. v. 11, nº 2, 2015. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1742/1130>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Para o entendimento dos sistemas de aquisição de dados meteorológicos é fundamental compreender as maneiras como eles podem ser obtidos, como é o caso dos satélites meteorológicos. Segundo Vianello e Alves (2012), existem, essencialmente, dois tipos de classificação de satélites, em relação à sua órbita: os de órbita polar e os satélites geoestacionários. Dentre os diversos instrumentos a bordo de um satélite, há os equipamentos de transmissão automática de imagens.

Os satélites em órbita polar, como o Noaa, estão situados entre 800 e 1.400 km de altura em relação à superfície da Terra. Já os satélites geoestacionários, como o Goes, estão a 36.000 km. "Os satélites

observam as camadas de nuvens, as distribuições verticais da temperatura e umidade do ar, da temperatura na superfície, bem como das regiões cobertas por gelo e neve", descrevem Vianello e Alves (2012, p. 279).

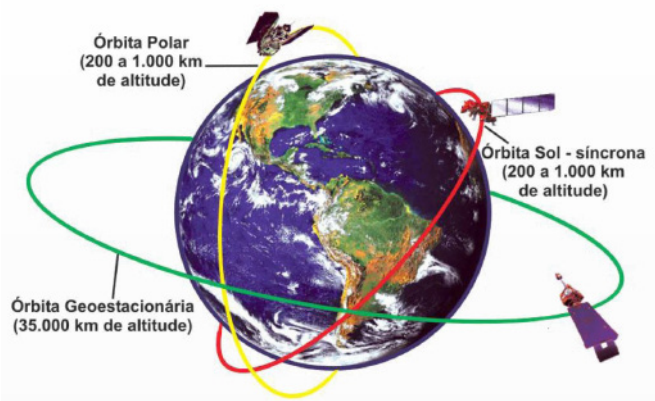
Vocabulário

Os satélites de órbita polar apresentam inclinação de 90°, estando em paralelo ao eixo da Terra. Isso "permite (...) a passagem do satélite sobre todo o planeta de forma sincronizada com o movimento da Terra em torno do Sol" (FLORENZANO, 2008, p. 19). Esses satélites passam pela linha do equador sempre no mesmo horário local.

Os satélites geoestacionários (Figura 4.1) estão

> **[...] sempre na mesma posição em relação a Terra. Este tipo de satélite parece estar 'estacionado', possibilitando a observação sempre da mesma área da superfície terrestre. Estes tipos de satélites não cobrem as regiões polares. (FLORENZANO, 2008, p. 19)**

Figura 4.1 | Órbita dos satélites meteorológicos geoestacionários e polares



Fonte: <http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/3-Satelites_e_Sensores.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2018.

Conforme apontado por Vianello e Alves (2012), os satélites geostacionários são os mais utilizados para a realização da previsão do tempo, pois fornecem imagens a cada 30 minutos, seja na faixa do visível, que ocorre durante o dia, ou na faixa do infravermelho, que viabiliza

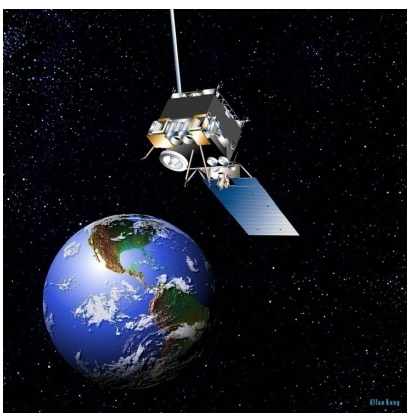
imagens tanto durante o dia quanto a noite. Os satélites geoestacionários propiciam informações sobre as frentes frias, os ciclones e os furacões, dentre outras. As imagens fornecidas pelos satélites são digitais e podem ser processadas por computadores, gerando informações como as precipitações, as temperaturas e o comportamento dos ventos (VIANELLO; ALVES, 2012).

As informações dos satélites meteorológicos, dos quais o Brasil pode receber informações são: NOAA (Figura 4.2), NASA/MSFC, GOES (Figura 4.3), AQUA, TERRA, METEOSAT, FENG YUN, MTSAT/JMA. Estes satélites viabilizam a disponibilização de "informações sobre o vapor de água e do topo das nuvens" (VIANELLO e ALVES, 2012; p. 280).

Figura 4.2 | Ilustração do Satélite polar Noaa

Fonte: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/NOAA-M/>. Acesso em: 23 jun. 2018.

Figura 4.3 | Ilustração do Satélite geoestacionário Goes



Fonte: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/692606main_goesartistconcept.jpg>. Acesso em: 23 jun. 2018.

Assimile

Os satélites meteorológicos são considerados como ferramentas de grande importância para realizar as previsões de tempo e clima. Eles ainda permitem a observação dos fenômenos e a realização de medições dos aspectos físicos que, por sua vez, possibilitam o entendimento e a qualificação dos fenômenos atmosféricos no que se refere à resolução temporal e espacial. Sobre a resolução temporal, destaca-se a coleta de distintas informações por época do ano e também por anos distintos. Em relação à resolução espacial, destacam-se as possibilidades de se obter as informações em escalas que vão desde as regionais até as locais (ALVALÁ et al., 2006).

Para concluirmos, estudaremos a previsão de tempo, por meio de seus conceitos, classificações e aplicações para as atividades humanas. **Previsão de tempo** significa o estudo "antecipado das condições meteorológicas para um determinado lugar e durante um período de tempo específico" (AYOADE, 2011; p. 196). O autor pondera que as previsões de tempo são classificadas em três tipos baseados nos períodos por elas determinados:

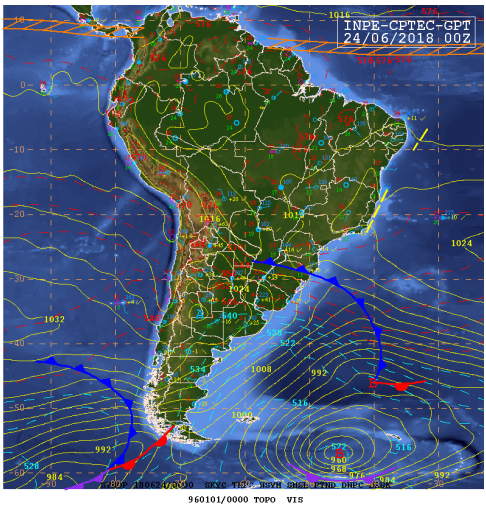
> **1. previsões de período curto para parte ou para a totalidade de um período de 24 horas, com previsão adicional para as 24 horas seguintes.**
> **2. as previsões de amplitude média são feitas para um período de 2 a 5 dias à frente.**
> **3. previsões a longo prazo são feitas para um período mais longo que 5 dias à frente; para um mês, uma estação. (AYOADE, 2011, p. 196)**

Os métodos de previsão de tempo são classificados em três grandes grupos que são: os métodos sinóticos, os métodos estatísticos e os métodos físicos ou matemáticos, conforme ponderam Ayoade (2011) e Vianello e Alves (2012).

A previsão sinótica, descrita por Ayoade (2011), trata da representação dos sistemas de tempo atmosférico por intermédio do tempo cronológico. A previsão sinótica tem como objetivo reproduzir, por meio de uma carta sinótica, a situação existente, assim como retratar a circulação atmosférica para um período

de tempo futuro. Para retratar uma situação futura da circulação atmosférica são utilizadas as cartas prognósticas (Figura 4.4).

Figura 4.4 | Modelo de uma carta sinótica



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 24 jun. 2018.

Os métodos estatísticos são usados para previsões de tempo e do clima de longo prazo, para um mês ou uma estação, por exemplo. Algumas abordagens apresentadas por Ayoade (2011) para a previsão estatística são: estudos dos efeitos específicos sobre a circulação atmosférica e sobre o tempo das anomalias da temperatura do mar e do gelo marinho; estabelecimento das tendências estatisticamente sequenciais; identificação das situações análogas no passado e monitoramento para identificar onde estão ocorrendo situações similares entre os casos atuais e os passados.

A previsão numérica é baseada no princípio de que a circulação atmosférica pode ser entendida como sendo um problema de mecânica dos fluidos e da termodinâmica. A previsão numérica é feita em centros meteorológicos nacionais e compreendem algumas etapas:

> **Uma grade é estabelecida sobre a área de interesse. Usualmente, a grade cobre uma área maior do que a área de previsão para minimizar os erros que surjam provenientes**

do limite da grade, que artificialmente delimita a extensão horizontal da atmosfera.
Valores de pressão, temperatura, etc., são designados para a interseção da grade por meio da manipulação estatística dos dados observados a partir de redes de postos de superfície e das camadas superiores da atmosfera.
A previsão mais recente do estado atual da atmosfera é lançada no modelo, em termos de números sobre a grade. As observações da previsão usualmente recebem menos peso do que as observadas, exceto quando feitas sobre os oceanos. Com a utilização de várias equações que descrevem as leis físicas que governam o movimento atmosférico, os estados futuros da atmosfera são computadorizados e apresentados na forma de mapas. (AYOADE, 2011, p. 201-202)

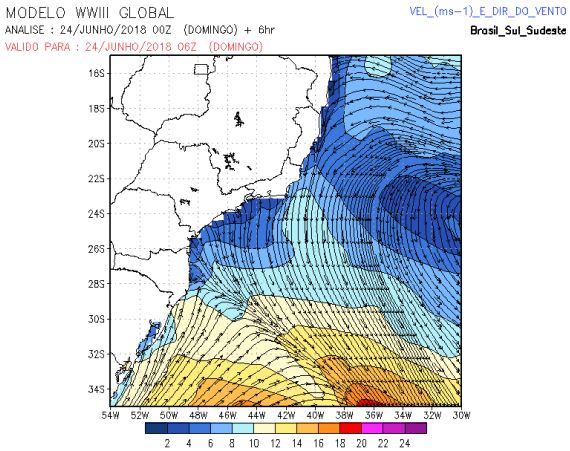
A previsão de tempo pode ser direcionada para as mais diversas atividades humanas, como a navegação e a pesca, o turismo, a agricultura, o transporte aéreo e marítimo, por exemplo. Um modelo de previsão de tempo para atividade humana foi descrito por Caetano Neto, Innocentini e Rocha (1996), sobre um sistema de previsão de tempo e de onda oceânica para o Atlântico Sul, destacando as operações navais e as atividades marítimas comerciais, bem como para a proteção costeira. Previsões meteorológicas voltadas para as atividades agrícolas são desenvolvidas por vários centros no Brasil, a exemplo da CEPAGRI-UNICAMP (Centro de Pesquisa Meteorológica e Climática Aplicada a Agricultura da Universidade de Campinas), previsão para aeroportos e portos pelo CPTEC-INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), previsão para navegação e pesca pelo CIRAM - EPAGRI (Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina).

Exemplificando

A previsão de tempo para navegação e pesca leva em consideração os dados da previsão numérica de ondas, da tábua de marés, da temperatura da superfície do mar, da previsão de chuvas e ventos. A previsão de tempo para a navegação é atualizada diariamente e

transmitida via rádio para as embarcações que navegam entre Chuí (RS) e Paranaguá (PR). Um exemplo da previsão numérica de onda com base no vento e na direção da onda, que compõe a previsão para a navegação e pesca, é demonstrada na Figura 4.5.

Figura 4.5 | Previsão Numérica de Onda para o dia 24/06/2018 (*)



Fonte: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=262>. Acesso em: 24 jun. 2018.
(*) A carta muda diariamente.

Conforme as pesquisas e as tecnologias avançam, os modelos de previsão de tempo também são aperfeiçoados, resultando em um aumento da resolução na expansão do tempo futuro, bem como no índice de acerto e confiabilidade das previsões. As dificuldades são gradativamente superadas por intermédio do uso dos satélites meteorológicos e das estações automáticas, que permitem a expansão de áreas e dados a serem analisados.

