



KLS

# Agrometeorologia



# Agrometeorologia



José Luís Aguiar Figueiredo

© 2019 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

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

#### **Revisão Técnica**

Cristiano de Almeida Bredda

Isabella Alice Gotti

#### **Editorial**

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Figueiredo, José Luís Aguiar

F475a Agrometeorologia / José Luís Aguiar Figueiredo. –  
Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.  
168 p.

ISBN 978-85-522-1354-3

1. Meteorologia. 2. Previsão do tempo. 3. Produção agrícola. I. Figueiredo, José Luís Aguiar. II. Título.

CDD 630

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019

**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 à agrometeorologia .....	7
Seção 1.1	
Fundamentos da agrometeorologia .....	9
Seção 1.2	
Agrometeorologia e os fatores geográficos.....	21
Seção 1.3	
Agrometeorologia e a fenologia das plantas .....	32

## Unidade 2

Elementos climáticos .....	47
Seção 2.1	
Elementos climáticos: radiação solar .....	49
Seção 2.2	
Elementos climáticos: temperatura .....	62
Seção 2.3	
Elementos climáticos: umidade do ar e evapotranspiração.....	76

## Unidade 3

Balanco hídrico climatológico .....	91
Seção 3.1	
Definição de balanço hídrico .....	93
Seção 3.2	
Elaboração do balanço hídrico climatológico .....	104
Seção 3.3	
Classificações climáticas.....	116

## Unidade 4

Zoneamento agroclimático .....	127
Seção 4.1	
Definição e aplicabilidade do zoneamento agroclimático.....	129
Seção 4.2	
Zoneamento agroclimático: etapas de elaboração .....	139
Seção 4.3	
Metodologias para elaboração do zoneamento agroclimático.....	150



# Palavras do autor

---

Seja bem-vindo à disciplina *Agrometeorologia*, ciência que tem por objetivo o estudo das condições proporcionadas pelos elementos climáticos, sua relação com o solo e os seres vivos e como esta relação impacta as atividades agrícolas.

Na primeira unidade serão abordados assuntos introdutórios ao estudo da climatologia. Trataremos com mais detalhes sua definição, apresentando os conceitos e objetivos relacionados à agrometeorologia. Identificaremos as diferenças entre clima e tempo, possibilitando diferenciar esses dois conceitos. Trataremos também da relação Terra e Sol e, a partir das variáveis, entenderemos como o movimento da Terra e as estações do ano interferem na produtividade agrícola. Por fim abordaremos como a agrometeorologia se relaciona com o conceito de fenologia.

Na segunda unidade conheceremos a atmosfera terrestre e a importância do balanço da radiação solar no balanço de energia na Terra para o pleno desenvolvimento das culturas. Entenderemos com mais detalhes o papel da temperatura do ar e do solo nos ciclos vegetativos e aprenderemos quais são as formas de medição dessas variáveis. Veremos também o conceito de umidade e como este é um fator fundamental não só para o desenvolvimento das plantas como também para o aparecimento de pragas e doenças. Neste ponto vamos trabalhar o conceito de evapotranspiração, os fatores que a influenciam e a sua importância para o dia a dia do profissional da área agrícola.

Na terceira unidade discutiremos as definições e aplicações agronômicas do balanço hídrico e como utilizar este conceito na irrigação das culturas. Trataremos da análise do balanço hídrico desde as formas e etapas de elaboração até as formas de representação. A partir do balanço hídrico, identificaremos os climas, quais são os que estão presentes no Brasil e, baseado nisso, entenderemos a importância do entendimento e da classificação climática nas atividades agrícolas.

E encerrando, na quarta unidade, aprenderemos sobre o zoneamento agroclimático, bem como sua relevância para a agricultura. Usaremos os conceitos obtidos nas demais unidades para realizar a caracterização do clima de uma região e, a partir das exigências das culturas de interesse econômico, elaboraremos o zoneamento climático.

Você entenderá que a agrometeorologia é de grande valia na rotina do profissional da área agrícola e sem ela é impossível de tomar as decisões mais adequadas na produção agrícola.

Bons estudos!

# Unidade 1

---

## Introdução à agrometeorologia

### Convite ao estudo

Caro aluno, daremos início a essa disciplina apresentando a você a definição de agrometeorologia e seus objetivos e explicando sua importância para a rotina do profissional da área agrícola. Para entendermos ainda melhor, falaremos sobre dois conceitos muito importantes: o clima e o tempo. Ouvimos diariamente em diversos meios de comunicação a previsão do tempo, mas será que somente conhecer o tempo diariamente nos ajudará a atuar de forma assertiva, tomando as melhores decisões para a condução de uma determinada atividade agrícola?

Imagine você ao acordar, ligar a televisão e se deparar com a notícia de que o dia terá temperatura amena, com nebulosidade e pancadas de chuva durante todo o período. Para muitas pessoas essa notícia permitirá a escolha de uma determinada roupa, se levará ou não consigo um guarda-chuvas ou ainda se ficará em casa ou não, por exemplo, em um final de semana. Mas, para um profissional da área agrícola, esta notícia tem muita importância, pois permitirá tomar uma série de decisões importantíssimas que podem até mesmo comprometer o desenvolvimento e o sucesso de determinado cultivo.

Agora, como bom profissional que é, o profissional da área agrícola jamais tomará como base somente as informações da televisão para adequar a sua rotina. Isso mesmo! É preciso saber muito mais do que somente a temperatura do dia ou se vai chover para ser o profissional que o mercado busca.

É isto que torna a agrometeorologia incrível, e nessa disciplina você poderá compreender e aplicar seus conceitos.

Vamos considerar a partir de agora que você é responsável técnico (consultor) de um grupo empresarial denominado Planalto, que possui propriedades em vários estados do Brasil, as quais produzem, em função da época do ano, diversas culturas. Há a produção de grãos, frutas, pastagem para a produção de carne bovina, dentre outras atividades de menor porte, como a produção de peixes nas propriedades do Norte do Brasil. Seu papel é orientar os gestores das fazendas, mas principalmente os funcionários, que normalmente são pessoas de pouca escolaridade, porém com grande experiência nas rotinas diárias das propriedades. É você o responsável por identificar as

variáveis climatológicas e meteorológicas das regiões das fazendas e avaliar a sua influência na fenologia das plantas que estão sendo cultivadas.

Será que conhecer a agrometeorologia vai ajudá-lo no seu trabalho diário? A agrometeorologia tem esse papel de auxiliar o profissional na tomada de decisão? Como é que o tempo e o clima vão interagir com as outras áreas do conhecimento dentro das ciências agrárias?

Vamos então começar a entender melhor esses conceitos.

Boa sorte e bons estudos!

## Fundamentos da agrometeorologia

### Diálogo aberto

Caro aluno, você conhecerá os conceitos de agrometeorologia, a importância que ela tem na agricultura e como ela pode ajudar na tomada de alguma ação nas rotinas do seu dia a dia. Assim, você terá a oportunidade de entender que há diferenças entre o clima e o tempo e como as atividades realizadas por um profissional da área agrícola são impactadas.

Como consultor do grupo Planalto, grupo que possui propriedades agrícolas em todo o Brasil, você foi acionado pela fazenda que fica em Cascavel, no Paraná. Era necessário verificar o que estava acontecendo na lavoura de milho, pois não apresentava o desenvolvimento esperado para a cultura.

Ao analisar os dados apresentados pelo gerente da fazenda, identificou-se que o plantio foi realizado no início de abril, época em que as temperaturas tendem a cair na Região Sul do país, região de Cascavel. Os dados eram comparados com outra propriedade do grupo na Região Norte – onde o calor prevalece –, cujo plantio foi feito na mesma época do ano. Todos os demais processos agrícolas foram seguidos conforme sua recomendação em ambas as propriedades.

O gerente ainda informou que o clima não tem ajudado, pois a falta de chuva aliada à alta temperatura da última semana foram os causadores do problema.

Agora é sua vez de atuar partindo dos conceitos de clima e de tempo. Será que ele está certo ao afirmar que o clima é o responsável por este problema na lavoura? Como você explicaria para ele que há diferenças entre o clima e o tempo na produtividade da lavoura?

Vamos entender de forma mais aprofundada esta situação e, a partir do desenvolvimento de conteúdos e seus conceitos, ter a possibilidade de responder de forma mais adequada os questionamentos que surgiram.

Bons estudos!

Caro aluno, você já deve ter ouvido diversas vezes que o Brasil é o celeiro do mundo, que neste país tudo que se planta tem boa produção e que ano após anos batemos nossos recordes de produtividade. Mas será que alguma vez parou para pensar no motivo de termos essa abundância em nosso país?

São diversos os fatores que permitem que isto aconteça, como o uso de técnicas adequadas ao cultivo das mais variadas culturas, sementes melhoradas geneticamente, grandes extensões de áreas produtoras, solo com características adequadas e o fator clima, que é preponderante para este sucesso – é justamente sobre ele que concentraremos nosso aprendizado nesta disciplina.

A população mundial cresce a cada dia, e, atrelado a este crescimento, vem a necessidade de alimentação da população. Estima-se que se não ocorrerem modificações nos sistemas produtivos, não conseguiremos alimentar a população mundial projetada para 9 bilhões de pessoas até o ano de 2050 (ONUBR, 2016).

Até pouco tempo atrás tínhamos a impressão de que nossos recursos naturais nunca se esgotariam. Porém isso mudou, e nos últimos anos a mudança está cada vez mais acelerada. Essa mudança se reflete em destruição de habitats naturais, erosão e consequente baixa produtividade dos solos, aumento da industrialização e seus efeitos sobre o meio ambiente.

Atrelado a este crescimento, os cientistas destacam a questão do aquecimento global como outro grande fator para diminuição da produção, impactando ainda mais o cenário de fome mundial.

Está aí a importância dos profissionais ligados ao agronegócio como recurso necessário, permitindo que a produção atinja sua plenitude com o menor impacto possível. Cabe a estes profissionais conhecer a importância dos fatores agrometeorológicos, quais os impactos que trazem à produção e como mitigá-los.

Já parou para pensar por que determinada cultura produz muito bem em determinada região do país e em outra ela sequer consegue se desenvolver? Ao chegar ao sul do Brasil, você verá culturas que jamais encontrará no Norte ou no Nordeste brasileiro.

Vamos começar a entender um pouco mais sobre a agrometeorologia. Para tanto vamos nos inteirar mais sobre meteorologia e climatologia.

Meteorologia agrícola tem por objetivo colocar a ciência da meteorologia a serviço da agricultura em todas as suas formas e facetas, para melhorar o uso da terra, ajudar a produzir o máximo de alimentos e evitar o abuso irreversível dos recursos da terra (SMITH, 1975).

Isso se justifica pois praticamente não há atividade agrícola que não dependa do clima ou do tempo para que seja executada. Você sabia que se preparar o solo com teor de umidade inadequado pode provocar erosão? Que a aplicação de um defensivo agrícola depende da temperatura do ar, da umidade relativa e da velocidade do vento no momento da aplicação? Que o correto manejo da água de irrigação depende das condições de temperatura e umidade relativa? Que, ao armazenar um produto em um silo, tem que monitorar constantemente as condições do ar que utilizará no sistema de secagem? Que as pragas e doenças possuem uma relação direta com o microclima ao redor da planta? Muita informação, não é mesmo?

Pelos exemplos apresentados, você já sabe, sem conhecer os fatores agrometeorológicos, que o trabalho do profissional da área agrícola se torna muito mais árduo. Os riscos para a agricultura devido a eventos meteorológicos adversos são enormes, e os prejuízos advindos destes eventos muitas vezes são irreversíveis.

Mas pense bem: é possível evitarmos estes fatores extremos? A natureza nos dá data e hora marcada para nos trazer uma chuva de granizo? Conseguimos identificar um período longo de seca? Algumas situações podem ser previstas, e com isso temos a possibilidade de intervir e diminuir os impactos causados.

A rede que monitora o clima mundialmente consegue prever com certa antecedência os impactos que a La Niña e o El Niño causarão. Isso permite que todos se planejem e minimizem os impactos.

Situação similar é o acompanhamento da chegada de tufões e furacões, que permite até salvar milhares de vidas nas regiões afetadas.

Portanto o planejamento leva à correta tomada de decisão, e por isso devemos conhecer as informações obtidas através da agrometeorologia, analisar suas informações, correlacionar com as demais áreas do conhecimento e tomar a decisão correta dentro de uma propriedade agrícola.