Sem medo de errar

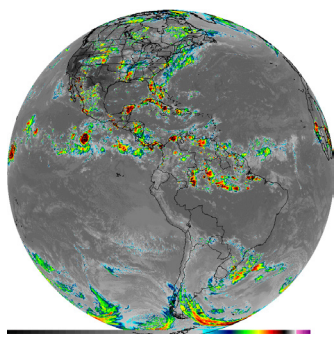
Como funcionário do INMET, você foi incumbido da tarefa de desenvolver uma previsão de tempo específica para atender o município de Serro, no estado de Minas Gerais, que deseja construir um aeroporto em um local que a prefeitura disponibilizou, localizado próximo à Área de Proteção Ambiental Águas Vertentes. Por meio de levantamentos documentais, você identificou que a

área destinada à construção do aeroporto apresenta condições climáticas semelhantes às da área de preservação localizada ao entorno. Uma vez que o transporte aéreo é uma das atividades que depende, essencialmente, das condições de tempo e clima, você precisa identificar quais elementos meteorológicos devem ser considerados no momento da elaboração da previsão de tempo.

Inicialmente, é necessário conhecer as condições climáticas da cidade que receberá o novo aeroporto, **pelo regime dos ventos, das possibilidades de ocorrência de nevoeiro, dos tipos de precipitações pluviométricas, bem como dos eventos atmosféricos** mais comuns na área de análise.

Após este conhecimento inicial, acesse os dados meteorológicos, que podem ser obtidos dos sistemas de aquisição de dados em estações meteorológicas automáticas. Outra possibilidade é o uso de imagens do satélite meteorológico da NASA, disponíveis em: <https://weather.msfc.nasa.gov/>, acessado em: 26 jun. 2018. Para obter a imagem do satélite GOES, em tempo real, vá no menu lateral em Pesquisar (Research), opte por Modelagem Atmosférica (Atmospheric Modeling) e você será direcionado para uma nova página. Em seguida, opte por Dados em Tempo Real (Real-Time Data), em GOES-East, e em Imageador Avançado de linha de base (Advanced Baseline Imager), e então em Disco Cheio (Full Disk). Desta forma, você terá a imagem de satélite com informações meteorológicas para realizar a previsão de tempo. Ainda no canto inferior do lado esquerdo, você pode optar pela animação da imagem de satélite (Animate this product). Observe o exemplo, na Figura 4.6:

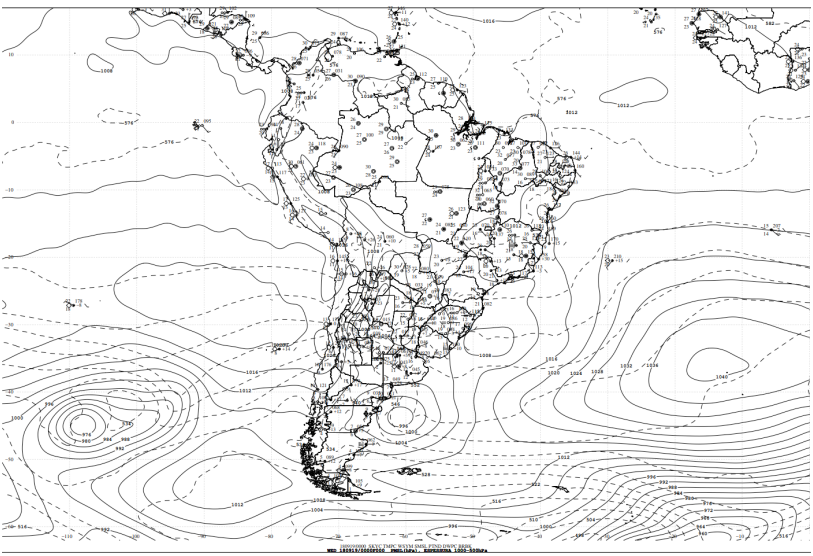
Figura 4.6 | Imagem do Satélite GOES-East, obtida para o dia 28/07/2018



Fonte: <https://weather.msfc.nasa.gov/cgi-bin/sportPublishData.pl?dataset=goeseastabifulldisk&product=11p20um>. Acesso: 28 jul. 2018.

Você ainda pode utilizar o sistema de geração das cartas sinóticas para a previsão do tempo na seguinte página: <http://tempo.cptec.inpe.br/analisesinotica/index.php?m=0>, acessado em: 17 jul. 2018. Para tanto, é necessário realizar seu cadastro, e então, acessar o menu previsão, optando por recorte. Em seguida, selecione superfície, escolhendo 00Z e 24h. Ainda no menu, acesse a opção explicativo para que você tenha informações complementares sobre a análise sinótica. Observe o exemplo da Figura 4.7, também para o dia 28 de julho de 2018

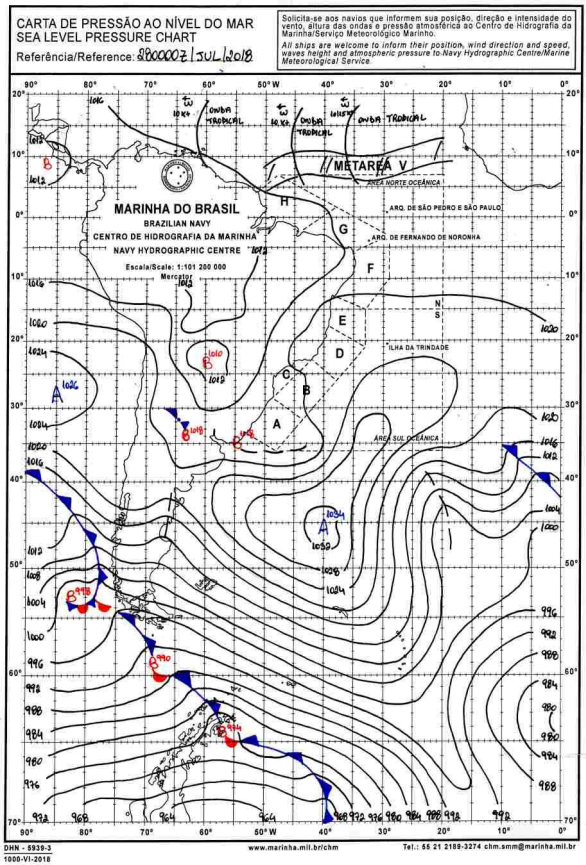
Figura 4.7 | Carta Sinótica: 28/07/2018



Fonte: <http://tempo.cptec.inpe.br/analisesinotica/index2.php>. Acesso em: 28 jul. 2018.

O Centro de Hidrografia da Marinha, em sua página (<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. Acesso em: 18 jul. 2018.), também viabiliza o acesso às cartas sinóticas. Neste caso, basta você escolher a data e o horário. Em seguida, apresentamos um exemplo na Figura 4.8 para o dia 28 de julho de 2018.

Figura 4.8 | Carta sinótica para 28/07/2018



Fonte: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. Acesso em: 28 jul. 2018.

Para que você realize a leitura e a interpretação das cartas climáticas, o CPTEC INPE disponibiliza (<http://tempo.cptec.inpe.br/cartas.php?tipo=Superficie>. Acesso em: 18 jul. 2018) a legenda das cartas climáticas. Acessando o endereço clique no item Legenda, no canto superior direito. Com base na identificação dos elementos meteorológicos, é possível elaborar a previsão do tempo para o transporte aéreo, atendendo à solicitação do município de Serro (MG).

Avançando na prática

Análise mesoclimática em área atingida por balão

Descrição da situação-problema

Um morador do município de Cuiabá, no estado do Mato Grosso, possui uma propriedade que sofreu danos/destruição devidos à queda de um balão. Os danos foram registrados na rede de transmissão de energia que abastece o referido município, bem como prejuízos ambientais diversos foram observados em áreas florestadas e na nascente de um rio.

Com isso, o dono da propriedade recebeu uma notificação para providenciar a recuperação da área danificada. Para resolver essa questão, ele contratou um geógrafo para realizar a análise do local. O geógrafo levanta a hipótese de uma possível alteração do mesoclima devido aos danos e, se isso for verificado, deverá buscar orientação sobre as melhores formas de reconstrução da referida área. Sendo assim, como o geógrafo poderá realizar as atividades solicitadas?

Resolução da situação-problema

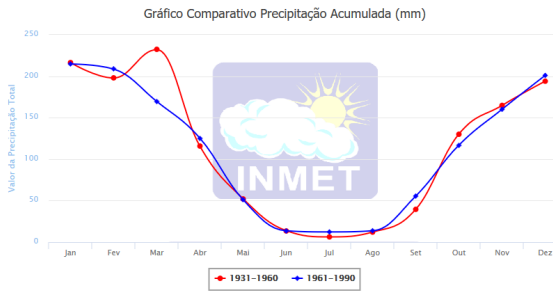
Inicialmente, para analisar e estabelecer as propostas de reconstrução de uma área florestada e com nascentes, é preciso levar em conta o novo código florestal, a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012.

Uma observação a ser feita em relação à referida área é que ela contempla a rede de abastecimento de energia elétrica por meio das antenas, situando-se próxima à base da estação terrena de recepção dos dados de satélites. Com isso, ele sabe que essas informações devem ser levadas em consideração durante a proposição da recuperação da área danificada.

Para confirmar sua hipótese sobre transformações do/no mesoclima, ele deve verificar a possível alteração nas condições climáticas, verificação essa feita a partir do acesso à página do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 25 jul. 2018), na opção clima, climatologia e gráficos climatológicos. Na janela aberta, selecione o estado – neste caso, Mato Grosso –, em seguida, a estação, que é Cuiabá. Role a página para baixo, observe o gráfico

e realize a interpretação. Você pode escolher por outras variáveis climatológicas apresentadas no menu junto com o gráfico. Observe o exemplo na Figura 4.9:

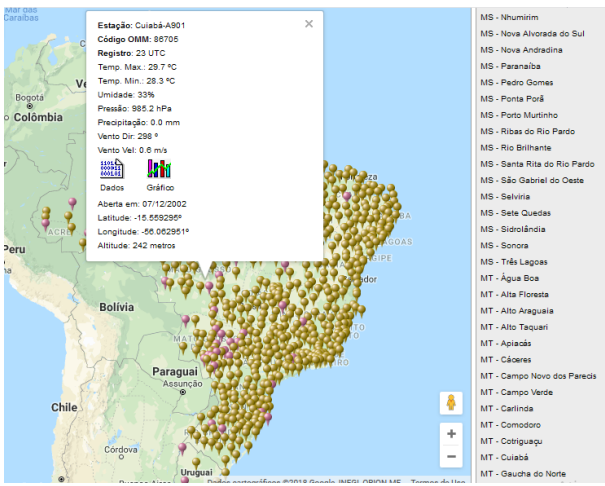
Figura 4.9 | Gráfico comparativo de precipitação acumulada



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>. Acesso: 28 jul. 2018.

Para análise diária, o geógrafo pode utilizar a página do INMET (Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 25 jul. 2018), optando por estações, estações automáticas e optando por Cuiabá. Uma pequena janela abrirá, contendo as informações da estação meteorológica e as leituras dos elementos meteorológicos do momento. Clique na figura do gráfico e abrirá uma nova janela com o gráfico da temperatura do ar e umidade relativa, bem como um gráfico com as informações para a chuva acumulada. Observe a Figura 4.10:

Figura 4.10 | Dados da estação automática de Cuiabá para 28/07/2018



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 28 jul. 2018.

Faça valer a pena

1. A escala de estudos em climatologia de todo e qualquer objeto que se deseja investigar nos conduz para a delimitação de sua área de estudo. Destaque-se que a "interação dos controles atmosféricos com os fatores geográficos do clima" é que determina o fluxo de energia que ocorre nas distintas áreas do espaço terrestre, conforme pontuado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 22).

De acordo com o exposto, qual é a definição de escala climática?

a) Diz respeito à dimensão espacial e temporal dos fenômenos estudados.
b) Diz respeito somente à dimensão espacial dos fenômenos estudados.
c) Diz respeito somente à dimensão temporal dos fenômenos estudados.
d) Diz respeito somente ao registro da intensidade da radiação solar próximo aos polos.
e) Diz respeito à cronologia dos extremos de temperatura junto à superfície terrestre.