### Refleta

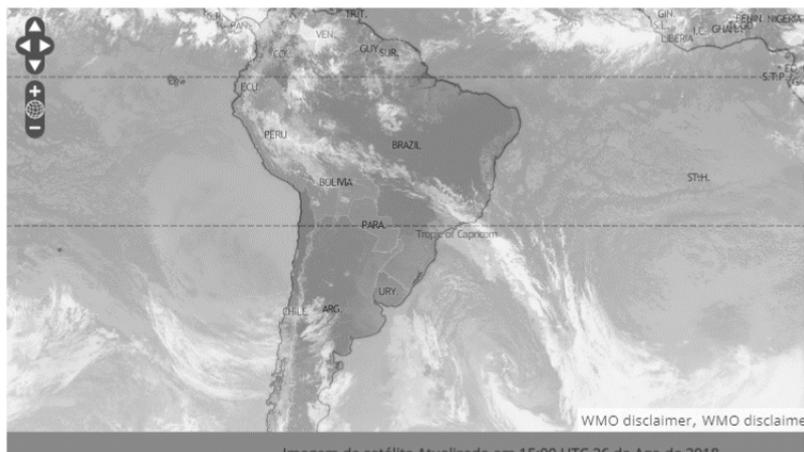
O homem moderno não precisa, como seus antepassados, viver à mercê do tempo meteorológico. Entretanto, modelos especulativos para controlar o tempo e o clima regional ou global deveriam ser analisados com cuidado.

Mais importante ainda é o fato de que sabemos atualmente muito pouco a respeito das consequências climáticas prováveis de tais esquemas,

pois nosso conhecimento atual está longe da perfeição (AYOADE, 2011). Será que atualmente com toda a tecnologia disponível é possível atuar preventivamente e dessa forma diminuirmos o impacto causado por fatores meteorológicos?

Observe a figura a seguir. Ela apresenta a condição para a América do Sul em 26 de agosto de 2018, atualizada para o horário 15:00 UTC.

Figura 1.1 | Previsão do tempo para a América Latina



Fonte: <http://wwis.ipma.pt/pt/home.html>. Acesso em: 26 ago. 2018.

Será que ao analisarmos uma nova imagem às 18:00 horas UTC teremos alguma modificação?

A resposta é positiva: teremos outra imagem mostrando que houve alterações nas condições meteorológicas.

Segundo Ayoade (2011), a meteorologia é a ciência da atmosfera e está relacionada ao seu estado físico, dinâmico e químico e às interações existentes entre eles e a superfície da Terra adjacente. O meteorologista emprega as leis da física e da matemática nos processos de estudo. Quando falamos de tempo, estamos nos referindo ao estado atual da atmosfera, ou seja, condição instantânea de alguns elementos, tais como chuva ou precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar. Então ao dizer que lá fora está chovendo, estamos nos referindo ao tempo, pois daqui a algumas horas o tempo pode mudar e o sol pode aparecer.

Ayoade (2011) define climatologia como sendo o estudo científico do clima. O climatologista utiliza a estatística tratando os padrões de

comportamento da atmosfera. Ou seja, há uma análise normal climatológica durante um determinado período (30 a 35 anos) definindo um status médio para determinada região.



### Assimile

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define normais climatológicas como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” (INMET, [s.d.].a).

A Figura 1.2 representa o clima do Brasil. Perceba que no mapa do país há várias subdivisões, equatorial, temperado e tropical. Essa classificação é oriunda da análise de dados ao longo do tempo, tais como temperatura, umidade relativa, vento. Assim, ao se ter um padrão histórico destas variáveis, é possível delimitar regiões com comportamentos similares e assim elaborar a classificação climática.

Figura 1.2 | Climas do Brasil



Fonte: adaptada de <https://cnae.ibge.gov.br/images/7a12/mapas/Brasil/clima.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2018.

Podemos então dizer que para determinada atividade agrícola:

- Sua implantação depende de conhecermos o clima da localidade.
- O tempo influenciará no resultado da atividade.

Resumindo, podemos afirmar que o tempo é o agora, e o clima nos traz o histórico das condições ao longo dos anos. Precisamos entender o conceito

de clima e tempo. Este é o primeiro passo para desempenhar suas atividades como bom profissional em se tratando da agrometeorologia.



### Exemplificando

**“Chuva pode chegar forte na Grande São Paulo entre segunda e terça-feira. Tempo fica nublado na região metropolitana, com chance de chuva até sábado, após mais 47 dias de seca.”**

Esta foi a manchete do Portal G1 do Globo.com em 30 de julho de 2018. Historicamente o mês de agosto é caracterizado por poucas chuvas, porém a previsão do tempo é de chuva para os dias subsequentes.

Vimos então que a agrometeorologia é a junção da meteorologia, com seus modelos matemáticos e físicos, com a climatologia, através dos estudos estatísticos. É muito importante destacar que a agrometeorologia é uma ferramenta para tomada de decisão e atua em conjunto com outros indicadores, tais como o solo, a cultura a ser implantada, pragas e doenças, dentre outros. Pela análise em conjunto de todos os dados é que produção e produtividade serão alcançados.

Podemos tomar muitas ações com base nos dados agrometeorológicos além daquelas descritas ao longo do capítulo. Como exemplo, previsão e proteção contra geadas, prevenção aos focos de incêndios, utilização de quebra-ventos.

Muito se tem feito para melhorar as previsões e diminuir os riscos dos empreendimentos agrícolas, principalmente quando falamos de avanços tecnológicos. Através de modelos cada vez mais precisos, novos softwares são desenvolvidos e aliados com uma enorme rede de coleta de dados. Para tanto são utilizados: satélites que, ao transmitirem imagens, permitem uma análise do comportamento da atmosfera; estações automáticas pela coleta e transmissão a cada minuto de dados meteorológicos; estações convencionais, onde os dados observados por um técnico em horários predeterminados são transmitidos aos centros de coleta de dados; e as radiossondas, que acopladas aos balões meteorológicos coletam diversos dados conforme vão ganhando altitude e seus dados são transmitidos para uma base fixa. Assim, de posse deste conjunto de dados e com prévia análise, as autoridades e centros de pesquisas conseguem prover a todos com informações praticamente em tempo real, favorecendo o planejamento e a execução de ações prioritárias. No Brasil o INMET é o representante junto à Organização Meteorológica Mundial.



## Assimile

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é um órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento cuja missão é fomentar informações meteorológicas, mediante a coleta e análise de dados, previsão do tempo e do clima. Para que isso aconteça e as informações possam ser utilizadas por toda a comunidade, até produtores e profissionais do agronegócio, o INMET trabalha com dados que podem ser aplicados de forma prática e confiável, além de buscar parcerias que fortalecem a confiabilidade dos dados. Este é o trabalho do órgão: apoiar a tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país (INMET, [s.d.]).

Através das Figuras 1.3 e 1.4 é possível verificar a distribuição da rede de estações climatológicas no Brasil. Verifique que há um número muito maior de estações automáticas do que de estações convencionais. Outro ponto importante a destacar é que no Brasil ainda temos poucas estações, e sua distribuição está principalmente em áreas com maior urbanização. Há uma tendência de crescimento do número de estações automáticas, principalmente devido à facilidade de operação (coleta e transmissão de dados), principalmente em regiões como o Norte e o Centro-Oeste do país.

Figura 1.3 | Distribuição da rede de estações climatológicas automáticas no Brasil



Fonte: adaptada de <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 26 ago. 2018.

Figura 1.4 | Distribuição da rede de estações climatológicas convencionais no Brasil



Fonte: adaptada de <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 26 ago. 2018.



### Pesquise mais

Na Nota Técnica Nº 001/2011/SEGER/LAIME/CSC/INMET, você conseguirá obter mais informações sobre as estações meteorológicas, como finalidade, equipamentos, operação e manutenção.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. **Rede de estações meteorológicas automáticas do INMET**. 2011.

Você percebeu que abordamos a agrometeorologia num contexto relacionado à agricultura, mas não podemos esquecer também que esses fatores influenciam diretamente a atividade pecuária.

Além de afetar diretamente a produção de alimentos para os animais, o conjunto temperatura do ar e umidade relativa é uma dupla implacável no condicionamento animal.

Portanto, o planejamento correto das instalações, do manejo adequado, da espécie a ser produzida em determinada região toma como base fatores agrometeorológicos. Novamente a atuação do profissional da área agrícola se faz necessária, quer seja na disponibilização e interpretação das informações, quer na execução dos projetos associados à pecuária.

Prezado aluno, você conheceu o que é a agrometeorologia, suas aplicações na agricultura e também pôde diferenciar clima e tempo. Agora vamos acompanhar a situação gerada durante a visita à propriedade do grupo Planalto, localizada no sul do país, em Cascavel, no Paraná. A informação repassada pelo gerente é de que o clima não foi favorável nas últimas semanas, faltou chuva e a temperatura aumentou, sendo estes os causadores do problema. Será que ele está certo ao afirmar que o clima é o responsável por esse problema na lavoura? Como você explicaria para ele que há diferenças entre o clima e o tempo na produtividade da lavoura?

Veja que há um erro de interpretação pelo gerente da propriedade referente aos conceitos de clima e tempo.

Como vimos nesta seção do livro didático, o tempo representa uma situação momentânea, pontual. Como exemplo você pode lembrá-lo da previsão diária que ele assiste no noticiário da TV. Lá ele recebe informações sobre o tempo diariamente e, através destas informações, pode tomar decisões mais adequadas ao dia a dia da propriedade, como acionar o sistema de irrigação se não chover.

Explique para ele que o clima depende de uma série de informações ao longo do tempo. Peça para lembrar das conversas que ele tinha com as pessoas mais velhas. Normalmente estas pessoas costumam dizer que antigamente era diferente, que chovia mais, que os dias eram mais frescos, que hoje em dia está tudo diferente. Faça então a ligação de como o clima mudou nas últimas décadas. Questione as épocas de plantio da propriedade e relacione com as características do clima de cada uma dessas épocas.

Explique para ele também que há diferença entre o clima da propriedade e o clima das unidades da Região Norte do país. É importante destacar que esta região é caracterizada pelo clima equatorial, com alto índice pluviométrico, elevadas umidades, temperaturas médias e baixa amplitude térmica. Já a Região Sul apresenta temperaturas médias baixas, com maiores amplitudes térmicas e períodos de chuva concentrados nos meses de verão (outubro a março). Desta forma você pode comparar as características de cada local no que se refere à temperatura e umidade relativa e como estas variáveis afetam a produtividade das lavouras.

## Planejamento e tomada de decisão

### Descrição da situação-problema

Você está monitorando as condições meteorológicas de uma nova fronteira agrícola, em que serão implantados vários projetos agrícolas. Esse monitoramento passa pela coleta de dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, precipitação, luminosidade, radiação solar e pressão atmosférica. Para estes dados será necessária a instalação de estações meteorológicas em diversos pontos da região. Cabe a você fazer a recomendação sobre qual tipo de estação deve ser adquirida. Quais seriam as justificativas para a sua escolha?

### Resolução da situação-problema

Se pensar em quantidade de dados gerados e coletados, aumentando a amostra e conseqüentemente a confiança dos dados coletados, a estação meteorológica automática seria a recomendada. Como visto, ela armazena os dados coletados ao longo das 24 horas, disponibilizando estes dados automaticamente. Porém é justamente a disponibilização dos dados que passa a ser o problema, principalmente em regiões onde não há a transmissão de dados de forma eficiente. Assim, por se tratar de uma nova fronteira agrícola, é possível que os meios de comunicação não cubram toda a área a ser estudada e assim comprometam o monitoramento.

Por outro lado, o uso de estação meteorológica convencional tem como principal desvantagem a necessidade de mão de obra para leitura dos dados a cada intervalo de tempo. Além da dificuldade de mão de obra qualificada para realizar as coletas dos dados, a amostragem de dados será menor, pois somente haverá coleta em horários predeterminados, e não a todo momento, como na automática.

Em resumo, você terá que administrar a aquisição tanto de estações meteorológicas convencionais quanto automáticas, disponibilizando para cada local amostrado aquela que melhor se adequa, formando assim uma rede de coleta de dados, e a partir desta rede você deve coletar as informações necessárias para o monitoramento da nova área agrícola.

**1.** O estado da atmosfera pode ser descrito por variáveis que caracterizam sua condição física. Essas variáveis são o que chamamos de elementos meteorológicos: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, precipitação, pressão atmosférica, radiação solar. Em uma cidade podemos definir o estado da atmosfera sob uma condição atual (dinâmica) ou sob uma condição média (estática).

As definições de estado estático e do estado dinâmico referem-se respectivamente a:

- a) Clima e tempo.
- b) Temperatura e umidade relativa.
- c) Tempo e precipitação.
- d) Clima e precipitação.
- e) Planejamento e tomada de decisão.

**2.** O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é um órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento cuja missão é prover informações meteorológicas à sociedade brasileira e influir construtivamente no processo de tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país.

O sistema de coleta e distribuição de dados meteorológicos do instituto (temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, entre outras variáveis) é dotado de:

- I - Estações de radiossonda.
- II - Estações de superfície.
- III - Estações automáticas.

Relacione as estações elencadas por números romanos (I, II e III) com seus respectivos significados, elencados por letras (A, B e C):

A – Nesta estação as medições são realizadas diariamente por uma pessoa responsável em horários preestabelecidos.

B – Nesta estação os dados são coletados minuto a minuto e disponibilizados automaticamente a cada hora.

C – Trata-se de um conjunto de equipamentos e sensores transportado por balões meteorológicos.