2. Essencialmente, são dois os tipos de satélites meteorológicos. Eles são classificados em relação à sua órbita em satélites geoestacionários e de órbita polar. Tais satélites levam a bordo equipamentos que permitem a transmissão automática das imagens e dos elementos sensores.
Sobre os satélites, leia as assertivas seguintes:

I) Os satélites geoestacionários são os mais utilizados para a previsão de tempo, pois fornecem imagens a cada 30 minutos.
II) Os satélites geoestacionários não são muito utilizados para a previsão de tempo, pois fornecem imagens somente uma vez ao dia.
III) Os satélites meteorológicos de órbita polar fazem uma trajetória de polo a polo e passam sempre pelo mesmo ponto do planeta, no mesmo horário solar.
IV) Os satélites de órbita polar fazem uma trajetória de polo a polo e passam sempre pelo mesmo ponto do planeta a cada três horas.

É correto APENAS o que se afirma em:

a) I e II.
b) I e III.
c) I e IV.
d) II e III.
e) III e IV.

3. A previsão de tempo trata do estudo antecipado das condições meteorológicas de um determinado lugar e por um determinado período de tempo. Essencialmente, a previsão de tempo se divide entre os métodos sinóticos, métodos estatísticos e métodos físicos. Com base nas informações, associe corretamente as informações.

1) Método sinótico 2) Método estatístico 3) Método físico	A) Utilizado em previsões de tempo e do clima em longo prazo, podendo compreender um mês ou uma estação. B) Utilizado para reproduzir a situação existente no momento, bem como para um período de tempo futuro. C) Esse método se baseia no princípio de que a circulação atmosférica pode ser entendida como um problema de mecânica dos fluidos e da termodinâmica.

Assinale a alternativa com a associação correta:

a) 1A - 2B - 3C.
b) 1B - 2A - 3C.
c) 1C - 2B - 3A.
d) 1A - 2C - 3B.
e) 1B - 2C - 3A.

Seção 4.2

Estações meteorológicas e interpretação de dados

Diálogo aberto

Nesta seção, discutiremos sobre as estações meteorológicas e a interpretação dos dados por intermédio dos tipos de estações meteorológicas, dos equipamentos de medição e aferição dos dados meteorológicos, o supercomputador, a interpretação das cartas climáticas e a utilização dos dados meteorológicos.

Para tanto, como funcionário do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), parte de seu trabalho inclui o uso dos dados meteorológicos. Sendo assim, seus trabalhos junto à Prefeitura do Município de Serro (MG) continuam, uma vez que a intenção do mesmo é a abertura de um aeroporto. Por isso, é preciso verificar as condições meteorológicas do local disponibilizado pela prefeitura para a empreitada. Como você já checou anteriormente, este se localiza próximo à APA das Águas Vertentes.

Como é preciso determinar a previsibilidade dos fenômenos atmosféricos para as atividades inerentes ao aeroporto e o município está em área de clima tropical, de antemão você sabe que existe uma estação seca ao longo do ano. Assim, é preciso averiguar a possibilidade de novas ocorrências de seca para este município como consequência das mudanças climáticas locais que possam ser ocasionadas pela implementação do aeroporto. Outro aspecto refere-se à incidência das doenças infecciosas no município, que estejam relacionadas às possíveis alterações climáticas ocasionadas pela construção do aeroporto.

Ao verificar os dados, você constatou que a ocorrência de seca, segundo o Atlas brasileiro de desastres naturais, para o município de Serro (MG) contou com 11 registros de 1991 até 2012, sendo que dez destas ocorrências se deram de 1994 até 2012. Já no caso da ocorrência das doenças, segundo o banco de dados do TABNET/DATASUS, de 2008 até 2017 foram registradas 1.137 internações por doenças infecciosas e parasitárias em Serro (MG) (BRASIL, 2018).

Com isso, de que forma você poderá realizar as análises do índice de percentagem normal da precipitação? Como interpretar o índice

de percentagem normal obtido? De que maneira as mudanças climáticas interferem nos casos de doenças infecciosas?

Vamos acompanhar os estudos dessa seção e verificar como serão realizadas as análises dos índices de percentagem da normal da precipitação e identificar os cenários futuros para as mudanças climáticas, e como isso interfere no aumento das doenças infecciosas. Assim, você terá uma base de dados de suma importância para fins de planejamento urbano e tomada de decisões em relação à gestão do município.

Bons estudos!

Não pode faltar

Os elementos meteorológicos podem ser medidos por equipamentos que se encontram dispostos em estações meteorológicas, conforme citado por Ayoade (2011). As estações meteorológicas podem ser convencionais ou automáticas. As estações convencionais são as que precisam de um observador para a realização da coleta de dados. As estações automáticas dispõem de sensores que realizam as coletas das informações sem a necessidade de um observador. Neste tipo de estação, os dados são registrados de forma contínua e armazenam as médias a cada 15 minutos (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). As estações podem ser classificadas por sua finalidade e também, pelo sistema de dados em: sinóticas, agrometeorológicas, climatológicas, pluviométricas, automáticas de superfície, meteorológicas aeronáuticas e as estações especiais (AYOADE, 2011; VIANELLO; ALVES, 2012).

As estações sinóticas "são controladas por observadores em tempo integral e mantendo uma observação meteorológica de forma contínua", com o uso de observações por instrumentos dos elementos do tempo atmosférico em horários definidos (AYOADE, 2011, p. 180). As estações sinóticas podem ser localizadas sobre os continentes e, nos oceanos, a bordo de navios. Estas são utilizadas para as observações de superfície ou de ar superior. As estações que fazem as observações de ar superior podem ser chamadas de estações de sondagens atmosféricas. Para que seja possível medir os parâmetros das camadas superiores da atmosfera, são utilizados o "balão-piloto; o radiossonda, o radiovento e o radioventossonda" (VIANELLO; ALVES, 2012, p. 284).

Assimile

O radiossonda é uma técnica que se utiliza de um conjunto de equipamentos associados a elementos sensores para a aferição e dos dados de temperatura, umidade e pressão das camadas superiores da atmosfera. Os radiossondas atingem em média alturas de 25 a 30km. São aproximadamente 40 as redes de estações de altitude "distribuídas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha (DHN) que são os órgãos operacionais" das radiossondas (VIANELLO; ALVES, 2012, p. 292-293).

As estações agrometeorológicas são aquelas controladas por meio de observadores em período de tempo parcial com ao menos duas observações diárias, por instrumentos, dos principais elementos do tempo atmosférico. As observações da "evaporação, a temperatura da grama e do solo, bem como a radiação solar" são medidas pela sua importância para a agricultura (AYOADE, 2011, p. 180). Estas estações permitem informações que "relacionam os elementos meteorológicos com as atividades agrícolas" (VIANELLO; ALVES, 2012, p. 285).

As estações climatológicas (Figura 4.11) "são controladas por observadores e por um período de tempo parcial, com uma ou duas observações instrumentais diárias da temperatura, umidade, precipitação e dos ventos" (AYOADE, 2011, p. 180). Estas são utilizadas para as finalidades climatológicas, mas também para a previsão, quando esta é realizada mediante a aferição de dados nos horários padronizados. As estações climatológicas podem ser dos tipos principais e ordinárias. As principais "medem todos os elementos meteorológicos que são necessários para os estudos climatológicos". "As estações ordinais, por sua vez, são as mais simples e possuem apenas um abrigo meteorológico de menor porte, com sensores que permitem as medições de temperatura e chuva" (VIANELLO; ALVES, 2012, p .284).

Figura 4.11 | Estação climatológica

Fonte: <https://bit.ly/2L4m64O>. Acesso em: 3 jul. 2018.

As estações pluviométricas são controladas por observadores em tempo parcial, com leituras diárias da precipitação pluviométrica (AYOADE, 2011).

As estações meteorológicas aeronáuticas são destinadas à coleta de informações necessárias para a segurança das aeronaves. Geralmente, elas são instaladas nos aeroportos e nelas são coletadas as observações diárias, e seus dados podem ser utilizados para outras finalidades, como para a previsão do tempo (VIANELLO; ALVES, 2012, p. 285).

As estações meteorológicas especiais, segundo Vianello e Alves (2012), são todas as demais estações com características distintas. Os autores citam como exemplo as estações "ozonométricas - medem a concentração de ozônio -, as microcometeorológicas, as actinométricas - medem a radiação solar -, as estações de radar, as de receptação de dados de satélites meteorológicos, as de plataformas automáticas para as coletas de dados", dentre outras (VIANELLO; ALVES, 2012, p. 285).

A estação meteorológica automática (Figura 4.12) de superfície é composta por uma torre de dez metros de altura, na qual os sensores meteorológicos estão acoplados para a medição de "parâmetros atmosféricos como a pressão, temperatura, umidade relativa, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento". Esta estação tem uma "unidade de memória central ligada aos sensores", possibilitando o armazenamento e a liberação de dados in loco, ou então transmite-os por meio de meios telemétricos (por satélites) para uma central de recepção. Esses sensores são programados para que, a cada cinco segundos, obtenha-se as "médias ou os somatórios a cada doze leituras, portanto a cada minuto". As informações que são divulgadas como dados instantâneos corresponde a cada minuto horário (VIANELLO; ALVES, 2012, p. 287).

Figura 4.12 | Estação meteorológica automática

Fonte: <https://bit.ly/2O1QTNl>. Acesso em: 3 jul. 2018.

Além das estações meteorológicas, é preciso estudar os principais equipamentos de medição e aferição de dados meteorológicos, assim como o supercomputador. Assim, para Torres e Machado (2008, p. 220-227), os principais equipamentos para a medição e aferição dos dados meteorológicos são:

> [...] heliógrafo, geotermômetros, pluviógrafo, pluviômetro, evaporímetro de piche, tanque de evaporação, termômetros, psicômetro, anemômetro e catavento, anemógrafo, barógrafo, barômetro, termohigrográfo.

O **heliógrafo de Campbel-Stokes** mede a insolação em horas. Este equipamento é composto de uma "esfera de crista que fica suspensa em um suporte semicircular, tendo abaixo uma armação metálica no formato de concha, onde existem seis ranhuras e são colocadas as tiras de papelão" (TORRES; MACHADO, 2008, p. 220). São utilizados três tipos de tiras: uma comprida, uma reta e uma curta. A tira comprida é usada no período que compreende a metade de outubro até o final de fevereiro; a tira reta é usada desde o princípio de março até meados de abril e do início de setembro até a metade de outubro. A tira curta é usada desde a metade de abril até o final de agosto (TORRES; MACHADO, 2008, p. 220).

O conjunto dos **geotermômetros** é formado por uma haste de vidro, cujo ponto de referência é uma saliência que necessita ficar na superfície da terra (TORRES; MACHADO, 2008, p. 220). Este equipamento deve estar fixado em um suporte específico. A função do conjunto de geotermômetro é o de determinar a temperatura do solo.

O **pluviógrafo** tem a função de registrar a precipitação pluvial, informando o total de chuva e a sua intensidade em milímetros por hora (mm/h). O pluviômetro é utilizado para medir a quantidade de precipitação pluvial em milímetros. "A altura da chuva é dada pela razão obtida através do volume inicial e a superfície de captação" (TORRES; MACHADO, 2008, p. 221).

O **evaporímetro de piché** é um equipamento utilizado para medir a evaporação em mililitro (ml) ou então em milímetros de água evaporada. O **tanque de evaporação** tem como função "determinar a capacidade evaporante da atmosfera que objetiva a

medição da evaporação de uma superfície livre de água" (TORRES; MACHADO, 2008, p. 222).

O abrigo meteorológico é uma estrutura com altura padrão de 1,5 metro, construída de madeira e pintada na cor branca, que visa "permitir a ventilação natural e ao mesmo tempo o abrigo deve permitir que haja condições de sombra". Os instrumentos contidos no abrigo são os **termômetros de máxima e mínima**, que têm por objetivo registrar as temperaturas máximas e mínimas por graus centígrados. O **psicômetro** é outro instrumento que deve estar em um abrigo. Este instrumento mede a umidade relativa do ar em porcentagem, consistindo em dois termômetros idênticos, denominados de termômetro de bulbo seco e de bulbo úmido (TORRES; MACHADO, 2008, p. 223). O termômetro de bulbo é envolvido por uma gaze que deve estar constantemente molhada.

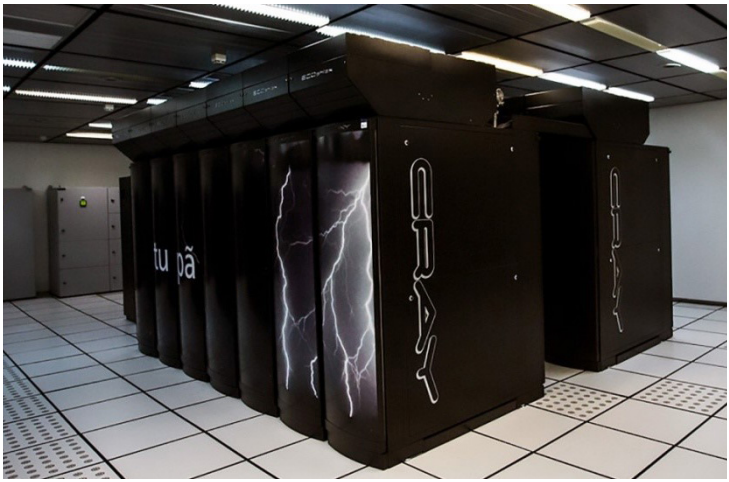
O **anemômetro** e o **catavento** são instrumentos que medem a velocidade (em m/s) e a direção (em graus) do vento. O **anemógrafo** registra a intensidade do vento, assim como a sua direção e sentido (TORRES; MACHADO, 2008).

O **barômetro** é utilizado para medir a pressão atmosférica em coluna de milímetros de mercúrio (mmHg) ou também em hectopascal (hPa) (TORRES; MACHADO, 2008, p. 226). O **barógrafo**, por sua vez, tem a função de registrar a pressão atmosférica no decorrer do dia.

O **termohigrográfo** é um instrumento que registra de forma contínua a temperatura do ar e a umidade relativa do ar à sombra (TORRES; MACHADO, 2008, p. 227).

O supercomputador meteorológico auxilia no armazenamento e na análise dos dados obtidos por estações, satélites, radares e outros meios de medição e aferição dos dados meteorológicos e climatológicos. No Brasil, em princípio, duas instituições dispõem de supercomputadores que auxiliam na elaboração da previsão de tempo e de clima. São elas: o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). No ano de 2010, o INPE realizou a compra de um novo supercomputador, chamado de Tupã (Figura 4.13), que é um dos mais rápidos do mundo (CPTEC INPE, 2010).

Figura 4.13 | Supercomputador Tupã



Fonte: <https://bit.ly/2mqSIXK>. Acesso em: 3 jul. 2018.

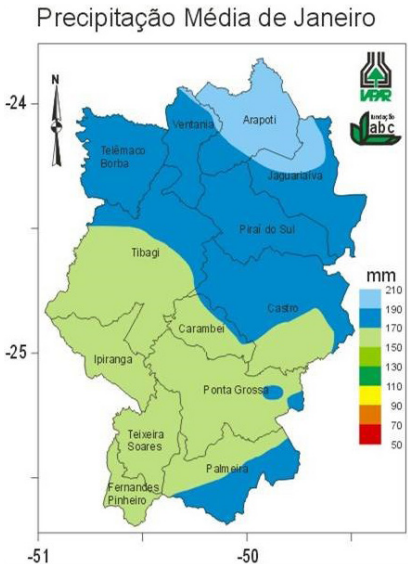
O estudo e a interpretação das cartas climatológicas bem como das suas aplicações são fundamentais nas mais diversas áreas do conhecimento. Portanto, as cartas climatológicas apresentam, de forma simples, as variáveis meteorológicas nas diversas escalas de estudo do climático, tais como o uso dos sistemas de informações geográficas, como apontam Wrege et al. (2016). Os autores destacam que o uso de tais cartas ocorre nas mais diversas atividades humanas como a pecuária, a saúde, a agricultura, o turismo, a comunicação, nas atividades florestais e no ensino, por exemplo.

As cartas climáticas também permitem a análise dos padrões das mudanças climáticas com base na elaboração dos cenários passados, presente e futuro. Dentre os métodos utilizados para a elaboração das cartas climáticas, destacam-se a calorimetria e as isolinhas (DOHLER et al., 2012; LISBOA et al., 2013).

Exemplificando

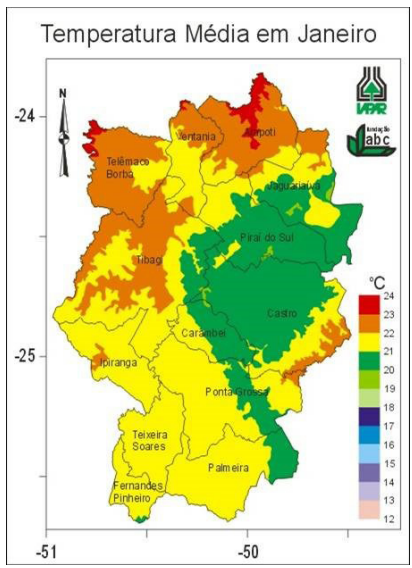
As cartas climáticas dos Campos Gerais, no estado do Paraná, foram construídas com base nas informações climáticas disponibilizadas pelas estações meteorológicas do IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná). Os exemplos destacados a seguir (Figuras 4.14 e 4.15) se referem à precipitação e à temperatura média do mês de janeiro.

Figura 4.14 | Precipitação média do mês de janeiro dos Campos Gerais, PR.



Fonte: <https://bit.ly/2No80la>. Acesso em: 4 jul. 2018.

Figura 4.15 | Temperatura média do mês de janeiro dos Campos Gerais, PR



Fonte: <https://bit.ly/2No80la>. Acesso em: 4 jul. 2018.

Pesquise mais

Em Wrege et al. (2016) você encontrará um estudo sobre a criação e a interpretação das cartas climáticas das temperaturas máximas, mínimas, médias e da precipitação pluviométrica. Os autores trabalharam com os dados climatológicos do município de Rio Negrinho (SC). Este trabalho contribuirá para estudos sobre as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera para o zoneamento agrícola, para estudos sobre a deficiência hídrica e para a definição dos nichos ecológicos das espécies, por exemplo. Para a **leitura** e **interpretação** das cartas climáticas devem ser considerados os valores máximos e mínimos das variáveis estudadas, bem como deve ser observada a alteração dos valores com o passar dos anos.

WREGE, M. S. et al. **Cartas climáticas do Município de Rio Negrinho, SC**. Colombo: Embrapa Florestas, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2Ljm6gI>. Acesso em: 4 jul. 2018.

Para concluirmos, é preciso compreender como se dá o estudo acerca da utilização dos dados meteorológicos. Os dados das variáveis meteorológicas constituem-se em bases de dados primordiais para os estudos de referência em diversas áreas do conhecimento, e oferecem informações primárias que permitem a aplicação de diferentes métodos científicos (OLIVEIRA, 2009).

Os dados meteorológicos e/ou climatológicos podem ser utilizados para a elaboração de modelos climáticos para a compreensão da variabilidade climática por meio do aquecimento ou do resfriamento global e também para a análise dos desastres naturais (OLIVEIRA, 2009).

A utilização dos dados meteorológicos se dá, principalmente, por meio do uso de novas tecnologias, como sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas. Com o uso dessas tecnologias é possível examinar os dados por análises estatísticas, estatísticas espaciais e a elaboração das modelagens para o monitoramento de eventos atmosféricos. Essas análises são possíveis com os dados meteorológicos que compõem as séries históricas (passado) e os dados do presente, possibilitando a elaboração de cenários futuros (OLIVEIRA, 2009).

Reflita

Segundo Rascon et al. (2010), em várias regiões do Brasil – em especial na região amazônica – são grandes as deficiências de estações meteorológicas, e as poucas existentes pertencem a empresas privadas, ao INMET e a projetos de pesquisas de universidades. Porém, devido à grande extensão territorial, existem locais que não dispõem de coleta de dados meteorológicos por intermédio das estações meteorológicas. Convidamos você a refletir sobre a possibilidade de uso de metodologias – como a interpolação de dados e a avaliação da consistência dos dados – para o preenchimento das séries históricas. Você considera esta uma possibilidade? Para ajudá-lo nessa reflexão, recomendamos a leitura do artigo que segue:

RASCON, N. J. L. et al. **Uso de dados meteorológicos do NCEP/NCAR em ambiente SIG para preenchimento de falhas em séries históricas**. Sociedade Brasileira de Meteorologia, [S.l.], 2010. Disponível em: <http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/21_31338.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2018.

O uso dos dados meteorológicos deve ser feito com cautela, uma vez que eles auxiliam nas tomadas de decisões nas mais diversas atividades humanas. Após o desenvolvimento dos sistemas de informações geográficas e do sensoriamento remoto, é possível realizar análises de distribuição espacial por meio das estimativas, de interpolações e de análises de Kriging (método estatístico de aproximação ou interpolação de dados), por exemplo, com maior praticidade. (RASCON et al., 2010).

Sem medo de errar

Vamos lembrar do exemplo no qual você trabalha no INMET e está no município de Serro, em Minas Gerais, com o intuito de averiguar a possibilidade de novas ocorrências de seca para este município como consequência das mudanças climáticas locais, que podem ser ocasionadas pela implementação do aeroporto. Outro aspecto refere-se à probabilidade de incidência das doenças infecciosas no município que estejam relacionadas às possíveis alterações climáticas ocasionadas pela mesma construção. Ao verificar os dados, você constatou que a ocorrência de seca,

segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, para o município de Serro (MG), contou com 11 registros de 1991 até 2012, sendo que dez destas ocorrências se deram de 1994 até 2012. Sobre a ocorrência das doenças, segundo o banco de dados do TABNET/DATASUS, de 2008 até 2017 foram registradas 1.137 internações por doenças infecciosas e parasitárias no município (BRASIL, 2018).

Com isso, de que forma você poderá realizar as análises do índice de percentagem normal da precipitação? Como interpretar o índice de percentagem normal obtido? De que maneira as mudanças climáticas interferem nos casos de doenças infecciosas?

Inicialmente, você precisa conhecer o funcionamento do supercomputador e de que forma é possível realizar as análises climatológicas de temperatura, umidade e precipitação. O supercomputador, instalado nas dependências do INMET, permite a realização das análises climatológicas de forma on-line, e conforme os dados das estações meteorológicas automáticas são recebidos, as análises são atualizadas. Além disso, você pode associar as análises dos dados às imagens de satélites, possibilitando uma melhor acurácia e precisão das análises climatológicas.

Para a realização das análises climatológicas você pode optar pelas médias, pelos índices e indicadores, pelos métodos estatísticos como a regressão e a correlação, pelas análises de estatística espacial, bem como pelos modelos matemáticos que podem ser as análises de séries temporais, por exemplo.

Nesse caso, você deverá elaborar a previsibilidade da seca por meio da análise do índice de percentagem da precipitação normal para o município de Serro (MG), que está construindo um aeroporto e precisa examinar as alterações climáticas locais que podem ser produzidas pela implementação de tal empreendimento. Assim, identifique o índice de padrão normal da precipitação, e sempre que os valores forem superiores aos identificados como padrão normal, indique que os métodos de previsibilidade devem ser realizados.

Portanto, para se obter o índice do padrão normal da precipitação em percentagem, utilize a seguinte fórmula:

$$IP = \frac{PRP(atual)}{PRP(normal)} \times 100\%$$

Onde:

IP = índice de precipitação

PRP (atual) = precipitação média de um dado local ou de uma estação (mm)

PRP (normal) = precipitação normal do local ou de uma estação (mm)

Observação:

* Como precipitação atual você pode utilizar dado mensal, trimestral e anual (lembre-se: o dado é atual, portanto, do ano em que estamos no momento; neste caso, 2018).

* É considerada como precipitação normal a média de uma série histórica que pode ser de 30 anos.

Observe o exemplo com dados hipotéticos:

$$IP \frac{550,2}{1495,4} \times 100\%$$

PRP (atual) = 550,2

PRP (normal) = 1495,4

IP = 36,79 %

Tabela 4.1 | Classificação do índice de percentagem normal da precipitação

Índice de precipitação	Classificação
$0\% \leq IP < 25\%$	Seca extrema
$25\% \leq IP < 50\%$	Seca severa
$50\% \leq IP < 75\%$	Seca moderada
$75\% \leq IP < 125\%$	Normal

Fonte: adaptada de CRC-SAS ([s.d.]).