Assinale a alternativa com a associação correta:

- a) I-A; II-B; III-C.
- b) I-A; II-C; III-B.
- c) I-C; II-B; III-A.
- d) I-C; II-A; III-B.
- e) I-B; II-A; III-C.

**3.** A caracterização do clima de um determinado local leva em consideração os valores médios que dependem do intervalo de tempo utilizado e não apresentam os mesmos resultados quando se compara um ano com um decênio, ou com um século. Por outro lado, é importante dispor de séries longas de dados para se estudar as variações e as tendências do clima.

Estas séries históricas de dados recebem o nome de:

- a) Estação meteorológica.
- b) Histograma de precipitação.
- c) Normais climatológicas.
- d) Zoneamento agroclimático.
- e) Classificação climática.

## Agrometeorologia e os fatores geográficos

### Diálogo aberto

Olá, aluno! A partir de agora, você irá aprender como os fatores geográficos interferem nos fatores agrometeorológicos e, conseqüentemente, na produção agrícola. Irá aprender sobre a esfera terrestre, longitude e latitude e o ângulo local em função da relação Sol e Terra, e também sobre o movimento da Terra ao redor do Sol, associando às estações do ano e, claro, sempre relacionando estes assuntos aos seus impactos no dia a dia de uma propriedade.

Lembre-se de que você é o responsável técnico pelas propriedades do Grupo Planalto e é constantemente acionado para tratar dos assuntos relacionados ao manejo das culturas do Grupo Planalto em todo o Brasil. Recentemente, você já teve a oportunidade de esclarecer que o clima e o tempo afetam o desenvolvimento das culturas e que para uma mesma época de plantio podemos ter diferentes produtividades para uma cultura, caso ela seja plantada em regiões distintas do Brasil, pois as variáveis climatológicas mudam de um lugar para outro.

Vamos voltar à propriedade do Grupo Planalto em Cascavel (PR) e lembrar que o plantio da cultura do milho foi feito em abril, tanto na propriedade de Cascavel (PR) quanto na propriedade do Norte do país. Você começa a se questionar quais seriam os outros fatores que também explicariam a diferença de produtividade entre as fazendas. Uma das possibilidades que vem à sua cabeça é a luminosidade diária que cada um dos locais recebe no período em que a cultura está se desenvolvendo já que uma das propriedades está na região Sul do país, enquanto a outra na região Norte do país. A posição geográfica de cada uma das propriedades interfere nas variáveis agrometeorológicas a ponto de afetar a produtividade?

Vamos entender melhor esses conceitos e associá-los ao que já foi aprendido para que você possa dar melhores subsídios à equipe do Grupo Planalto no que se refere ao desenvolvimento das lavouras plantadas.

### Não pode faltar

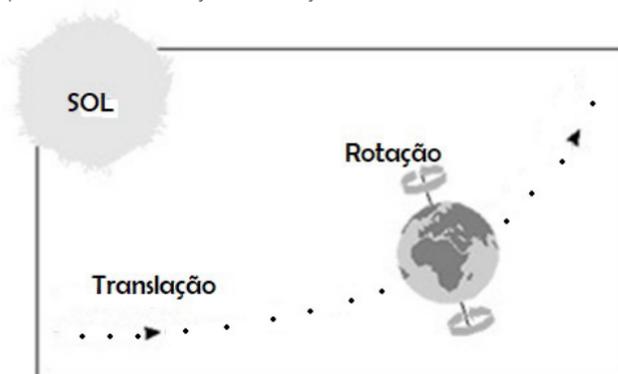
Você já reparou que a sombra de uma árvore se movimenta ao longo de um dia ensolarado? Possivelmente já ouviu também que deve escolher uma casa cujo Sol da manhã reflita sobre os quartos. Esse movimento, aparentemente realizado pelo Sol, na verdade ocorre porque a Terra é

que se movimenta. A Terra apresenta dois movimentos: o de rotação e translação.

O **movimento de rotação** acontece quando a Terra gira em torno do seu eixo, em um movimento anti-horário de oeste para leste. Esse movimento dura aproximadamente vinte e quatro horas. É ele que nos dá a ideia de dia e de noite em função das diversas posições que a Terra assume em relação ao Sol nestas vinte e quatro horas.

Já o **movimento de translação** é o movimento elíptico que a Terra percorre em torno do Sol é o chamado movimento de translação. Este movimento tem duração de trezentos e sessenta e cinco dias e seis horas e é ele o responsável pelas estações do ano (verão, inverno, primavera e outono). A Figura 1.5 apresenta de forma esquemática os movimentos de rotação e de translação da Terra.

Figura 1.5 | Movimentos de rotação e translação da Terra



Fonte: <https://pt-static.z-dn.net/files/d24/21a29232775454581d1e79ee542290f2.jpg>. Acesso em: 1 set. 2018.

Ao traçarmos um raio imaginário passando pelo centro da Terra haverá a formação de um ângulo em relação ao plano do Equador denominado declinação solar ( $\delta$ ). Este ângulo possui variação de valores de  $23^{\circ} 27' S$  (ou  $-23,45^{\circ}$ ) quando o Sol está no Hemisfério Sul e de  $23^{\circ} 27' N$  (ou  $+23,45^{\circ}$ ) quando o Sol está no Hemisfério Norte. São estes valores de inclinação do eixo terrestre que definem o Trópico de Câncer e o Trópico de Capricórnio.

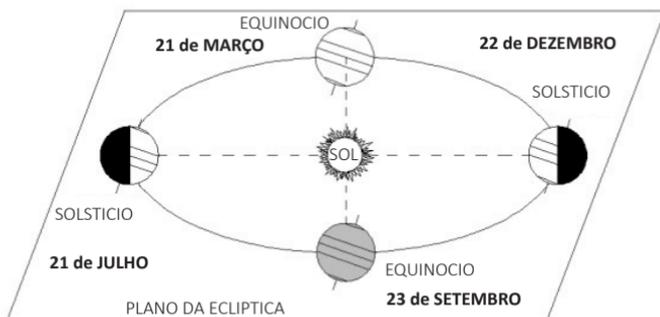
Ainda com relação à posição relativa da Terra em relação ao Sol ao longo do ano, são definidas as estações do ano, sendo elas: equinócio e solstício.

O **equinócio** é definido quando o Sol se encontra sobre a Linha do Equador, ou seja, a declinação solar é zero ( $\delta = 0^{\circ}$ ). Esta posição ocorre

em duas ocasiões no ano, uma por volta de 21 de março e outra por volta de 23 de setembro, definindo assim o início do outono e o início da primavera, respectivamente.

O **solstício**, por sua vez, é diferente do que ocorre com o equinócio, pois o ângulo da declinação solar é máximo em outras duas épocas do ano, definindo o verão quando o Sol está sobre o Trópico de Capricórnio aproximadamente em 22 de dezembro e o inverno quando o Sol está sobre o Trópico de Câncer próximo ao dia 22 de junho. Estas datas são para um observador presente no Hemisfério Sul. Veja a Figura 1.6 a seguir.

Figura 1.6 | Estações do ano em função da posição Terra-Sol



Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/estacoes-do-ano/estaca08.gif>. Acesso em: 29 set. 2018.

As estações do ano podem afetar significativamente a agricultura; mudanças no comportamento do regime de chuvas, variações bruscas de temperatura, modificação no comportamento de pragas e doenças são alguns exemplos da influência da estação do ano sobre as plantas cultivadas.

As estações provocam alterações na atmosfera em que as variações de temperatura são as que mais sentimos, e quanto mais afastados da Linha do Equador estivermos mais acentuada será esta variação. Ou seja, se estivermos em Cascavel (PR) no inverno a sensação de frio será maior do que se estivermos em Manaus (AM) na mesma época do ano. Essas variações provocadas pelas estações do ano também são sentidas pelas plantas cultivadas, podendo, assim, comprometer seu desenvolvimento e produtividade. Por exemplo, plantas de clima temperado não terão seu pleno desenvolvimento em locais cuja temperatura é alta na maior parte do ano, pois necessitam de uma quantidade mínima de temperaturas baixas para florescerem e frutificarem.

Enquanto não há diferenças no comportamento da atmosfera entre as estações próximo à Linha do Equador, nas demais zonas do globo essas

diferenças são percebidas de forma mais acentuada, aumentando quando nos deslocamos em direção aos polos. Esse comportamento é percebido se verificarmos o comportamento da vegetação ao longo do ano em regiões de latitudes médias. Nestes locais encontramos plantas que perdem as folhas no outono, mantém mínima atividade biológica no inverno, florescem na primavera e dão frutos no verão em pleno vigor biológico.



### Pesquise mais

No artigo a seguir você encontrará a interação das estações do ano nas características morfológicas e estruturais de *Brachiaria decumbens* submetida a diferentes doses de adubação.

FAGUNDES, J. L. *et al.* Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 21-29, fev. 2006.

No Sul do Brasil constatamos situações bem específicas, em que em determinadas épocas do ano as culturas de verão prevalecem, como milho, feijão, soja e em outras com a chegada das baixas temperaturas há o cultivo de plantas de clima frio, tais como, maçã, pêssego, uvas, dentre outras.



### Pesquise mais

As estações do ano também interferem na produção animal, assim como na produção agrícola. No artigo indicado você terá a oportunidade de entender um pouco mais desta interação.

TUTIDA, L. *et al.* Influência das estações do ano na temperatura retal e frequência respiratória de carneiros. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 1133-1140, 1999.

No Norte e Nordeste brasileiros o que vemos é uma diferenciação de inverno e verão pelo simples fato de termos épocas com maiores índices pluviométricos, ou seja, o inverno é caracterizado pela chegada das chuvas, porém com pouca variação nas temperaturas médias.



### Refleta

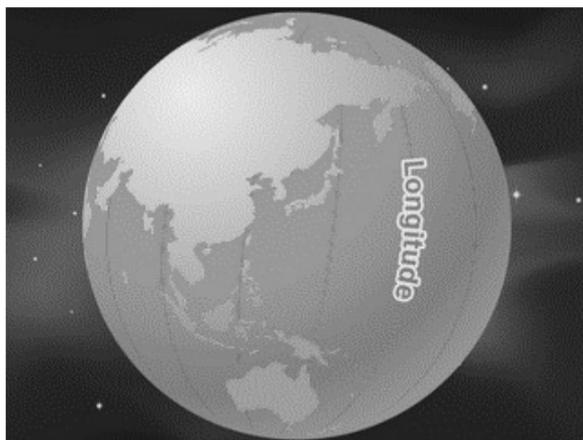
A época ideal de plantio de soja no Cerrado brasileiro inicia-se com as primeiras chuvas, cuja época varia de região para região. Em alguns locais de Mato Grosso as primeiras chuvas ocorrem na segunda quinzena de setembro e com o final do vazio sanitário, inicia-se o plantio. No

sudoeste de Goiás e Mato Grosso do Sul, o início das chuvas ocorre na primeira quinzena de outubro, enquanto que no sudeste de Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais, na segunda quinzena de outubro. No oeste da Bahia, Tocantins, Piauí e Maranhão as chuvas iniciam-se uma quinzena mais tarde, em novembro. Normalmente, quando o planejamento do produtor é benfeito, o início do plantio da soja segue essa época (SILVA NETO; MOREIRA; SILVA, 2010). Será que realmente é importante para o profissional da área agrícola conhecer o clima local antes da implantação de uma cultura agrícola? Reflita com seus colegas sobre a importância da agrometeorologia no planejamento agrícola e se essa é uma medida adotada pelos produtores rurais.

Para identificar nossa posição sobre a Terra precisamos ter alguns parâmetros como referência. Esses parâmetros são a latitude, sendo sua referência a Linha do Equador, e a longitude, tendo o meridiano de Greenwich como referência e a altitude local, cuja referência é o nível do mar.

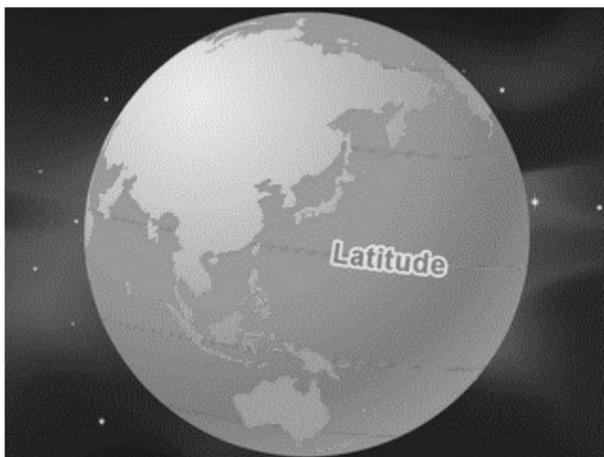
A **latitude**, medida em graus, é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich podendo variar entre 0° e 90° para Norte (N) ou para Sul (S). A **longitude** é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador, medida em graus, com variação de 0° a 180° para Leste (E) ou para Oeste (W). A **altitude**, por sua vez, é definida como sendo a diferença de nível existente entre um determinado local e o nível médio do mar (NMM). Em um local de maior altitude a radiação é mais intensa do que um lugar de menor altitude em mesma latitude (FIORIN; DAL ROSS, 2015).