Com base no resultado do cálculo e a classificação do índice de percentagem normal da precipitação, é possível dizer que o município de Serro (MG) enfrenta uma seca severa. Você poderá fazer o monitoramento da seca com a realização do cálculo do índice de percentagem normal da precipitação por mês, bem como poderá fazê-lo com base nas previsões de ocorrência de chuvas futuras.

As mudanças climáticas afetam a saúde da população de formas distintas, quer seja pelos extremos de temperatura, quer seja pela alteração dos regimes de umidade relativa do ar, ou ainda pela alteração dos regimes pluviométricos, conforme análise aqui sugerida, pelo índice de percentagem normal da precipitação, que tem a função de identificar a possibilidade de ocorrência de seca ou de normalidade. Segundo Grigoletto (2016) a ocorrência da seca causa efeitos de longo, médio e curto prazo para a saúde humana. Dos efeitos de curto prazo destacam-se as doenças infecciosas gastrointestinais, por exemplo.

Portanto, ao analisar e interpretar os dados do índice de percentagem normal da precipitação, você tem condições de realizar a análise de previsão, neste caso, de ocorrência de seca para o município de Serro (MG), assim como de averiguar as possíveis incidências de doenças infecciosas em casos de mudanças climáticas locais.

Avançando na prática

Variação da temperatura do ar e coleta dos dados em estação climatológica convencional

Descrição da situação-problema

Você foi aprovado em um concurso público na prefeitura do município de Francionópolis (Figura 4.16), no estado do Piauí, para desenvolver atividades na Secretaria do Meio Ambiente. Em sua primeira atividade, o secretário lhe solicitou a elaboração de um relatório sobre a variação diária da temperatura do ar, durante o período de uma semana, para o município de Francionópolis. Para esse relatório, o secretário pontuou a necessidade de coletar os dados nos horários de 9h00, 15h00 e 21h00.

Figura 4.16 | Localização do município de Francionópolis, no estado do Piauí

Fonte: <https://bit.ly/2O1kWFg>. Acesso em: 5 jul. 2018.

Como o relatório da variação diária da temperatura do ar para o município de Francionópolis, no estado do Piauí será elaborado? De que forma deve ser a coleta de dados da temperatura do ar?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, para elaborar o relatório da variação diária da temperatura do ar (Figura 4.17), você precisa realizar as coletas dos dados meteorológicos da estação climatológica convencional principal. Para tanto, é necessário ter em mãos uma planilha, na forma impressa ou digital, contendo as informações sobre o termômetro da temperatura do ar e data da coleta, bem como os campos relacionados aos horários para a coleta dos dados.

Após a coleta dos dados na estação climatológica, no caso de uma planilha impressa, será necessário digitá-los em planilha Excel ou banco de dados específicos. Se a coleta dos dados foi realizada em forma digital, será preciso convertê-la em planilhas Excel; se houver um banco de dados específico, certifique-se de que os dados coletados estão sendo salvos neste banco de dados.

Após a coleta e organização dos dados de temperatura do ar, você deve construir um gráfico de linhas e descrever o comportamento da

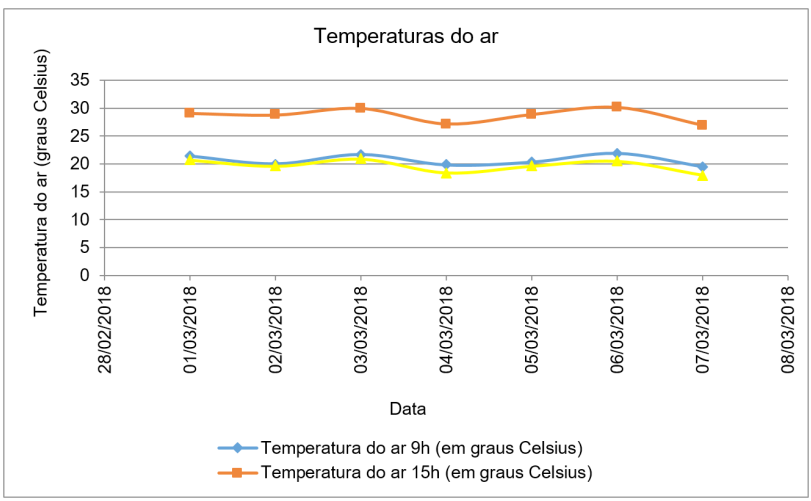
variação da temperatura do ar por meio dos dados coletados. Observe o exemplo a seguir com os dados hipotéticos apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 | Dados de temperatura do ar (em graus Celsius)

Dia	Temperatura do ar 9 horas	Temperatura do ar 15 horas	Temperatura do ar 21 horas
01/03/2018	21,4	29,1	20,7
02/03/2018	20,0	28,8	19,6
03/03/2018	21,7	30,0	20,9
04/03/2018	19,8	27,2	18,4
05/03/2018	20,3	28,9	19,6
06/03/2018	21,9	30,2	20,5
07/03/2018	19,5	27,0	18,0
05/03/2018	20,3	28,9	19,6
06/03/2018	21,9	30,2	20,5
07/03/2018	19,5	27,0	18,0

Fonte: elaborada pela autora.

Figura 4.17 | Temperaturas do ar para o município de Francionópolis (PI)



Fonte: elaborada pela autora.

Para a elaboração de relatório, descreva o objetivo principal do mesmo, que, nesse exemplo, é a descrição da variação diária da temperatura do

ar. Posteriormente, descreva a forma de obtenção dos dados e como eles foram organizados depois de coletados, bem como a construção do gráfico. Em um segundo momento, descreva as informações apresentadas no gráfico, primando por uma descrição sucinta. No caso apresentado, é possível dizer que não foram identificadas variações significativas para os dias analisados. Observa-se que a temperatura do ar segue um padrão entre as três coletas diárias. Porém, os dados de temperatura do ar coletados nos horários de 9h e 21h demonstram pouca diferença entre os valores obtidos. Destacam-se, portanto, os valores superiores a 27°C encontrados para o horário das 15h.

Com isso, você terá condições de entregar ao secretário do meio ambiente o relatório sobre a variação da temperatura do ar para o período analisado.

Faça valer a pena

1. As estações climatológicas são aquelas que necessitam de observadores para a realização da leitura diária dos dados da temperatura, da umidade relativa, da precipitação e dos ventos. As estações climatológicas são classificadas de acordo com as suas funções, das quais destacamos as que permitem a aferição somente de dados de temperatura e precipitação, e as que permitem a aferição de todos os elementos climatológicos.

As estações climatológicas podem ser classificadas em:

a) Elas são classificadas em principais e ordinárias.
b) Elas não apresentam classificações determinadas.
c) Elas são classificadas em primárias e secundárias.
d) Elas são classificadas em primárias, secundárias e terciárias.
e) Elas são definidas somente como sendo principais.

2. São vários os tipos de equipamentos possíveis para a medição e aferição dos dados meteorológicos. Suas funções vão desde o registro da insolação (heliógrafo de Campbel-Stokes) até os termômetros para medir a temperatura.

Sobre os instrumentos geotermômetros e o Evaporímetro Piché, avalie as seguintes afirmações.

I) O Evaporímetro Piché é utilizado para medir a evaporação em milímetros de uma superfície livre de água.

II) O Evaporímetro Piché é utilizado para medir a evaporação em milímetros de água evaporada.
III) O conjunto de geotermômetros é comumente usado para realizar a medição da temperatura do solo, consistindo-se em uma base de vidro.
IV) O conjunto de geotermômetros é comumente usado para realizar a medição da temperatura do ar, consistindo-se em uma base de vidro.

Em relação às assertivas anteriores, escolha apenas a alternativa que contém as corretas:

a) I e III.
b) II e III.
c) III e IV.
d) I, II e III.
e) I, II e IV.

3. As cartas climatológicas permitem, pela sua interpretação, analisar os padrões do comportamento dos elementos meteorológicos tais como a temperatura, a precipitação e a umidade relativa do ar.
Avalie as asserções a seguir e a relação proposta entre elas.

I) As cartas climáticas permitem apresentar, de forma simples, as variáveis climatológicas nas mais diversas escalas de estudo climático, auxiliando ainda na análise dos padrões das mudanças climáticas.

PORQUE

II) A caracterização das cartas climáticas tem por objetivo a realização das previsões de tempo atual e futura (para até 72 horas), assim como para a elaboração das previsões de tempo para uma estação, ou um mês.

Verifique as possíveis relações entre as asserções e assinale a alternativa correta:

a) As asserções I e II são proposições verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
b) As asserções I e II são proposições verdadeiras, mas a II não é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I é uma proposição verdadeira, e a II é uma proposição falsa.
d) A asserção I é uma proposição falsa, e a II é uma proposição verdadeira.
e) As asserções I e II são proposições falsas.

Seção 4.3

Mudanças climáticas

Diálogo aberto

Prezado aluno,

Nessa seção trabalharemos com movimentos relacionados às mudanças climáticas, avaliando o contexto de sua ocorrência, a influência antrópica, o aquecimento global e o processo cíclico, além dos impactos relacionados às mudanças climáticas.

Como rotina de seu trabalho no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), você realiza a análise e interpretação das previsões de tempo e das mudanças climáticas. Sua contribuição ao município de Serro, em Minas Gerais, está chegando ao fim, uma vez que é preciso concluir as análises de interpretação dos dados meteorológicos e apresentar a previsão dos cenários futuros das mudanças climáticas no município mediante a construção, tão desejada, de um aeroporto em uma área que fica próxima da Área de Proteção Ambiental das Águas Vertentes.

Dessa forma, como é possível analisar os cenários futuros de previsão das mudanças climáticas? Quais são as informações necessárias para realizar essa análise? Quais são os possíveis impactos das mudanças climáticas para o município de Serro, em Minas Gerais?

Vamos prosseguir com os estudos da seção sobre as mudanças climáticas, avaliando seu histórico, a influência antrópica em relação às mudanças climáticas e o aquecimento global, bem como os impactos gerados por esse processo. Com isso, você será capaz de avaliar a viabilidade da abertura de um aeroporto no citado município. Bons estudos!

Não pode faltar

As mudanças no clima começaram a ser percebidas em meados do século XX, por meio de dados obtidos das inúmeras estações meteorológicas, bem como pelo uso dos dados de satélites que começaram a ser disponibilizados em 1982, segundo Oliveira (2008

apud ALMEIDA, 2014). Para Marengo (2009), desde a década de 1990 a comunidade científica está cada vez mais preocupada com o aumento das temperaturas em nível global. O autor descreve que algumas consequências das mudanças climáticas observadas são o "derretimento das geleiras polares e o aumento de 10 cm no nível do mar em um século" (MARENGO, 2009, p. 407).

Devido ao aquecimento anormal da temperatura do planeta, os cientistas iniciaram uma série de eventos, encontros e conferências, tanto no âmbito nacional quanto internacional, junto a governos e setores privados. A primeira Conferência Internacional das Nações Unidas que tratava do tema Ambiente Humano ocorreu na cidade de Estocolmo em junho de 1972, impulsionada pelos problemas ambientais que afetavam o mundo. Tal conferência foi o marco inicial para a construção dos documentos reguladores da conscientização mundial e para a adoção de medidas cujos objetivos eram diminuir ao máximo o aquecimento do planeta (ALMEIDA, 2014).

Uma das importantes discussões sobre as mudanças climáticas ocorreu no Brasil, durante a conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também chamada de Eco 92 ou Rio 92, conforme pontuado por Almeida (2014). Nessa conferência, os assuntos discutidos foram o "desenvolvimento sustentável, a economia verde e a redução dos impactos ambientais" (ALMEIDA, 2014. p. 6892).

Segue um breve histórico sobre as reuniões, encontros e conferências sobre o clima, segundo Casagrande, Silva Junior e Mendonça (2011), Nobre (2001) e Quadros (2017), são demonstrados no Quadro 4.2 a seguir:

Quadro 4.2 | Reuniões, encontros e conferências das mudanças climáticas

Ano	Reuniões, Encontros e Conferências	Objetivos
1972	**Conferência de Estocolmo**	Estabelece 26 princípios sobre a proteção do meio ambiente, definindo 109 recomendações de ação.
1979	**Primeira Conferência Mundial do Clima**	Coloca a necessidade de se identificar os impactos climáticos por meio do debate acerca das questões ambientais relacionadas às atividades humanas.