Figura 1.7 | Esquema indicativo longitude



Fonte: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Longitude.html>. Acesso em: 30 set. 2018.

Figura 1.8 | Esquema indicativo latitude



Fonte: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Latitude.html>. Acesso em: 30 set. 2018.

Assim, conhecendo estes três parâmetros, conseguimos identificar a posição de Cascavel (PR) no globo terrestre como sendo Latitude:  $24^{\circ} 57' 21''$  S, Longitude:  $53^{\circ} 27' 19''$  W e a altitude é de 781 m.



### Assimile

Recomenda-se cuidado para não confundir altitude com “altura” e tampouco com “cota”. A altura de um ponto é a distância vertical que o separa de um plano arbitrário de referência (assoalho, superfície de uma mesa ou do terreno, etc.). Em topografia, o termo cota é empregado com o mesmo significado; apenas o plano de referência, para a execução de levantamentos altimétricos, é escolhido sob o plano do horizonte, podendo ou não coincidir com o nível médio do mar (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Por causa da rotação da Terra, a luz solar ilumina metade da superfície deste planeta a cada instante, originando a alternância dos dias e noites. Como o eixo terrestre é inclinado, acontece que a porção iluminada de cada paralelo varia com a época do ano. Somente por ocasião dos equinócios é que a metade de cada paralelo está iluminada. Portanto, a duração dos dias (e, evidentemente, também das noites) varia ao longo do ano, exceto na Linha do Equador, em que duram sempre cerca de 12 horas cada (VAREJÃO-SILVA, 2006).

De uma forma bem simples, o fotoperíodo é o tempo em horas entre o nascer e o ocaso do Sol, considerando um local e uma data.

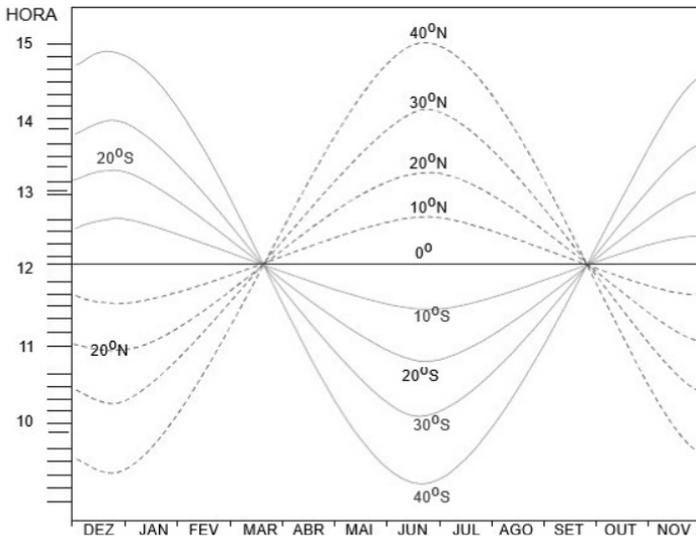


## Assimile

Não confunda fotoperíodo com insolação. Esta é, pois, o intervalo total de tempo (entre o nascimento e o ocaso) em que o Sol não esteve oculto por nuvens ou fenômenos atmosféricos de qualquer natureza. A insolação é sempre menor ou (no máximo) igual ao fotoperíodo, sendo este designado como insolação máxima teoricamente possível (VAREJÃO-SILVA, 2006).

O fotoperíodo é uma variável do ambiente que interfere tanto no crescimento quanto no desenvolvimento das culturas. No contexto do crescimento, o fotoperíodo corresponde ao tempo em que as plantas realizam o processo da fotossíntese. Assim, nas maiores latitudes, em que o fotoperíodo é mais longo durante a estação de cultivo, a produtividade é maior, já que a fotossíntese ocorre por mais tempo (INMET, 2009).

Figura 1.9 | Variação anual do fotoperíodo com a latitude



Fonte: Varejão-Silva (2006, p. 29).

Vimos que a latitude de Cascavel (PR) é  $24^{\circ} 57' 21''$  S. Considerando a Figura 1.9, podemos afirmar que o fotoperíodo para o mês de dezembro temos em torno de 13,5 horas, enquanto para o mês de junho temos um pouco mais de 10 horas de fotoperíodo. Assim, culturas que exigem um número de horas de Sol maior do que 12 horas devem ser preferencialmente cultivadas entre os meses de setembro e março. Vale lembrar que outras variáveis climatológicas devem ser levadas em consideração.



## Exemplificando

A adaptação de diferentes cultivares de soja a determinadas regiões, além das exigências hídricas e térmicas, depende, também, de exigência fotoperiódica. Em maior ou menor escala, a indução ao florescimento, na grande maioria das cultivares, é determinada pelo fotoperíodo, sendo modulada pela temperatura. A sensibilidade ao fotoperíodo é característica variável entre cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico (FC), acima do qual o florescimento é atrasado. Por esta razão, a soja é considerada planta de dias curtos, com resposta quantitativa e não absoluta, isto é, o florescimento ocorre de qualquer forma, mais rapidamente à medida que os dias se tornam mais curtos e atrasa, progressivamente, à medida que o fotoperíodo excede ao FC específico de cada genótipo. Diferentes cultivares possuem fotoperíodos críticos distintos, ficando, em média, ao redor de 13 a 14 horas (INMET, 2009).

Assim, é possível concluir que os fatores geográficos têm grande influência sobre as variáveis agroclimatológicas e, por isso, podem interferir na produção agrícola. Portanto é muito importante conhecer seus fundamentos e promover a aplicação correta dos conceitos. Definir a cultura adequada para cada localidade é fundamental para obtenção do melhor resultado nos empreendimentos agrícolas.

### Sem medo de errar

A rotina dos profissionais da área agrícola não é fácil. A todo momento recebem questionamentos sobre os mais diversos problemas e situações vividas no campo, e com você não é diferente, pois como consultor do Grupo Planalto as dúvidas são muitas e devem ser sanadas o mais rápido possível.

É o que está acontecendo na propriedade do grupo localizada na cidade de Cascavel (PR), onde há o questionamento sobre a diferença de produtividade da cultura implantada na fazenda e a mesma cultura implantada em outra fazenda do grupo localizada na região Norte do país.

Ao se aprofundar na análise dos dados você se questiona sobre novos fatores que podem estar causando esta diferença de produtividade. Uma dessas questões é a quantidade de luz diária em cada uma das propriedades durante o ciclo da cultura. Outra dúvida é se a posição geográfica interfere na produção da lavoura. Serão estas variáveis importantes e que devem ser levadas em conta?

Esse efeito da quantidade de luz diária é chamado fotoperiodismo. O fotoperíodo corresponde ao tempo transcorrido entre o nascer e o pôr do Sol. Locais mais próximos à Linha do Equador possuem fotoperíodo praticamente constante ao longo do ano com cerca de 12 horas de luz diária, enquanto localidades localizadas em baixas latitudes possuem fotoperíodo variável. Nos meses de verão os valores são máximos, próximos a 15 horas de luz diária e nos meses de inverno valores são menores, podendo seus valores chegar abaixo de 10 horas de luz diária. Assim, para o nosso exemplo, com plantio em abril o ciclo da cultura se dará em período próximo ao inverno para a região de Cascavel (PR) (baixa latitude), onde a quantidade de luz diária é menor do que o fotoperíodo da região Norte (alta latitude). Considerando que o ciclo do milho pode variar entre 110 a 170 dias, quanto mais tardio for o plantio no mês de abril mais próximo estaremos do início do inverno e conforme visto na Figura 1.9 menor será o número de horas disponíveis para a planta.

Portanto, antes de realizar o plantio de determinada cultura, o profissional de agronomia deve incluir no planejamento levantamento sobre a geolocalização da propriedade e sua influência sobre a cultura a ser implantada. Leve em conta as variedades da cultura disponíveis para a região em análise. Atualmente há variedades específicas adaptadas ao clima e à época de plantio para cada região de plantio.

### Avançando na prática

## Estações do ano na produtividade animal

### Descrição da situação-problema

Dentre as suas atividades como profissional da agronomia, a produção animal exige também que você domine os conceitos de meteorologia e climatologia. Assim como os vegetais, para a melhor produção os animais precisam de condições adequadas, permitindo que seus processos metabólicos transcorram dentro da normalidade. Foi apresentada a você uma tabela contendo o ganho de peso diário de carneiros em três diferentes fases de crescimento submetidos a três diferentes temperaturas (Tabela 1.1). Essas temperaturas representam localidades hipotéticas em três latitudes diferentes do Brasil. Agora, cabe a você decidir qual a melhor localidade para a produção dos carneiros. Qual a sua decisão?

Tabela 1.1 | Ganho de peso de carneiros (Kg/dia) submetidos a diferentes temperaturas médias

Peso do animal (Kg)	Temperatura média Local (°C)		
	16	25	33
15	0,8	0,5	0,2
35	1,1	0,45	0,3
50	0,9	0,2	-0,1

Fonte: elaborada pelo autor.

### Resolução da situação-problema

Pelos dados apresentados podemos verificar que se trata de animais com idades diferentes, sendo os mais leves com idade menor e os mais pesados com idade maior, ou seja, teremos a produção de carneiros jovens e adultos. Pela tabela pode-se verificar que para todas as idades o aumento da temperatura implica menor ganho de peso diário. Para os animais mais velhos há inclusive a perda de peso quando submetidos às temperaturas médias mais altas.

Desta forma, considerando a análise de ganho de peso, a recomendação seria a produção dos carneiros em região com menores temperaturas, ou seja, aquelas localizadas em menores latitudes.

### Faça valer a pena

1. Analise o conceito abaixo:

Trata-se de uma linha imaginária a qual define os fusos horários e também as coordenadas geográficas. Por definição, locais que estão a leste da sua localização apresentam longitudes e horários positivos, enquanto os locais a oeste, longitudes e horários negativos.

De acordo com o texto apresentado acima, assinale a alternativa correta quanto a sua melhor referência:

- Linha do Equador.
- Linha Internacional de Data.
- Trópico de Câncer.
- Linha Internacional dos Fusos Horários.
- Meridiano de Greenwich.

**2.** A localização de pontos situados à superfície terrestre ou em suas vizinhanças, é feita utilizando-se um sistema de coordenadas esférico-polares. Nesse sistema são usadas as coordenadas de altitude, latitude; sobre o sistema de coordenadas de localização, julgue os itens a seguir.

I. A Linha do Equador não exerce função sobre os sistemas de localização, sendo irrelevante para se precisar os graus de latitude.

II. As longitudes são equivalentes aos meridianos e as latitudes são equivalentes aos paralelos.

III. O ponto situado nas coordenadas Latitude 15° e Longitude 20° encontra-se nos hemisférios austral e ocidental.

IV. O território brasileiro encontra-se em dois hemisférios diferentes.

A afirmativa que corresponde ao correto ordenamento das questões acima é:

a) F – V – V – F.

b) V – F – F – V.

c) F – V – F – V.

d) V – V – V – F.

e) F – F – V – F.

**3.** Os solstícios e os equinócios são os eventos que estabelecem o início das estações do ano em cada hemisfério. A data do início de cada estação do ano em um hemisfério é defasada de seis meses em relação à do outro. No Hemisfério Sul, o verão começa no solstício de dezembro e o inverno no de junho; a primavera se inicia no equinócio de setembro e o outono no de março. No Hemisfério Norte, o princípio do verão dá-se no solstício de junho, cerca de seis meses depois de ter começado a mesma estação no Hemisfério Sul.

A afirmativa que descreve com exatidão informações sobre as estações do ano é:

a) Há uma boa definição das estações do ano no planeta definidas pela radiação solar que chega ao topo da atmosfera.

b) No outono há grande quantidade de radiação solar recebida pela Terra, sendo maior do que nas demais estações.

c) Após o término do outono, temos o verão que por sua vez precede a primavera, e esta precede o inverno.

d) O movimento de translação, juntamente com a inclinação do eixo da Terra em relação ao plano orbital, é responsável pelas estações do ano.

e) Para um determinado local podemos afirmar que não há influência das estações do ano em sua dinâmica natural.

# Agrometeorologia e a fenologia das plantas

## Diálogo aberto

Caro aluno, retomando nossos estudos, trataremos do conceito de fenologia e dos fatores que a afetam, sempre pensando nos fatores agroclimatológicos.

Como profissional responsável pelas propriedades do Grupo Planalto, você vem desenvolvendo um grande trabalho, ao atuar em várias frentes de serviço. Recentemente você foi chamado em uma das propriedades do grupo, localizada em Cascavel, pois havia muita dúvida quanto à produtividade do milho quando comparada à produtividade de outra propriedade do grupo, localizada na região norte do país. Em ambas o plantio foi realizado em abril, e os tratos culturais seguiram o mesmo modelo.

Você já conseguiu explicar algumas dúvidas que por lá surgiram. Por exemplo, explicou a todos que há diferenças entre o clima e o tempo; explicou também que os fatores geográficos afetam a produção.

Até o momento, em todas as questões levantadas, você conseguiu explicar levando em consideração os fatores climatológicos e os fatores meteorológicos. Mas como é esta interação destes fatores com as plantas? Elas reagem de formas diferentes aos estímulos proporcionados pelo clima e pelo tempo? Quais as formas utilizadas pelas plantas que, correlacionadas ao clima e ao tempo, interferem em sua produção? Será que em cada fase da cultura há uma resposta diferente diante dos fatores agroclimatológicos?

Pois bem, entendendo melhor o comportamento da planta, você conseguirá dar respostas às dúvidas levantadas, podendo, inclusive, incrementar sua resposta quanto à produtividade da cultura do milho nas propriedades analisadas. Analise as informações sobre as temperaturas necessárias para o correto enchimento de grãos da cultura do milho e correlacione com a época em que foi plantada a cultura nas duas regiões. De posse destas informações, elabore um relatório explicando as variáveis agrometeorológicas e sua influência sobre a fenologia das plantas; além disso, apresente um relatório completo para o Grupo Planalto.

## Não pode faltar

---

Conhecer as relações entre planta, solo e atmosfera permite levantar diversas informações sobre o crescimento, o desenvolvimento e a

produtividade das espécies cultivadas. A chuva, a radiação solar, a temperatura do ar, o fotoperíodo, os ventos e a umidade do ar e do solo são fatores que afetam o desenvolvimento de uma cultura. Assim, entender como a planta pode ser afetada é tão importante quanto conhecer estes fatores, o que permite o correto manejo, visando produtividade e qualidade final ao produto colhido. É preciso, então, compreender melhor o que é a fenologia e quais suas relações com o clima e com o tempo.

Por definição a fenologia refere-se à parte da botânica que estuda as diferentes fases do crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto a vegetativa como a reprodutiva, demarcando-lhes as épocas de ocorrência e as respectivas características (CÂMARA, 1998). Segundo Lins e Nascimento (2010), estudos fenológicos auxiliam na compreensão do comportamento das espécies em resposta a alterações no ambiente e são também importantes para a conservação e manejo destas.

Observe na Figura 1.10 as fases fenológicas para a cultura do arroz, desde o plantio até a colheita.

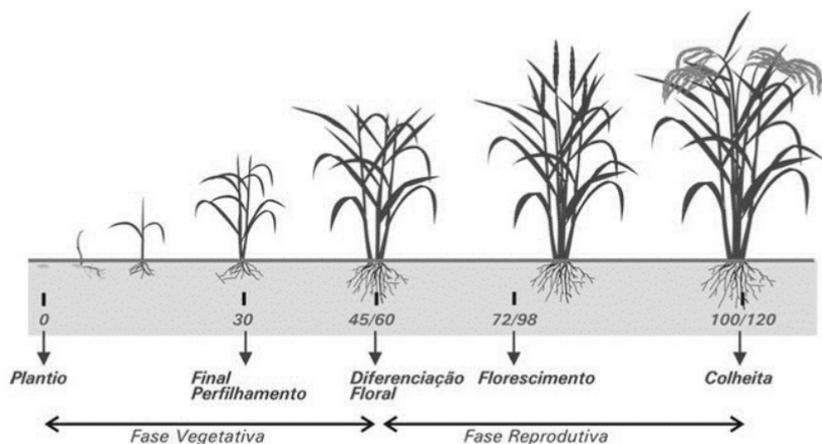
Cada fase de uma cultura corresponde a uma determinada exigência no que diz respeito aos fatores agroclimáticos. O que quer dizer que o estágio inicial, por exemplo, necessita de uma quantidade de precipitação diferente da fase de colheita, ou ainda que baixas temperaturas em fases iniciais podem comprometer o pleno desenvolvimento da planta, diminuindo seu potencial produtivo.

De uma forma geral para as culturas, faltar água nos estágios iniciais (fase vegetativa) limita a produção. A falta de água do florescimento até o período de enchimento de grãos (fase reprodutiva) compromete significativamente a produtividade da lavoura, muitas vezes causando perdas irreparáveis e levando a grandes prejuízos.

Por outro lado, ao pensarmos em períodos de intensa precipitação, pode ocorrer o encharcamento das lavouras, o que leva a perdas por aparecimento de fungos e afeta a qualidade do produto final.

Através destes exemplos verificamos que o planejamento correto da época de plantio é essencial para evitar que períodos que demandam maiores quantidades de água pelas plantas não coincidam com períodos de veranicos, ou aqueles que devem ser mais secos, como a época de colheita, não sejam de chuvas intensas.

Figura 1.10 | Fases de desenvolvimento da cultura do arroz



Fonte: adaptada de <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe75wint02wx5eo07qw4xeclygdut.html>. Acesso em: 14 set. 2018.



### Pesquise mais

No artigo “Fases de Desenvolvimento da Cultura do Milho”, escrito pelo engenheiro agrônomo Martin Weismann, você entenderá a importância e as fases críticas da cultura.

WEISMANN, Martin. Fases de Desenvolvimento da Cultura do Milho. In: **Tecnologia e produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno**, 2008.

Entendendo melhor o que é fenologia das plantas, podemos agora relacionar este conceito com as variáveis climatológicas e verificar seu efeito na produtividade de uma cultura.

O conceito de chuva ou precipitação é definido como qualquer deposição em forma líquida ou sólida derivada da atmosfera e recebe o nome de precipitação, contudo somente a chuva e a neve contribuem significativamente para com os totais de precipitação (AYOADE, 2011).

A quantidade e a distribuição de chuvas que ocorrem anualmente numa região determinam o tipo de vegetação natural e também o tipo de exploração agrícola possível (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

Não há relação direta entre a chuva e o metabolismo de uma planta, mas ela afeta tanto a fase vegetativa quanto a fase reprodutiva desta. Assim é pela chuva que ocorre a disponibilização da água no solo e dele para as plantas, afetando o estado hídrico das culturas.

Tanto a falta como o excesso de chuvas afetam a produtividade de uma cultura. Nos períodos secos, de poucas chuvas, há diminuição da fotossíntese e, portanto, menor desenvolvimento da planta.

Em períodos de excesso de chuva, a água ocupa os poros do solo, diminuindo a oxigenação radicular, bem como a absorção de nutrientes. Também é prejudicial, principalmente durante a floração e o início do ciclo vegetativo, pois pode reduzir a ação dos insetos polinizadores e aumentar a incidência de doenças, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular. Matzenauer e Fontana (1987) concluíram que a chuva exerce grande influência no rendimento de grãos de milho, principalmente durante a floração e o enchimento de grãos.



### Exemplificando

Segundo Cupilillo (2008), durante a estação chuvosa são observados períodos com baixos totais de precipitação, os quais podem causar prejuízos às culturas e também problemas no reabastecimento de água, sendo esse período caracterizado como veranico. Cabe ao profissional ligado à agropecuária estar atento a estes períodos, principalmente se a cultura está em seus estágios de maior necessidade hídrica, como a floração ou a formação de frutos. Nestes casos é importante que se faça uso de estratégias que diminuam o efeito da falta de água como o uso de sistemas de irrigação.

Outro fator que tem grande influência para o desenvolvimento das culturas é a radiação solar: a fotossíntese é dependente da radiação solar, pois é esta que fornece a energia necessária para seus processos. A energia solar é a fonte primária de energia para todos os processos terrestres.

Através deste processo as plantas convertem água e dióxido de carbono em açúcares simples e, a partir daí, outros processos convertem a fotossíntese em produtividade biológica e econômica, incluindo carboidratos, proteínas e óleos (GARDNER; PEARCE; MITCHELL, 1985).

Em muitas plantas, nas partes sombreadas da copa, não há floração, e as folhas tornam-se escassas, culminando com a morte dos ramos excessivamente sombreados (KOLLER, 1994). Isso você consegue distinguir ao visitar áreas montanhosas em que há o sombreamento de parte da cultura durante grande parte do dia. Em um lado da planta que recebe mais luminosidade encontramos folhas e galhos mais vigorosos, muitas vezes repletos de frutos, enquanto que no lado que recebe pouca luminosidade vemos poucas folhas e quase nenhum fruto.

A temperatura do ar interfere no metabolismo das plantas, regulando o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Também interfere na respiração, transpiração, florescimento, germinação, dentre outros processos fenológicos.

Tantas interferências tornam a temperatura a principal variável meteorológica a ser considerada nos zoneamentos agroclimáticos, juntamente com a chuva (CAMARGO *et al.*, 1974). A temperatura é o fator que mais limita a expansão de diversas culturas, pois plantas que necessitam de maiores temperaturas não atingem seu pleno desenvolvimento em locais de temperaturas médias diárias baixas e, por outro lado, em locais de altas temperaturas médias, culturas de clima temperado não terão sua plenitude produtiva atingida.

Com relação à temperatura do solo, ela pode influenciar a germinação, sendo que em baixas temperaturas não se completa o processo e, ao contrário, em temperaturas elevadas pode haver paralisação da emergência das plântulas (PARRY, 1982). Numa situação em que há baixa umidade no solo e altas temperaturas, ocorre também uma combinação que compromete o desenvolvimento das plantas em seus estágios iniciais.



### Refleta

Os diversos meios de cultivo bem como as estratégias a serem desenvolvidas buscando o desenvolvimento das culturas devem ser levados em conta pelo profissional da agricultura cotidianamente. Em se tratando de equilíbrio da temperatura do solo, buscando a maximização da produtividade, o que poderia ser feito na prática para minimizar os efeitos de altas temperaturas do solo? Que tecnologias de cultivo o profissional poderia lançar mão neste momento?

O fotoperíodo é outra variável do ambiente que pode interferir sob diversas formas no processo produtivo de uma cultura. Corresponde ao número máximo de horas de brilho solar e conseqüentemente ao tempo em que as plantas realizam o processo da fotossíntese. Assim, nas maiores latitudes, em que o fotoperíodo é mais longo durante a estação de cultivo, a produtividade é maior, já que a fotossíntese ocorre por mais tempo.

Entretanto, o fotoperíodo não é considerado um grande problema para as culturas produzidas na maior parte do país. Atualmente, para a maior parte das culturas são utilizadas variedades compatíveis com o fotoperíodo da região onde serão cultivadas. Deve-se ficar sempre atento à escolha das culturas e suas épocas tradicionais de cultivo.



## Assimile

Plantas nas quais o florescimento ocorre em condições de crescimento sob noites longas e dias curtos são classificadas como plantas de dia curto e, aquelas em que o florescimento ocorre em noites curtas e dias longos, são agrupadas como plantas de dia longo. Esse conceito foi concebido por pesquisadores no início do século XX, que identificaram que o florescimento é controlado pelo fotoperiodismo (tempo de exposição à luz).

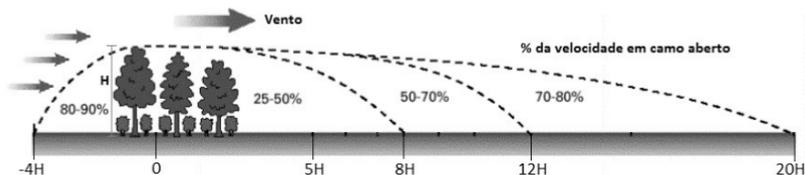
Assim como a chuva, o vento é outra variável que afeta indiretamente as culturas. Sua formação ocorre devido à diferença de pressão atmosférica entre dois locais, fazendo com que, assim, haja o deslocamento da massa de ar influenciando o microclima local.

Dependendo de sua intensidade, pode influenciar positivamente ou negativamente. Em altas velocidades aumenta a transpiração das plantas, levando ao fechamento dos estômatos, à redução do número de folhas e da área foliar, resultando em queda brusca da fotossíntese. Por outro lado, em velocidades adequadas, renova a disponibilidade de gás carbono para a planta.

O vento é, de uma forma geral, o maior responsável por danos mecânicos nas plantas, como acamamento, queda de folhas e frutos, quebra de galhos e troncos quando em alta velocidade. Normalmente as culturas de maior porte são aquelas que mais são prejudicadas pelos ventos.

O vento também ajuda na disseminação de pólen, como agente de disseminação de esporos de doenças, além de causar deriva em aplicação de produtos fitossanitários e erosão eólica. Em muitas situações se torna necessária a implantação de quebra-ventos naturais para diminuir os impactos causados e a proteção das lavouras, conforme Figura 1.11.

Figura 1.11 | Velocidade do vento em função da distância em relação à barreira



Fonte: <http://inteliagro.com.br/quebra-ventos/>. Acesso em: 19 set. 2018.

Deve-se buscar algumas características importantes ao se planejar o uso de quebra-ventos naturais. A escolha correta do tipo de vegetação com

plantas altas, eretas e de raízes com boa profundidade deve ser observada. Além disso, o uso de plantas flexíveis permitirá a absorção do impacto causado pelo vento.