1988	**Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC)**	Cria o IPCC (vinculado à ONU), responsável pela avaliação de pesquisas sobre mudanças climáticas.
1990	**Segunda Conferência Mundial do Clima**	Realiza avaliações e atualizações em relação à primeira conferência, com base em resultados de novas pesquisas sobre o aquecimento global.
1992	**ECO 92**	Cria a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC). Outro destaque fica com a Agenda 21 e a Convenção da Biodiversidade.
1994	**UNFCCC**	Compromisso internacional em se promover reuniões anuais sobre as mudanças climáticas. A UNFCCC promove as Conferências dos Membros - COP.
1995	**Mandato de Berlim**	A partir dessa data, os países deveriam assumir papel protagonista na reversão das mudanças climáticas, estabelecendo prazos e definindo as metas de redução na emissão dos gases do efeito estufa.
1997	**Protocolo de Kyoto**	Assinatura do Protocolo de Kyoto, que define as metas e objetivos para a redução da emissão dos gases do efeito estufa.
2002	**Rio +10 e a Declaração de Johanesburgo**	Documento Rio+10: destaque aos princípios estabelecidos anteriormente.
2005	**Protocolo de Kyoto entra em vigor**	O protocolo de Kyoto entra em vigor, sem a participação dos EUA. A meta visava à redução das emissões dos gases de efeito estufa no mundo.
2008	**Flexibilização do Protocolo de Kyoto**	Para que todos os países cumprissem as metas na redução da emissão de gases do efeito estufa, permitindo a colaboração de todos, era possível comercializar créditos de carbono. Propunha a realização de ações em países cujas metas não haviam sido estabelecidas e a implementação do desenvolvimento sustentável por meio de ações colaborativas.

2009	**Declaração de Copenhague**	Alternativa para o Protocolo de Kyoto, propondo metas mais contidas, mas sem apresentar detalhes para implementação.
2010	**Declaração de Cancún**	Ocorre a formalização pela UNFCCC das decisões de Copenhague, detalhando os objetivos e as medidas acordadas e apresentadas na Declaração de Copenhague.
2011	**Plataforma de Durban**	Proposta de um novo tratado internacional que deve suceder o de Kyoto.
2012	**Emenda de Doha**	Nova proposta: um período adicional para a vigência do Protocolo de Kyoto.
2015	**Acordo de Paris é assinado**	Salienta que o sucessor do Protocolo de Kyoto deve envolver mais países, criando incentivos voluntários das nações para a redução das emissões dos gases estufa.
2016	**Acordo de Paris entra em vigor**	Foi estabelecido um caminho para que os países criem mecanismos que limitem o aumento da temperatura global.
2017	**Conferência do Clima**	Discute a implementação do Acordo de Paris e as Contribuições Nacionalmente Determinadas para limitar o aumento da temperatura global do planeta.

Fonte: elaborado pela autora.

Conhecer o histórico dos movimentos relacionados às mudanças climáticas é importante para que seja possível compreender os estudos acerca da relação da influência antrópica sobre as mudanças climáticas.

A influência antrópica e seu alcance sobre as mudanças do clima, segundo Blank (2015), começa com a Revolução Industrial que, ao mesmo tempo, propiciou à humanidade uma melhoria na economia e iniciou a degradação ambiental. Este é um dos mais importantes fatos que oportunizaram as alterações do clima. Segundo Lima (2016, p. 94), a Revolução Industrial é também o momento em que os processos das mudanças climáticas disparam, uma vez que "começaram a ser emitidos os gases poluentes na atmosfera em grande quantidade", como foi o caso do CO_2.

Pesquise mais

Em Lima (2016), você encontrará um estudo que trata das atividades antrópicas como impulsionadoras das mudanças climáticas na região Nordeste do Brasil. Para este autor, o ser humano é um dos principais causadores das mudanças climáticas, com uma participação direta e indireta em tal processo, uma vez que explorou e explora grandes áreas e recursos para atender às suas necessidades. Lima (2016) destaca ainda que o aumento da temperatura do planeta também se relaciona ao uso do carvão como combustível, à obtenção de energia pelas termelétricas, que, por sua vez, consomem muito carvão, além, obviamente, do aumento do número de veículos em circulação que acompanha uma maior demanda por combustíveis fósseis. Assim sendo, em um planeta cuja população humana demanda mais e mais recursos, como será possível vislumbrar futuros cenários?

LIMA, R. P de. A ação antrópica como propulsora das mudanças climáticas na região do Nordeste. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 5, nº 8, p. 91-102, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2Otzqhi>. Acesso em: 13 jul. 2018.

Marengo (2009) relata que uma das principais ações antrópicas se relaciona às mudanças de uso da terra, tais como a conversão das florestas em áreas de pastagens degradadas, ou então quando elas são transformadas em plantações de soja, por exemplo.

Outro tipo de ação antrópica que propicia as mudanças climáticas, descrita por Teodoro e Amorim (2008, p. 31), foi o processo de urbanização, que alterou os padrões de temperatura e do "fluxo de energia devido à concentração de poluentes e das partículas sólidas em suspensão".

Assimile

As mudanças de uso da terra e das florestas pelo desflorestamento foram as principais fontes de emissão de gases do efeito estufa no país, no período de 1990 a 2008. Com base nisso, o Brasil criou possibilidades para que as emissões fossem reduzidas em 2009. Porém, em 2010, a emissão de gases do efeito estufa voltou a subir no país e desta vez além das "mudanças de uso da terra e das florestas". Contabilizou-se também a participação da "agropecuária, do setor energético, dos processos industriais e dos tratamentos de resíduos" (COSTA; ALVES, 2014, p.13).

O estudo das mudanças climáticas e a influência antrópica são essenciais para a compreensão das alterações climáticas. O **aquecimento global** pode ser entendido como a elevação da temperatura média da terra (TILIO NETO, 2010, p. 38). As possíveis causas, segundo Tilio Neto (2010, p. 38) são o "efeito estufa e o aumento da atividade solar". O autor destaca que o aquecimento global pode criar condições para o aparecimento de epidemias de doenças tropicais, uma vez que "afeta os padrões das precipitações e o equilíbrio entre as estações do ano" (TILIO NETO, 2010, p. 38).

Para Molion (2008 apud SILVA; RIBEIRO; HEBERT, 2012), o aquecimento global é um processo cíclico, uma vez que em certos períodos de tempo, a Terra se aquece e em outros, ela se resfria. O autor ainda destaca que após observações de modelos climáticos, existe a probabilidade de que a Terra, nos próximos 15 ou 20 anos, tenha uma diminuição da temperatura em $0,2^{o}\mathrm{C}$.

Sobre o aquecimento global e seu processo cíclico, Miranda e Araújo (2014, p. 5) destacam que: "a variabilidade do planeta é um processo natural, influenciado por agentes externos - oscilações da atividade solar, vulcânica, e dos parâmetros orbitais terrestres e internos - como a variação da temperatura, de superfícies dos oceanos e cobertura das nuvens".

Tilio Neto (2010) descreve que o aquecimento global interfere nos padrões da evaporação e da precipitação. Por exemplo: "as precipitações violentas aumentaram em todo o globo, as secas estão mais longas e intensas e ocorrem em áreas cada vez maiores desde os anos de 1970, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais" (TILIO NETO, 2010, p. 52). As temperaturas extremas, segundo o autor, também apresentam alterações e seus efeitos podem ser observados sobre sistemas tanto naturais quanto humanos.

Tilio Neto (2010) aponta em seu estudo que o aquecimento global fará com que o nível médio dos mares (NMM) tenha uma elevação entre 18 a 59 cm até o ano de 2090. Sobre as temperaturas, os autores citam um aumento médio entre 1,8 a 4,0 $^{\circ}\mathrm{C}$.

Um alerta importante feito por ele se refere ao aumento das temperaturas e a elevação do nível médio dos mares, que são ocasionados pelas atividades humanas tendem a continuar por vários séculos, mesmo que a concentração dos gases do efeito estufa se estabilize. Os gases de efeito estufa continuam eficazes por muito tempo devido "as lentas escalas de tempo associadas aos processos climáticos e sua resposta" (TILIO NETO, 2010, p. 53).

Reflita

São muitos os prejuízos causados pelas ações humanas na natureza. Um deles é o aquecimento solar, considerado como irreversível, portanto, sem possibilidades de se voltar atrás. Algumas consequências, como as espécies da fauna e da flora que foram extintas, por exemplo, não mais existirão. "As alterações da frequência e da intensidade das chuvas, a elevação do nível do mar e as intensificações dos fenômenos meteorológicos" (INPE, [s.d.]) são outras consequências registradas devido ao aquecimento global. Com base no exposto, de que forma é possível interromper o aquecimento global? Ou será que se trata de um processo inevitável?

Para concluirmos, vamos avaliar as consequências associadas às mudanças climáticas. Elas causam impactos nos biomas, na agricultura, nos recursos hídricos, nas energias renováveis e na saúde dos seres vivos, só para pontuar alguns exemplos.

As mudanças climáticas são consideradas como uma das principais ameaças para a biodiversidade. Zanin et al. (2016) investigaram os efeitos das mudanças climáticas e a cobertura da vegetação nativa do solo brasileiro. Os autores identificaram ainda que as mudanças climáticas vão afetar quatro dos seis biomas brasileiros, sendo que o mais ameaçado é a Amazônia.

Os impactos das mudanças climáticas na agricultura foram estudados por Assad et al. (2016, p. 128) que descreve que o café, a soja, o milho, a cana-de-açúcar, o arroz, o feijão, a mandioca e outros são as maiores vulnerabilidades agrícolas frente às mudanças climáticas. Os autores realizam as projeções também para as precipitações pluviométricas intensas, que provocarão intensa erosão e desestruturação dos solos, além da perda da produtividade das culturas.

Em seu estudo sobre os impactos e as vulnerabilidades do setor de recursos hídricos no Brasil relacionados às mudanças climáticas, Ribeiro Neto, Paz e Silva (2016, p. 190) descreveram que "a análise da anomalia para o escoamento nas regiões hidrográficas indica a redução da disponibilidade hídrica em praticamente todo o território do Brasil. Sendo as maiores reduções em termos percentuais nas regiões hidrográficas do rio Doce, do rio São Francisco e do Atlântico Leste".

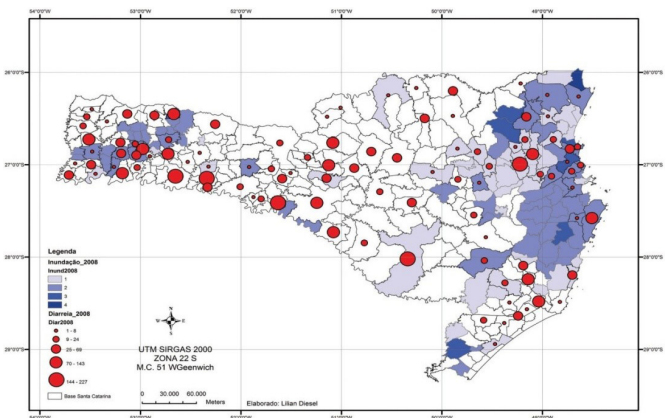
Sobre os impactos das mudanças climáticas nas energias renováveis no Brasil, Oscar Junior et al. (2016), por meio das simulações dos cenários futuros produzidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), geraram indicadores que permitem a recomendação para mitigação e adaptação do setor de energias renováveis.

Hacon et al. (2016, p. 388) escrevem sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a saúde pública, cujos resultados, segundo os autores, são negativos. Os autores ponderam que "a relação entre clima e saúde não é linear, nem simétrica, nem livre da influência de outros fatores de risco". Porém, a interação é mediada por meio dos "fatores ambientais, sociais, espaciais, temporais e econômicos" que apresentam uma inter-relação considerada complexa e dinâmica. Dentre as doenças mais comuns relacionadas às mudanças climáticas, destaca-se a doença diarreica, associada aos extremos de calor e de temperatura, cujo impacto principal é o aumento da taxa de mortalidade.

Exemplificando

Os impactos das mudanças climáticas em relação à saúde pública podem ser exemplificados por meio dos casos de doenças infecciosas – como a síndrome diarreica aguda, a leptospirose – e as ocorrências de inundações, conforme foi apresentado por Diesel e Ometto (2016) na Figura 4.18.