Não se pode pensar em produtividade adequada sem pensarmos em água disponível para as plantas, por isso, para garantia de sucesso nas lavouras, há a necessidade de umidade adequada disponível durante o ciclo da cultura. A existência de água na atmosfera e suas mudanças de fase desempenham papel importantíssimo em vários processos físicos naturais, como o transporte e a distribuição de calor na atmosfera, a evaporação e evapotranspiração, a absorção de diversos comprimentos de onda da radiação solar e terrestre (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

Em ambientes de baixa umidade, muito secos, há o aumento excessivo da transpiração. Em outros casos, podem provocar danos indiretos resultantes de desordens fisiológicas.

Além destes aspectos, a umidade do ar é muito importante na interação entre as plantas e os microorganismos, especialmente fungos e bactérias, causadores de doenças. Em condições de alta umidade, na qual a duração do período de molhamento foliar é mais prolongada, há o favorecimento da ocorrência de doenças que afetam o desempenho das culturas, reduzindo a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas (SENTELHAS, 2004).

Vimos, então, que há uma relação direta entre a escolha de uma cultura a ser implantada e o clima da região escolhida para sua implantação. Ou seja, em locais de clima frio não há a possibilidade do correto desenvolvimento de uma planta que necessita de altas temperaturas para seu pleno desenvolvimento. Da mesma forma a escolha de uma cultura de clima temperado ou frio não permitirá resultados favoráveis.

No dia a dia o que vemos também é a constante influência do tempo meteorológico sobre o desenvolvimento das plantas. Maior ou menor precipitação, variação diária da temperatura, ventos, entre outros fatores afetam as diversas etapas de desenvolvimento de uma cultura.

Portanto, são muitas as variáveis que atuam em conjunto com a fenologia das plantas, cabendo ao profissional da área agrícola entender e conjugar estas variáveis com o objetivo de maximizar a produção com o menor impacto possível.

A adoção de estratégias que reduzam os efeitos adversos do clima nas culturas (secas, geadas, altas temperaturas, ventos intensos, por exemplo) devem ser práticas do dia a dia do profissional do agronegócio. Sendo assim, as informações relativas aos efeitos do tempo e do clima nas culturas são cruciais para a definição das melhores estratégias de ação.

Dentre as estratégias a serem adotadas com o intuito de minimizar os danos causados pelo clima, há a possibilidade de trabalhar com cultivares adequados à região da propriedade rural, além de planejar a melhor época de plantio, conseguindo, assim, com que as fases mais críticas da cultura não sofram com as adversidades.

O uso do plantio direto ou cultivo mínimo são excelentes ferramentas que devem ser utilizadas pelos produtores. Vários são os benefícios desta técnica, principalmente no que concerne à cobertura do solo, favorecendo, assim, menor erosão, manutenção da temperatura do solo, retenção de umidade e maior matéria orgânica disponível. Atua também protegendo o solo de geadas severas pela possibilidade de cobertura da camada superficial.

Conhecer a propriedade e entender como é sua dinâmica é outro passo importante. Muitas vezes o planejamento das culturas a serem implementadas começa com este entendimento das condições que cada área da propriedade dispõe para seu cultivo e que sofrerão menor impacto devido às condições. Neste aspecto a fenologia de cada planta ajudará neste planejamento. Plantas com raízes profundas são mais indicadas para locais sujeitos aos ventos, podendo compor estrutura de quebra-ventos. Entender quais as variedades que suportam menores temperaturas pode ajudar nas épocas de grande variação térmica.

O profissional deve ter em mente que não basta ele conhecer isoladamente determinados assuntos. No dia a dia de seu trabalho ele terá que resolver multitarefas, e a associação de conhecimentos climatológicos e conhecimento sobre a fenologia das plantas é fundamental para que possa desempenhar suas atribuições.

### Sem medo de errar

Como profissional responsável pelas propriedades do Grupo Planalto, você vem desenvolvendo um grande trabalho, atuando em várias frentes de serviço.

Você foi chamado em Cascavel, pois havia muita dúvida quanto à produtividade do milho quando comparada à produtividade de outra propriedade do grupo localizada na região Norte do país. Em ambas o plantio foi realizado em abril e os tratos culturais seguiram o mesmo modelo nas duas propriedades. Após explicar que há diferenças entre o clima e o tempo, e também explicar que a posição geográfica das propriedades pode interferir na produção, existem agora outras dúvidas.

Até o momento você conseguiu explicar todas as questões levantadas levando em consideração os fatores climatológicos e os fatores meteorológicos, mas será que a fenologia das plantas e sua correlação com os

fatores agroclimáticos exerce alguma influência? Quais as formas utilizadas pelas plantas que, correlacionadas ao clima e ao tempo, interferem em sua produção? Será que em cada fase da cultura há uma resposta diferente diante dos fatores agroclimatológicos?

Você pode começar sua explanação descrevendo um pouco a fenologia das plantas, ou seja, explicando como são as fases de crescimento das culturas. Neste caso específico do Grupo Planalto, discorra sobre a fenologia do milho desde o estágio vegetativo, compreendendo as fases de emergência, primeira folha, segunda folha, terceira folha, quarta folha e pendoamento, e, posteriormente, sobre os estágios reprodutivos como grão leitoso, grão pastoso, grão farináceo, grão farináceo duro e maturação fisiológica. Vá traçando uma correlação entre os estágios vegetativos e reprodutivos com os climas das regiões de interesse da companhia.

Explique, por exemplo, que durante a germinação é exigida uma maior quantidade de água disponível para seu pleno desenvolvimento, enquanto que na colheita o índice hídrico deve ser bem menor para evitar possíveis perdas, causadas pelo encharcamento das espigas; explique, ainda, que, para culturas que precisam de uma quantidade maior de brilho solar, o ideal é que seja cultivada nas propriedades mais ao Norte do país.

Faça uma análise das temperaturas necessárias para o correto enchimento de grãos da cultura do milho e correlacione com a época em que foi plantada a cultura nas duas regiões.

Explique também que a temperatura é outro componente importante, pois, caso haja baixas temperaturas, principalmente na época de desenvolvimento vegetativo da planta, haverá o comprometimento da produção da lavoura.

Outra informação importante é repassar que, para as diversas culturas, há variedades disponíveis no mercado que são adequadas a cada região do país e também podem ser utilizadas em diversas épocas do ano, garantindo, assim, sua produtividade.

## Avançando na prática

---

# Plantando hortaliças

### Descrição da situação-problema

A produção de hortaliças no Brasil, ramo conhecido como olericultura, é caracterizado pelo plantio de uma diversidade muito grande de culturas, de

forma temporária e na sua grande maioria, plantadas em pequenas propriedades de exploração familiar. Outra característica importante é o alto investimento inicial contrastando com as culturas de cultivo extensivo.

Você foi contratado por uma associação de pequenos produtores rurais para implantação de hortaliças. Após visita à área na qual será implantada a cultura e coleta de informações, você identificou três grandes problemas que podem comprometer significativamente a produção e conseqüentemente o sucesso do empreendimento. Os principais problemas foram: área sujeita aos ventos fortes, com forte inclinação e região com grande variabilidade de temperaturas ao longo do dia.

Você deve apresentar aos produtores os possíveis problemas que terão, bem como apresentar soluções, considerando que não há a possibilidade de implantação do projeto em outra área.

### **Resolução da situação-problema**

Esta é uma situação típica de alguns locais do país, onde há pequenas propriedades, normalmente de pequenos agricultores, os quais muitas vezes se unem em associações ou cooperativas para conseguirem se colocar da melhor forma no mercado.

Ventos fortes trazem uma série de problemas, dentre eles, desfolha, danos físicos à estrutura das plantas, propagação de doenças. Em áreas com grande declividade o problema maior é a proteção do solo. Já a variabilidade diária de temperatura pode trazer problemas tanto pelo excesso quanto pelas baixas temperaturas.

Se atuando isoladamente esses fatores já são problemas a tratar, em conjunto os danos podem ser maiores ainda. Então algumas ações a serem tomadas são:

- a) Diversificação de culturas, cultivares e datas de semeadura – reduz a exposição das culturas às condições meteorológicas adversas, em fases fenológicas críticas, tal como florescimento e enchimento dos grãos.
- b) Utilização do cultivo mínimo ou do plantio direto – reduz a evaporação da água do solo, resultando em melhor uso da água pelas culturas.
- c) Uso de quebra-ventos – reduz a evapotranspiração das plantas, melhorando a eficiência do uso da água, além de reduzir o potencial de danos mecânicos à cultura.
- d) Uso de medidas de controle das geadas.

- e) Uso da irrigação – reduz o estresse hídrico e favorece a estabilidade da produção agrícola. Deve ser empregada especialmente nos períodos mais críticos das culturas, como no estabelecimento, florescimento e frutificação.
- f) Alocação de culturas e cultivares adequados a diferentes posições do relevo – alocar espécies e cultivares mais resistentes ao vento nos locais de maior altitude e, os menos sensíveis à geada, nas regiões de baixada.

## Faça valer a pena

---

**1.** Ao atravessar a atmosfera, a radiação solar interage com seus constituintes (naturais e artificiais) resultando em modificação na quantidade, na qualidade e na direção dos raios solares que atingem a superfície terrestre.

De acordo com o texto acima apresentado, em relação à radiação solar pode-se afirmar que:

- a) É a maior fonte de energia para a Terra, sendo também o principal elemento meteorológico.
- b) É um elemento meteorológico que não interfere nos processos regulatórios do clima.
- c) É o elemento meteorológico que atinge somente as zonas de maior latitude do globo terrestre.
- d) É um elemento que depende dos fatores climáticos, tais como temperatura e umidade relativa.
- e) Trata-se, portanto, de uma variável meteorológica proveniente da fotossíntese.

**2.** A fenologia das plantas é fortemente influenciada pelas condições do clima, cujos elementos atuam sobre o desenvolvimento das espécies isoladamente ou através de combinações entre si. Assim a distribuição e a diversidade de espécies presentes nas comunidades e populações de plantas, sua persistência e seu desempenho em termos de crescimento e produtividade dependem da combinação destes fatores.

Sobre os fatores climatológicos que interferem nos processos fenológicos é correto afirmar que:

- a) Somente o fator temperatura do solo exerce algum tipo de influência sobre o desenvolvimento das plantas.

- b) As fases vegetativas e reprodutivas são pouco influenciadas pela temperatura do ar.
- c) A fenologia de muitas espécies responde à variação sazonal da duração do dia.
- d) Fatores climáticos exercem pouca ou nenhuma influência sobre a fenologia das plantas.
- e) Não há correlação entre fator climático e desenvolvimento de uma cultura, exceto pela umidade relativa do ar.

**3.** Fenologia é a parte da Botânica que estuda as várias fases do desenvolvimento das plantas. O ciclo vegetativo é, portanto, dividido sistematicamente em estágios fenológicos, caracterizando “idades fisiológicas” da planta; com isto, é possível a padronização da terminologia e de procedimentos fitotécnicos adotados durante o processo produtivo. Devido à sua importância, os conhecimentos sobre o assunto, envolvendo interação com outras áreas, são fundamentais para que o profissional da agronomia demonstre competência para orientar os produtores no sentido da obtenção de rendimento agrícola elevado das principais espécies cultivadas, bem como da identificação de problemas, suas causas e propostas de soluções.

Diante do exposto e nas ações que podem ser tomadas a partir do conhecimento da relação entre fatores climáticos e fenologia de plantas, é correto afirmar que:

- a) A etapa de planejamento do plantio não contempla um procedimento fitotécnico.
- b) A adubação em qualquer etapa do desenvolvimento da cultura é de pouca importância.
- c) Planejar a melhor época para colheita em função da dosagem de adubo recomendada.
- d) Estabelecer o preço de venda do produto não depende da fenologia da cultura.
- e) Há pouca interação entre o ataque de pragas e doenças com os estágios da cultura.

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- CÂMARA, G. M. S. Fenologia da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura, 1998.
- CAMARGO, A. P. *et al.* Aptidão climática de culturas agrícolas. In: Secretaria da Agricultura de São Paulo. **Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo: CATI, 1974. p.109-149.
- CHUVA pode chegar forte na Grande São Paulo entre segunda e terça-feira. G1, São Paulo, 30 jul. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/07/30/chuva-poe-de-chegar-forte-na-grande-sao-paulo-entre-segunda-e-terca-feira.ghtml>. Acesso em: 25 ago. 2018.
- CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da bacia do rio Doce**. 2008. 153f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2008.
- FAGUNDES, Jailson Lara *et al.* Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 21-29, fev. 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982006000100003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982006000100003&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 5 set. 2018.
- FIORIN, T. T.; ROSS, M. D. **Climatologia agrícola. Santa Maria**: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede e-Tec Brasil, 2015.
- GARDNER, P. F.; PEARCE, R. B.; MITCHELL, R. L. **Physiology of crop plants**. Iowa: Iowa State University Press, 1985. 337 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Clima**. Disponível em: <https://cnae.ibge.gov.br/images/7a12/mapas/Brasil/clima.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Sobre o INMET**. [s.d.]. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre\\_inmet](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre_inmet). Acesso em: 26 ago. 2018.
- GARDNER, P. F.; PEARCE, R. B.; MITCHELL, R. L. **Physiology of crop plants**. Iowa: Iowa State University Press, 1985. 337 p.
- KOLLER, O. C. **Citricultura: laranja, limão e tangerina**. Porto Alegre: Editora Rigel, 1994. 446p.
- LINS, B. L. A.; NASCIMENTO, M. T. Fenologia de Paratecoma peroba (Bignoniaceae) em uma floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 3, p. 559-568, set. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&t&pid=S2175-78602010000300559&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&t&pid=S2175-78602010000300559&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 19 set. 2018.
- LONGITUDE. **NASA**, [S.l.], 10 jun. 2015. Disponível em: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Longitude.html>. Acesso em: 30 set. 2018.
- MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C. Relação entre rendimento de grãos e altura de chuva

em diferentes períodos de desenvolvimento do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5., 1987, Belém. **Coletânea de Trabalhos...** Belém: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1987. p. 3-6.

MONTEIRO, José Eduardo B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONUBR). FAO: se o atual ritmo de consumo continuar, em 2050 mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água. 9 abr. 2016. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/>. Acesso em: 26 ago. 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA (OMM). **Serviço de informação meteorológica à escala mundial**. Disponível em: <http://wwis.ipma.pt/pt/home.html>. Acesso em: 26 ago. 2018.

PARRY, G. **Le cotonnier et ses produits**. Paris: Maisonneuve & Larose, 1982. 502 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2007.

SENTELHAS, P. C. **Duração do período de molhamento foliar: aspectos operacionais da sua medida, variabilidade espacial em diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman-Monteith**. 2004. 161p. Tese (Livre-Docência) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2004.

SILVA NETO, S. P.; MOREIRA, C. T.; SILVA, S. A. da. Plantio da soja na época certa. **Agrolink**, São Luís, 27 set. 2010. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/sementes/artigo/plantio-dao-soja-na-epoca-certa\\_118511.html](https://www.agrolink.com.br/sementes/artigo/plantio-dao-soja-na-epoca-certa_118511.html). Acesso em: 4 set. 2018.

SMITH, L. P. **Methods in Agricultural Meteorology**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1975.

TUTIDA, L. *et al*. Influência das estações do ano na temperatura retal e frequência respiratória de carneiros. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 1133-1140, 1999. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35981999000500032-&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35981999000500032-&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 5 set. 2018.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão Digital. Recife, 2006.

WEISMANN, Martin. Fases de Desenvolvimento da Cultura do Milho. **Tecnologia e produção: Milho**, Safrinha e Culturas de Inverno, 2008. <http://atividaderural.com.br/artigos/4fb3e56aa8c56.pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.



# Unidade 2

---

## Elementos climáticos

### Convite ao estudo

Caro aluno, seja bem-vindo à segunda unidade de estudo da disciplina de Agrometeorologia.

Nosso foco aqui é o estudo de alguns elementos climáticos, como a radiação solar, a temperatura, a umidade do ar e a evapotranspiração. Todos eles são fundamentais para o pleno desenvolvimento de uma cultura vegetal.

Ao falarmos de radiação solar, vamos ter capacidade de compreender seu balanço de energia, desde o momento em que ela chega ao topo da atmosfera até o balanço energético final disponível para a cultura. Você conhecerá também os equipamentos que são utilizados para mensurar a energia radiante e o balanço energético. Será que essas medidas estão disponíveis a todos?

Falar para você que a temperatura é importante para os seres vivos seria desnecessário, mas vamos além da simples definição de temperatura. Vamos correlacioná-la à capacidade de produção dos vegetais, associando à temperatura do ar e do solo. Como é o ciclo diário de temperatura para as culturas. Há diferenças entre eles?

Soma-se também o fator umidade relativa do ar. Como determinar sua influência no sucesso de uma plantação. Entenderemos o conceito de evapotranspiração, tão utilizado na irrigação. A planta precisa de água a todo o momento? O que é evapotranspiração de referência? O que diferencia a evapotranspiração potencial da evapotranspiração real da cultura?

E o melhor de tudo isso é que esses fatores trabalham em conjunto, e, tendo o conhecimento deles, podemos melhorar o planejamento, visando maximização de resultados.

Em nosso contexto de aprendizagem você será um pesquisador da Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, vinculada ao Ministério de Agricultura, Pesca e Abastecimento. Seu trabalho consiste principalmente em dar apoio e subsídios aos agricultores; aos grandes proprietários, subsídios para o manejo de grandes áreas, com uso maciço de tecnologias e recursos disponíveis. Por outro lado, pequenos e médios produtores também solicitam seu apoio constante, pois os recursos são escassos e um erro de planejamento de safra pode significar perdas irreparáveis. Seu

desafio é conhecer esses elementos climáticos (radiação, temperatura e umidade relativa) e propor soluções para todos os níveis da cadeia produtiva, entendendo sua influência na produtividade das culturas.

Portanto, nesta unidade você estudará importantes conteúdos que serão a base para que você analise e proponha soluções aos problemas apresentados.

Boa sorte e bons estudos!

## Elementos climáticos: radiação solar

### Diálogo aberto

Caro aluno, iniciaremos a segunda unidade da disciplina de Agrometeorologia lidando com alguns conceitos importantes que o ajudarão a entender um pouco mais sobre radiação solar, temperatura do ar e do solo e também sobre a umidade do ar. Esses são fatores que você irá utilizar não só aqui nesta disciplina, mas ao longo de toda sua vida profissional, principalmente quando for trabalhar com implantação e condução de culturas.

Acredito que por diversas vezes você já se perguntou sobre a composição da atmosfera e sobre como ela pode interferir no nosso dia a dia. Para o profissional da área agrícola esse questionamento é muito importante. Aqui veremos que os fatores meteorológicos têm relação direta com a atmosfera, pois é nela que irá ocorrer todo o balanço de energia proveniente do Sol, podendo até mesmo comprometer a produção agrícola.

Para desenvolver melhor esse conteúdo, vamos retomar o problema apresentado anteriormente: você trabalha como pesquisador na Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), empresa vinculada ao MAPA (Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento), e, como parte de suas funções, está recebendo demandas de produtores rurais que produzem hortaliças em estufas e que detectaram uma baixa produtividade em suas propriedades.

Como técnico, você identifica que todos utilizam o mesmo modelo de estufas, todas cobertas com lona plástica de cor negra, com laterais compostas por cortinas com sistema de abertura acionado manualmente e sem nenhum tipo de ventilação forçada que permita a troca do ar com o exterior. O calor no interior é grande, e a sensação de quem entra na estufa é de completo abafamento. Você verifica também que as plantas estão murchas. Sua suspeita é de que a estrutura que estão utilizando não seja a adequada, pois a associação de cobertura de plástico negro com baixa capacidade de troca de calor pode estar causando desequilíbrio nas condições do clima interno. Será que sua suspeita é verdadeira? Como deve ocorrer o fluxo de energia para que se tenha o equilíbrio interno na estufa e produtividade normal da cultura instalada? Cabe a você confirmar essa suspeita e o impacto que ela pode estar causando.

Estude o conteúdo desta seção e verifique como poderá auxiliar esses agricultores.

Boa sorte e bons estudos!

Olá, aluno!

Por vezes nos pegamos olhando para o céu tentando entender onde é seu limite. Ou ainda a que distância estamos do espaço. Será que se trata de uma simples camada de ar?

Esse invólucro gasoso que circunda a Terra recebe o nome de atmosfera e sem ele a possibilidade de vida em nosso planeta seria muito difícil. É na atmosfera que os fenômenos atmosféricos ocorrem e é nela também que há a distribuição de radiação solar.

Conforme a Figura 2.1, a atmosfera é dividida em algumas camadas, e essa divisão é feita com base em características químicas e físicas. Isso quer dizer que cada camada da atmosfera tem sua constituição química e física peculiares.

Ao sairmos do solo em direção ao espaço, a primeira camada que temos é a troposfera. É uma camada que possui aproximadamente 10 a 12 quilômetros de espessura e onde ocorrem os fenômenos meteorológicos e o pleno desenvolvimento da vida animal e vegetal. Pela Figura 2.1 podemos perceber que, conforme aumenta a altitude, há também a diminuição da temperatura.

Após a troposfera, temos a estratosfera, situada entre 11 a 50 quilômetros de altitude. É nessa camada que há grande concentração do gás ozônio. A camada de ozônio exerce uma função muito importante de filtrar os raios ultravioletas provenientes do Sol.



### Pesquise mais

A camada de ozônio e os impactos causados pela sua degradação ainda são tema de grande repercussão nos dias atuais, com grande interferência na agricultura. No site do Ministério do Meio Ambiente você encontrará uma série de informações que o ajudará a saber mais sobre esse assunto.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Clima**: proteção da camada de ozônio.

Na sequência, tem a mesosfera, que vai até cerca de 80 quilômetros de altitude. Como não há partículas que possam absorver a energia do Sol, nessa camada a temperatura é extremamente baixa.

A camada mais extensa é a termosfera, podendo atingir 500 quilômetros em relação ao solo. Nela as temperaturas podem chegar a valores altíssimos, pois o oxigênio atômico presente pode absorver grande quantidade de radiação solar.

A última camada é a exosfera, composta de gases hélio e hidrogênio. É ela que antecede o espaço sideral e onde ocorre o fenômeno da aurora boreal.



### Assimile

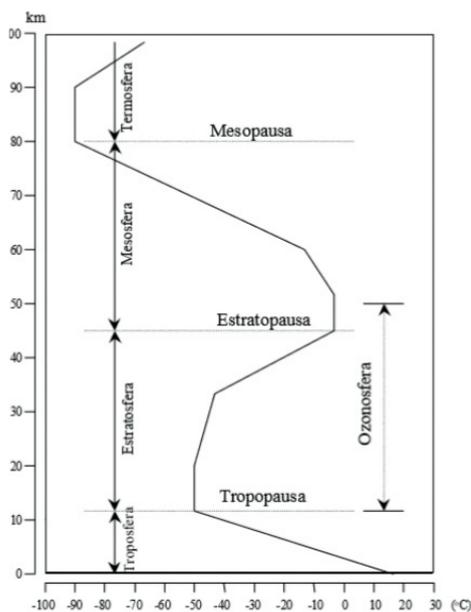
O Sol é uma enorme fonte de calor que está em constante mudança e que apresenta grandes explosões de energia chamadas de tempestades solares. Essa energia viaja pelo universo e, ao atingir a Terra e seu perímetro magnético, provoca a formação de ondas de luzes e cores diversas. Essas ondas são conhecidas como aurora boreal e ocorrem em latitudes altas de nosso planeta.

Destacamos um vídeo interessante para conferir imagens da aurora boreal: CROWN LAND PRODUCTIONS. Aurora Borealis - Mother's Day – 2016.

Ao analisar a composição química da atmosfera, serão encontrados aproximadamente 78% de gás nitrogênio, 21% de gás oxigênio e outros constituintes correspondendo a 1%, levando-se em conta o percentual de volume de ar seco.

Esses outros constituintes possíveis de serem encontrados na atmosfera são as partículas de pó, as cinzas vulcânicas, a fumaça, a matéria orgânica e os resíduos industriais, também chamados de aerossóis (VIANELLO; ALVES, 2012).

Figura 2.1 | Perfil da atmosfera



Fonte: Pereira; Angelocci; Sentelhas (2007, p. 10).

É importante salientar que os componentes que possuem baixa concentração na atmosfera, tais como o gás carbônico, o ozônio, partículas de poeira, vapor d'água, são fundamentais para a permanência da vida na Terra. Sem o gás carbônico, não ocorreria a fotossíntese pelas plantas ou ainda o equilíbrio do calor pela absorção de radiação proveniente do Sol.

Vale lembrar também que há interferência direta da atmosfera na radiação solar, tanto na quantidade disponível quanto na direção que os raios atingem a Terra e sua superfície.

Quando estamos falando de radiação, significa que é a energia radiante emitida pelo Sol, cuja transmissão ocorre por radiação eletromagnética, sendo cerca de metade desta energia emitida como luz visível e o restante na do infravermelho próximo e como radiação ultravioleta.

Nem toda energia emitida pelo Sol e que chega ao limite superior da atmosfera consegue chegar à superfície do planeta. Isso ocorre pois há perdas decorrentes de diversos fatores ao longo da atmosfera. Essas perdas podem ocorrer pela absorção da radiação solar pelas partículas de água, ozônio e poeira, parte absorvida ou refletida pelas nuvens ou ainda refletida pelo solo, rios, lagos e oceanos.