Figura 4.18 | Distribuição espacial de inundações e casos de síndrome diarreica aguda no estado de Santa Catarina no ano de 2008



Fonte: Diesel e Ometto (2016).

Outro tipo de impacto das mudanças climáticas dá-se pela ocorrência dos desastres naturais. Segundo Debortoli et al. (2016), os desastres que causam os maiores prejuízos no Brasil estão relacionados às inundações bruscas/graduais, aos alagamentos, aos movimentos de massa, às secas e às estiagens. Esses tipos de desastres causam múltiplos prejuízos, inclusive óbitos.

Há muitos anos, a humanidade acompanha as discussões sobre as mudanças climáticas e seus impactos na sociedade, na economia e no ambiente. O desaparecimento de espécies da flora e da fauna em função do aumento da temperatura propiciam discussões entre os cientistas, visando à tomada de decisões de curto, médio e longo prazo para diminuir os efeitos referentes às mudanças climáticas. Tais decisões se referem às atividades humanas que causam danos ambientais, tais como o desmatamento e a emissão de poluentes. Portanto, com ações que amenizem os impactos ambientais é igualmente possível minimizar os efeitos das mudanças climáticas. As decisões cabem à coletividade, que deve refletir as ações de cada um de nós.

Sem medo de errar

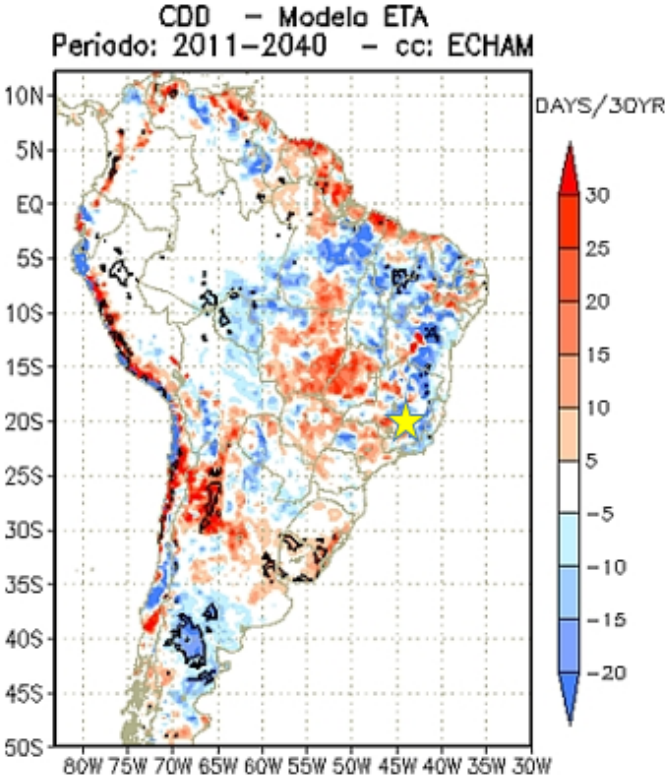
Como funcionário do INMET, você está alocado no município de Serro, em Minas Gerais, que intenta instalar um aeroporto. Para tanto, você tem como tarefa analisar os cenários futuros de previsão das mudanças climáticas, identificando as informações necessárias para esta análise e, ainda, os possíveis impactos das mudanças climáticas para o município de Serro (MG) e para a APA, em função do empreendimento citado.

Inicialmente, acesse as informações sobre o sistema de projeção de cenários climáticos, na seguinte página: <http://pnud.cptec.inpe.br/pnud_ie.html> (Acesso em: 10 ago. 2018), e as informações constantes na página da Rede Clima - Mudanças Climáticas Globais no Brasil, na seguinte página: <http://redeclima.ccst.inpe.br> (Acesso em: 10 ago. 2018). As projeções de cenários possíveis podem ser geradas no link <http://pnud.cptec.inpe.br/pnud_ie.html> (Acesso em: 10 ago. 2018). É possível optar pelo item <índice> e escolher as variáveis disponíveis. Lembrando que existem projeções para os períodos de 1961-1990, 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100.

Observe, na Figura 4.19, pelo índice de projeção de cenários climáticos, que Minas Gerais está na faixa de número de dias secos

consecutivos, com uma taxa de precipitação entre 1mm e 5mm, segundo a projeção de 2011 até 2040.

Figura 4.19 | Modelo ETA - CC

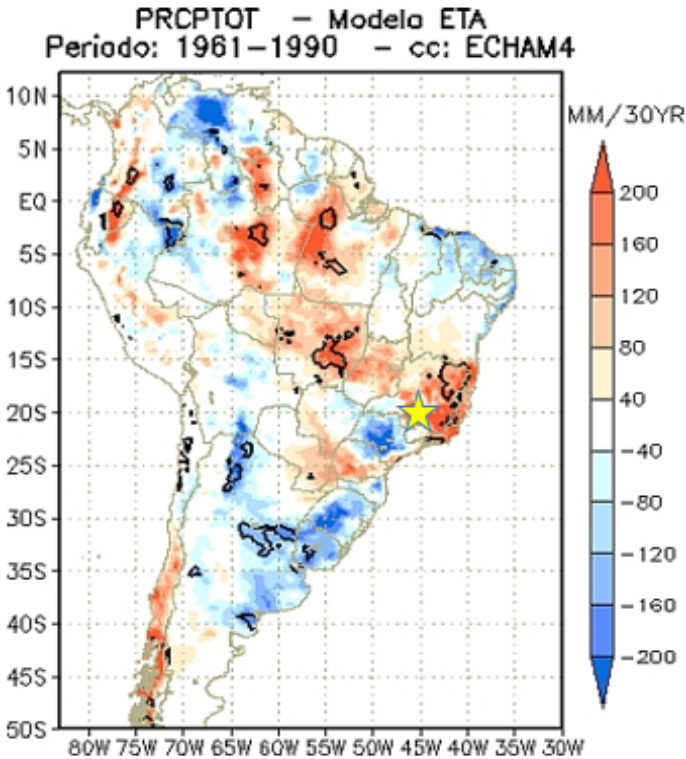


Fonte: <http://pnud.cptec.inpe.br/pnud_ie.html>. Acesso em: 6 ago. 2018.

*CCD = Número máximo de dias secos consecutivos com a taxa de precipitação diária < 1mm. (Observação: a fonte apresentada na figura é do endereço de onde são geradas as projeções, ou seja, sempre que gerar os mapas dos cenários climáticos, a imagem aparecerá com o endereço das projeções).☆: Localização aproximada da região do município de Serro, MG.

Na Figura 4.20 observamos a projeção de cenários climáticos para a precipitação total em dias úmidos, apresentando taxas de maiores que 1mm. Note que a região de Serro (MG) se encontra com índices inferiores.

Figura 4.20 | Modelo ETA – PRCPTOT



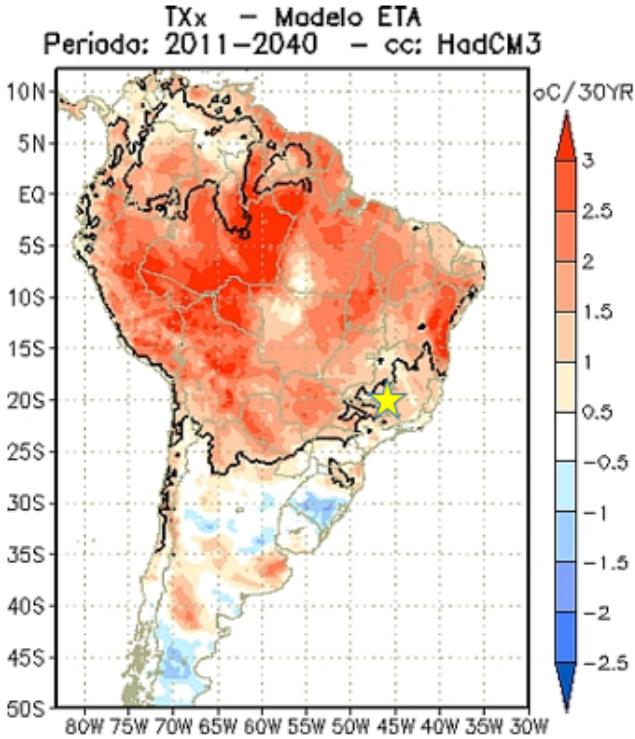
Fonte: <http://pnud.cptec.inpe.br/pnud_ie.html>. Acesso em: 15 jul. 2018.

*PRCPTOT = Precipitação total anual em dias úmidos com a taxa de precipitação diária > 1mm. (Observação: a fonte apresentada na figura é do endereço de onde são geradas as projeções, ou seja, sempre que gerar os mapas dos cenários climáticos, a imagem aparecerá com o endereço das projeções).

★: Localização aproximada da região do município de Serro, MG.

Na Figura 4.21 observa-se o índice da projeção de cenários climáticos para a maior temperatura máxima mensal para o período de 2011 até 2040.

Figura 4.21 | Modelo ETA - TXx



Fonte: <http://pnud.cptec.inpe.br/pnud_ie.html>. Acesso em: 15 jul. 2018.

*TXx = Maior temperatura máxima mensal.

(Observação: a fonte apresentada na figura é do endereço de onde são geradas as projeções, ou seja, sempre que gerar os mapas dos cenários climáticos, a imagem aparecerá com o endereço das projeções).

☆: Localização aproximada da região do município de Serro, MG.

Com base nas projeções de cenários climáticos, é possível informar ao município de Serro (MG) que os índices demonstram períodos com baixo índice de precipitação pluviométrica e com consideráveis temperaturas máximas mensais, o que pode gerar sérios impactos econômicos, sociais e ambientais para o município, cuja intenção é construir o aeroporto próximo da APA das Águas Vertentes.

Portanto, analisar e interpretar os dados da previsão de tempo e das mudanças climáticas é relevante para que seja possível identificar

os principais impactos sobre a população exposta e definir ações que possam amenizar tais impactos.

Avançando na prática

Medidas para diminuir o impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos

Descrição da situação-problema

Você é o coordenador do departamento de recursos hídricos, pertencente ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), e participará de uma reunião com membros de instituições públicas e privadas para discutir os impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos do Brasil.

Para nortear a reunião, você apresentou a conclusão do estudo apresentado por Ribeiro Neto, Paz e Silva (2016, p. 226), que coloca: "a análise da anomalia do escoamento nas regiões hidrológicas mostra que há uma redução da disponibilidade hídrica em praticamente todo o território do Brasil".

Um dos impactos da redução da disponibilidade hídrica é sentido nos setores econômico e social, como o abastecimento de energia elétrica, a produção agrícola e o abastecimento de água para a população.

Com base nisso, quais medidas podem ser elencadas para diminuir os impactos nas atividades humanas em relação à diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil?

Resolução da situação-problema

Inicialmente é preciso pontuar a necessidade que os órgãos gestores dos recursos hídricos têm para enfrentar os impactos das mudanças climáticas.

Para amenizar os impactos da disponibilidade hídrica no setor de recursos hídricos no Brasil, como coordenador do Departamento de Recursos Hídricos, pertencente ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), você deve apresentar as seguintes informações:

A redução da disponibilidade hídrica, segundo o estudo de Ribeiro Neto, Paz e Silva (2016, p. 227) poderá afetar as "regiões mais populosas que se encontram nas bacias hidrográficas, como

o Atlântico SE/SUL, Uruguai e o Paraná". As regiões produtoras de energia elétrica, por sua vez, estão localizadas junto aos rios São Francisco, Tocantins e Paraná. E as regiões com aptidão agrícola e que correm o risco de indisponibilidade hídrica compreendem às regiões dos rios Paraná e São Francisco.

Assim, na reunião foram elencadas algumas medidas que podem diminuir os impactos:

- Aproveitamento das águas pluviais.
- Desenvolvimento de lavouras sustentáveis.
- Manutenção da cobertura de vegetação e/ou recuperação das áreas desmatadas.
- Melhoramento da gestão de pastos, evitando o excesso de desgaste pelo pisoteio dos animais.
- Maior eficiência do uso da água do solo bem como da irrigação, reduzindo as perdas dos sistemas de abastecimento de água.
- Preservação, manutenção, recuperação e/ou manejo da mata ciliar.

Dentre essas medidas, vamos destacar a preservação, manutenção, recuperação e/ou manejo da mata ciliar que, segundo o Código Florestal Federal, é uma área de preservação permanente. Para a preservação da mata ciliar, é possível utilizar o arame liso ovado para o isolamento da área, e a cerca deve ser construída fora da faixa considerada como preservação permanente. Para o processo de manutenção, sugere-se que ocorram visitas periódicas de técnicos florestais, para averiguar as condições da mata ciliar, identificando possíveis acessos de pessoas e animais que possam causar danos, bem como verificar a saúde das plantas e realizar o plantio de novas mudas que são características da região.

Essas são algumas das possíveis medidas que podem ser adotadas pelas instituições públicas e privadas com o objetivo de reduzir os riscos da redução da disponibilidade hídrica no território brasileiro.

Faça valer a pena

1. O protocolo de Kyoto é um tratado internacional assinado na referida cidade japonesa em 1997. É considerado um projeto de prevenção do impacto das mudanças climáticas e entrou em vigor oficialmente no ano

de 2005. No ano de 2004, a Rússia ratificou o tratado, e os EUA decidem por não ratificar o protocolo de Kyoto.
O que objetivou o protocolo de Kyoto?

a) A definição de metas e objetivos para a redução dos gases do efeito estufa.
b) O reforço do papel dos países na reversão as mudanças climáticas e seus efeitos.
c) A criação de um órgão intergovernamental para avaliar as pesquisas científicas.
d) Realizar um apelo às nações para que conheçam e investiguem os impactos climáticos.
e) Discutir a implementação do acordo de Paris para limitar a temperatura global do planeta.

2. O processo de urbanização e a ação antrópica se relacionam diretamente ao aquecimento global, uma vez que influenciam o comportamento dos elementos climáticos.
Com base nisso, avalie as seguintes afirmações:

I) O processo de urbanização altera os padrões de temperatura e do "fluxo de energia devido à concentração de poluentes e das partículas em suspensão" (TEODORO; AMORIM, 2008, p. 31).
II) (Fonte: TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. de C. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, 2008, p. 25-38. Disponível em: <https://bit.ly/2M2sBSh>. Acesso em: 14 jul. 2018.)
III) O processo de urbanização não colabora para o aquecimento global, uma vez que não contribui com a emissão dos poluentes e das partículas.
IV) O processo de urbanização contribui para a formação das ilhas de calor e para o agravamento das emissões dos gases de efeito estufa, que contribuem para o aquecimento global.
V) O processo de urbanização não apresenta relação com a formação das ilhas de calor nem com as emissões dos gases de efeito estufa, portanto, não apresentam relação com o aquecimento global.

É correto APENAS o que se afirma em:

a) I e II.
b) I e III.
c) II e IV.
d) I, II e III.
e) I, II e IV.

3. Os impactos das mudanças climáticas são os mais diversos e podem afetar as vulnerabilidades tanto sociais e econômicas quanto ambientais. Ribeiro Neto, Paz e Silva (2016) escreveram sobre os impactos e as vulnerabilidades nos recursos hídricos no Brasil devido às mudanças climáticas.
Dos impactos causados aos recursos hídricos, julgue as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F).

( ) Os recursos hídricos no Brasil não sofrerão os impactos referentes às mudanças climáticas, portanto, não afetarão a disponibilidade hídrica.
( ) As regiões hidrográficas do rio Doce, do rio São Francisco e do Atlântico Leste não devem apresentar impactos em relação às mudanças climáticas.
( ) As mudanças climáticas impactarão as regiões hidrográficas na redução da disponibilidade hídrica em praticamente todo o território brasileiro.
( ) A região hidrográfica do rio Doce é a única que sofrerá impactos referentes às mudanças climáticas por meio da indisponibilidade hídrica.

Assinale a alternativa com a sequência correta.

a) V - V - F – F.
b) V - F- V – F.
c) F - F - V – F.
d) V - F - V – V.
e) F - V - V – V.

Referências

ALMEIDA, R. O de. O contexto histórico das discussões sobre as mudanças climáticas e o aquecimento global: a literatura de cordel como possibilidade didática. **Revista da SBEnBio**, V Enanbio e II Erebio Regional 1, nº 7, out. 2014. Disponível em: <https://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0533-1.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2018.

ALVALÁ, R. C. dos S. et.al. Os satélites meteorológicos de nova geração e suas contribuições para as previsões de tempo e de clima. In: 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2006, Campo Grande. **Anais**... Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 770-780. Disponível em: <https://bit.ly/2zBvR50>. Acesso em: 26 jun. 2018.

ASSAD, E. D. et al. Impactos e vulnerabilidades da agricultura brasileira às mudanças climáticas. In: **Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais à mudança do clima no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, 2016.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 16ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 332 p.

BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator**, Fortaleza, v.14, nº 2, p.157-172, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/2v2LnlP>. Acesso em: 14 jul. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. TABNET/DATASUS. Departamento de Informática do SUS. **Epidemiológicas e Morbidade**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203>. Acesso em: 5 ago. 2018.

CAETANO NETO, E. S.; INNOCENTINI, V.; ROCHA, R. P da. Um sistema de previsão de tempo e de ondas oceânicas para o Atlântico Sul. **Revista brasileira de oceanografia**, v. 44, nº 1, p. 35-36, 1996. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/rbo/article/viewFile/6808/8277>. Acesso em: 26 jun. 2018.

CASAGRANDE, A.; SILVA JUNIOR, P.; MENDONÇA, F. Mudanças climáticas e aquecimento global: controvérsias, incertezas e a divulgação cientifica. **Revista brasileira de climatologia**,a Ano 7, v. 8, jan./jun. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25793/17212>. Acesso em: 14 jul. 2018.

CENTRO DE PESQUISAS DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Histórico – Supercomputadores – CPTEC/INPE**. [S.l.], 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2zQKpxZ>. Acesso em: 18 jul. 2018.

CENTRO REGIONAL DO CLIMA PARA O SUL DA AMÉRICA DO SUL – CRC-SAS. **Ajuda Seca**. [S.l., s.d]. Disponível em: <http://www.crc-sas.org/pt/ayuda_sequia.php>. Acesso em: 5 ago. 2018.

COSTA, V. C. S. P. A. da; ALVES, J. E. D. A regulação das emissões de gases do efeito estufa no Brasil no contexto da governança global do clima. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 19., 2014, São Pedro. **Anais**... São Pedro: ABEP, 2014. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/viewFile/2247/2202>. Acesso em: 14 jul. 2018.

DEBORTOLI, N. S. et al. Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais no Brasil, no contexto de mudanças climáticas. In: **Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais à mudança do clima no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, 2016.

DOHLER, R. E. et al. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático global para Eucalyptus grandis e pinus taeda. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p.992-1000, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2LkcZfO>. Acesso em: 5 jul. 2018.

DIESEL, L. E.; OMETTO, J. P. H. B. O uso de geotecnologias para a análise da gestão de risco prospectiva: as doenças e a ocorrência das inundações por precipitações pluviométricas no estado de Santa Catarina – Sul do Brasil. **Revista Territorium**, n. 23, 2016, p. 17-22. Disponível em: <http://iduc.uc.pt/index.php/territorium/article/view/3792>. Acesso em: 13 jul. 2018.

FLORENZANO, T. G. **Os Satélites e suas aplicações**. São José dos Campos: SindCT, 2008. Disponível em: <http://www.sindct.org.br/files/satelites.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2018.

GRIGOLETTO, J. C. et al. Gestão das ações do setor saúde em situações de seca e estiagem. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 709-718, mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232016000300709&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 5 ago. 2018.

HACON, S. S. de. et al. Vulnerabilidade, riscos e impactos das mudanças climáticas sobre a saúde no Brasil. In: **Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais à mudança do clima no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, 2016.

INÁCIO, L. S.; GONÇALVES, M. C.; IMIANOVSKI, W. A. **Aplicações de satélites meteorológicos**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Curso Técnico de Meteorologia. Florianópolis, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/2um0buT>. Acesso em: 26 jun. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Portal de acesso à informação, transparência, participação e colaboração. **Mudanças Climáticas**: Perguntas. [S.l., s.d.]. Disponível em: <http://www.inpe.br/acessoainformacao/sobre_monit_mudancas_climaticas>. Acesso em: 1 ago. 2018.

LIMA, R. P de. A ação antrópica como propulsora das mudanças climáticas na região do Nordeste. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 5, nº 8, p. 91-102, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2Otzqhi>. Acesso em: 13 jul. 2018.

LISBOA, H. C. K. J. et al. Efeito das mudanças climáticas no zoneamento da seringueira. In: IV CONEFLOR - III SEEFLOR, 2013, Vitória da Conquista (BA). **Anais**... Vitória da Conquista: UESB, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2LtJaWN>. Acesso em: 5 jul. 2018.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas: detecção e cenários futuros para o Brasil para o final do século XXI. In: **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MIRANDA, L. de A.; ARAÚJO, E de S. Mudanças climáticas: Análise de dois pontos de vista. **Persp. Online: Humanas & Sociais Aplicadas**, Campo dos Goytacazes, v. 4, nº

9, 2014. Disponível em: <http://seer.perspectivasonline.com.br/index.php/humanas_sociais_e_aplicadas/article/view/536>. Acesso em: 1 ago. 2018.

NOBRE, C. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. Modelo e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. **Parcerias estratégicas**, nº 12, set. 2001. Disponível em: <http://igeologico.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/Texto_Nobre.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2018.

OLIVEIRA, A. G. de. A importância dos dados das variáveis climáticas nas pesquisas em geografia: um estudo de caso empregando a precipitação pluviométrica. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 10, nº 32, p. 9-21, dez./2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15948/8998>. Acesso em: 22 jul. 2018.

OLIVEIRA, S. M. B. Base científica para a compreensão do aquecimento global. In: VEIGA, J. E. (Org.). **Aquecimento global**: frias contendas científicas. São Paulo: Ed. Senac, 2008.

OSCAR JUNIOR, A. C. da S. et al. Vulnerabilidades do setor de energias renováveis no Brasil às mudanças climáticas. In: **Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais à mudança do clima no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, 2016.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícol**a. USP. Departamento de Ciências Exatas. 2007. 202 p.

QUADROS T. O histórico dos principais encontros e acordos climáticos mundiais. 2017. **Nexo Jornal**, 17 nov. 2017. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/grafico/2017/11/17/O-hist%C3%B3rico-dos-principais-encontros-e-acordos-clim%C3%A1ticos-mundiais>. Acesso em: 14 jul. 2018.

RASCON, N. J. L. et al. **Uso de dados meteorológicos do NCEP/NCAR em ambiente SIG para preenchimento de falhas em séries históricas**. Sociedade Brasileira de Meteorologia, [S.l.], 2010. Disponível em: <http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/21_31338.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2018.

RIBEIRO NETO, A.; PAZ, A. R. da; SILVA, E. R. da. Impactos e vulnerabilidade do setor de recursos hídricos no Brasil às mudanças climáticas. In: **Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais a mudança do clima no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, 2016.

SILVA, M de A.; RIBEIRO, V de A.; HERBERT, V. Aquecimento ou resfriamento global? Um único problema de várias respostas. **Polêmica**, v. 11, nº 3, p. 425-438, ago. 2012. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/3733/2615>. Acesso em: 01 ago. 2018.

TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. de C. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, ago. 2008. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25405/17025>. Acesso em: 14 jul. 2018.

TILIO NETO, P. D. As mudanças climáticas na ordem ambiental internacional. Rio de Janeiro. In: **Ecopolítica das mudanças climáticas: o IPCC e o ecologismo dos pobres**. Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010, p. 37-81. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/x9z8z/pdf/tilio-9788579820496-06.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2018.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 234 p.

TORRES, J. D. et. al. Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados. **Scientia Plena**. v. 11, nº 2, 2015. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1742/1130>. Acesso em: 24 jun. 2018.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. 2ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 460 p.

WREGE, M. S. et al. **Cartas climáticas do Município de Rio Negrinho, SC**. Colombo: Embrapa Florestas, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2Ljm6gI>. Acesso em: 4 jul. 2018.

ZANIN M. et al. Mudanças climáticas e a cobertura vegetal nativa: impactos em um país mega diverso e seus biomas. In: **Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais à mudança do clima no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília, 2016.

ISBN 978-85-522-1098-6