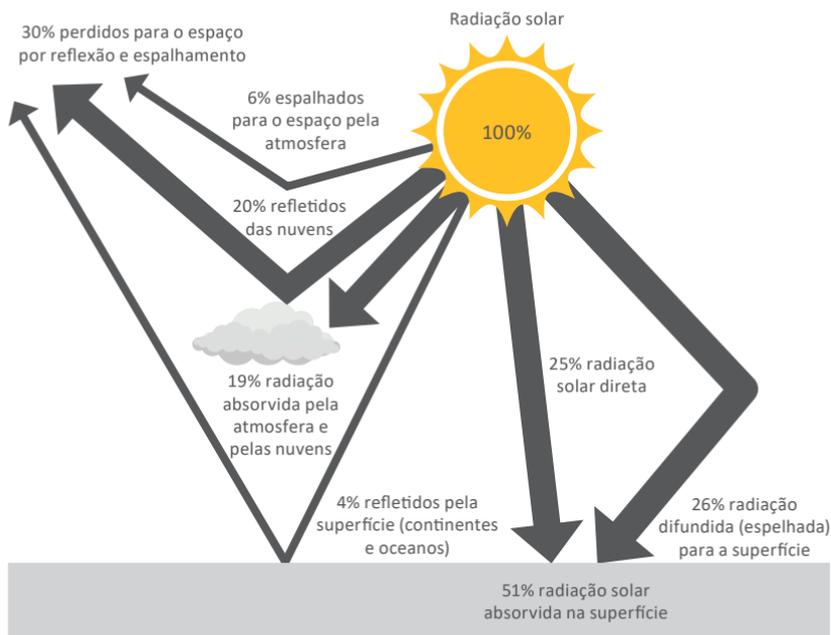
Os processos associados a esses mecanismos de dissipação de energia solar são conhecidos como: absorção – tendo como principais responsáveis o dióxido de carbono, vapor d'água, ozônio e partículas sólidas; difusão – a radiação é difundida para todas as direções, causada principalmente por poeiras e gotículas de água; e a reflexão – superfícies atuam como um espelho refletindo os raios solares. Após entender esses processos, podemos então classificar em três as formas de radiação que chegam ao nosso planeta: radiação solar direta, radiação solar difusa e radiação solar global.

A radiação solar direta corresponde à fração da radiação total emitida pelo Sol que atravessa toda a atmosfera e atinge a superfície terrestre. A radiação solar difusa é a fração da radiação solar que consegue atravessar a atmosfera, sofre alteração na sua direção e é difundida pelos constituintes atmosféricos. Já a radiação solar global é o somatório da energia solar direta e da energia solar difusa. A Figura 2.2 apresenta a distribuição da radiação solar.

Assim, quando o céu está encoberto por nuvens ou com muita poluição, a radiação solar proveniente chega de forma diferente do que nos dias em que encontramos o céu limpo. Isso ocorre pois a dissipação da energia de forma difusa é maior.

Da mesma forma, em condições de céu encoberto, as perdas da energia liberada pelo solo são menores, pois a radiação emitida pela Terra sofre reflexão, tendo parte da energia retornada ao solo.

Figura 2.2 | Distribuição percentual da radiação solar



Fonte: <https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-7.html>. Acesso em: 15 out. 2018.

Podemos definir radiação de onda longa como sendo o fluxo radiante de energia proveniente da emissão de energia pela atmosfera através dos gases nela presentes e da emissão de energia do sistema solo-oceanos. A maior parte da radiação emitida pela Terra e pela atmosfera recebe a denominação de radiação de onda longa.

Já a radiação de onda curta corresponde à parcela da radiação solar que é entregue na superfície terrestre. É graças à radiação de ondas curtas e à sua distribuição que ocorrem os fenômenos meteorológicos.

O calor latente refere-se à quantidade de calor envolvida em mudanças de fase da água. Por exemplo, a mudança da água líquida para vapor exige fornecimento de calor latente, enquanto a transformação de vapor para líquido libera calor latente. Parte dessa energia é transferida da superfície da Terra para a atmosfera através do fluxo de calor latente, por moléculas de água durante o processo de evaporação.

Na atmosfera, o aquecimento envolve os três processos – radiação, condução e convecção –, que ocorrem simultaneamente. O calor transportado pelos processos combinados de condução e convecção é denominado calor sensível.



## Assimile

O processo conhecido como transferência de calor por condução ocorre dentro de uma substância ou entre substâncias que estão em contato físico direto. Já no processo de convecção, a transferência de calor ocorre dentro de um fluido através de movimentos do próprio fluido.

Para conhecer mais sobre esses dois processos importantes para o balanço de energia da terra, leia o texto:

GRIMM, Alice Marlene. Introdução à meteorologia. Mecanismos de transferência de calor. In: GRIMM, A. M. **Meteorologia básica - notas de aula**. 1999.

Outro conceito muito importante e que é de fundamental importância para o conhecimento do profissional da agronomia é o albedo. Toda superfície emite uma determinada quantidade de radiação, e essa quantidade de radiação emitida pelos corpos recebe o nome de albedo. O albedo é dependente da cor da superfície analisada. Assim uma superfície clara apresenta maior albedo, enquanto que superfícies escuras refletem pouca radiação e seu albedo é menor.



## Exemplificando

Entenda a aplicação do conceito de albedo mediante o artigo a seguir. Nele você verá a aplicação de diferentes materiais em coberturas com diferentes albedos utilizados na cultura da alface.

ROCHA, M. A. V.; PURQUERIO, L. F. V. Produção de alface em função de diferentes coberturas de solo. **Horticultura brasileira**, v. 27, n. 2, p. S475-S479, ago. 2009.

Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007) citam que para cada instante haverá um balanço de radiação que é característico da superfície coberta por vegetais, por exemplo. Segundo os autores, o balanço de radiação  $R_n$  (chamado também de saldo de radiação ou radiação líquida) é composto do balanço de onda curtas (BOC) e do balanço de ondas longas (BOL), apresentado na Figura 2.3, onde  $Q_0$  é a quantidade de radiação solar que chega no topo da atmosfera.

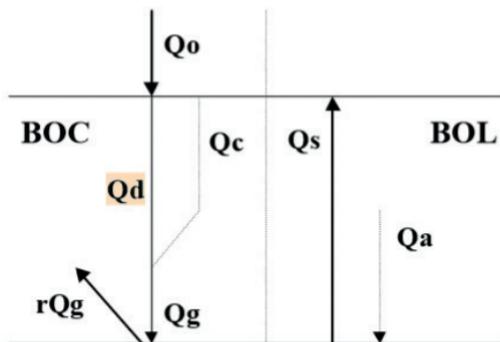
Assim haverá um saldo de energia que será dissipado na fotossíntese, evapotranspiração e aquecimento.

Em regiões tropicais e subtropicais, a cana-de-açúcar mostra crescimento muito vigoroso no início do verão e após as chuvas de verão que ocorrem no meio do dia, quando o céu se abre e a radiação solar intensifica, ou seja, há o incremento no balanço de radiação.

No café, o amadurecimento é acelerado pelo excesso de radiação solar e de temperatura, desfavorecendo a qualidade da cultura (CARAMORI *et al.*, 2004).

Há pouca informação sobre as necessidades de energia para as espécies forrageiras, entretanto a eficiência de conversão da energia radiante interceptada pela planta para energia química nos tecidos vegetais é da ordem de 5 a 6 % (COOPER, 1970).

Figura 2.3 | Balanço de radiação na superfície terrestre



Fonte: Pereira; Angelocci; Sentelhas (2007, p. 65).

No lado direito da Figura 2.3 temos o balanço de ondas longas (BOL), que é composto por  $Q_s$  e  $Q_a$ .  $Q_s$  é o fluxo de energia radiante emitida pela superfície em direção à atmosfera e  $Q_a$  é o fluxo de energia radiante emitida pela atmosfera em direção à superfície.

Para o balanço de ondas curtas (BOC), representado pelo lado esquerdo da Figura 2.3, o que encontramos é que a superfície recebe uma radiação solar global  $Q_g$  (radiação direta mais difusa) e reflete  $rQ_g$ , sendo  $r$  o coeficiente de reflexão da superfície, também chamado de albedo.  $Q_d$  e  $Q_c$  representam respectivamente a radiação direta e a radiação difusa.

A variação no albedo implicará em alteração no microclima local, uma vez que causará alteração na quantidade de energia que é armazenada a interface biosfera-atmosfera, a qual pode ser determinada pelo balanço de ondas curtas (BOC) dessa superfície.

Entender o BOC de uma determinada região é entender também como estão os processos de aquecimento do solo e do ar, a fotossíntese e a evapotranspiração das culturas.

O equipamento para medição do balanço de radiação em uma superfície é o saldo-radiômetro. Esse equipamento é composto por placas com

termopares que captam energia de ondas curtas e ondas longas. Essas placas são posicionadas uma virada para cima e outra virada para baixo. A diferença entre as leituras gera uma força eletromotriz entre os termopares que, após sofrer uma calibração, retorna o valor proporcional ao saldo de radiação. Essa mensuração é importante pois é o balanço de energia que controla a temperatura terrestre e é, portanto, o que determina as condições do clima do planeta. A unidade de medida do balanço de radiação é  $MJm^{-2}d^{-1}$ .

O heliógrafo é o equipamento que faz o registro da insolação diária, ou seja, do número de horas com irradiância solar sobre a superfície. Consiste em uma esfera de vidro que tal qual uma lente de aumento, concentra os raios solares em uma fita de papel graduado em horas e frações e registra o período de insolação. Conhecer quantas horas de radiação diária está chegando na superfície é muito importante na definição das condições energéticas da superfície. Isso ajudará na definição do clima ou microclima local, trazendo informações sobre a cobertura efetiva de nuvens do local e sobre a energia efetiva disponível para os processos biológicos e de evapotranspiração superficial.

Outro equipamento utilizado para medição da radiação direta do sol é o pireliômetro. Nele a luz solar é direcionada por uma abertura até um sensor, que faz a conversão do calor em um sinal elétrico que pode ser gravado e convertido em  $Wm^{-2}$ . Portanto, se queremos medir a quantidade de energia solar sobre um determinado ponto, devemos usar esse equipamento.

Utilizado para medição da radiação solar total, o piranômetro usa o princípio de termopilhas, ou seja, conjunto de termopares que, conectados entre si, converte o calor em energia. As termopilhas são cobertas por uma superfície negra para auxiliar na absorção do calor da radiação. Os piranômetros de termopilha são frequentemente utilizados em meteorologia, climatologia, pesquisa em mudanças climáticas, física de engenharia de construção e em sistemas fotovoltaicos, com o objetivo de determinar a densidade de energia que chega sobre uma superfície plana.

Normalmente esses aparelhos estão à disposição em estações climatológicas, e as informações disponibilizadas pelos órgãos de pesquisa.

O actinógrafo é um instrumento que faz o registro de radiação total global, ou seja, ele mede a energia proveniente do sol. Na sua constituição conta com uma lâmina bimetálica enegrecida, que é exposta aos raios solares, e com outras duas brancas, mantidas à sombra. Ao aquecer a lâmina preta, deforma-se, enquanto as duas brancas sofrem pouca deformação. A deformação resultante é transmitida a um registrador mecânico, que se move sobre um diagrama preso a um tambor rotativo, delimitando uma área. Pela leitura dessa área é determinada a radiação global.



### Refleta

A energia proveniente do Sol é fundamental para que possamos produzir de forma eficiente no campo. Sem a energia do Sol não há produção. Isso é muito claro quando comparamos a produção de países localizados próximos ao Equador e produção de países próximos aos pólos. Entretanto essa é uma informação que depende da aplicação de equipamentos caros e de pouco acesso à maior parte dos profissionais. Como os profissionais ligados ao agronegócio podem buscar essa informação e usá-la na rotina do dia a dia?

Vimos então como é importante a radiação solar para a agricultura e o quanto a sua mensuração ajuda na identificação dos diversos processos que ocorrem na atmosfera. Mais do que simplesmente identificar essa variável climatológica, que é fonte de toda a energia disponível aos sistemas vivos, entender o balanço da energia proveniente do Sol é de fundamental importância para o profissional envolvido com as atividades agrícolas. Interpretar os dados obtidos de radiação e correlacionar com outras variáveis, como umidade e temperatura, permitirá a correta tomada de decisão ao analisar sistemas de produção agrícola.

### Sem medo de errar

Prezado aluno, você aprendeu sobre a estrutura da atmosfera terrestre, sua composição e como ocorre o balanço de energia em seu interior. Verificou que a composição da atmosfera traz impactos sobre o saldo de radiação, podendo absorver mais ou menos energia em função de seus constituintes.

Vamos agora aplicar esses conceitos, lembrando que você é um pesquisador da Embrapa, atuando no suporte a produtores rurais. Como técnico, você identifica que todos utilizam o mesmo modelo de estufas, todas cobertas com lona plástica de cor negra, com laterais compostas por cortinas com sistema de abertura acionado manualmente e sem nenhum tipo de ventilação forçada que permita a troca do ar com o exterior. O calor no interior é grande, e a sensação de quem entra na estufa é de completo abafamento. Você verifica também que as plantas estão murchas. Sua suspeita é de que a estrutura que estão utilizando não seja a adequada. Será que sua suspeita é verdadeira? Como deve ocorrer o fluxo de energia para que se tenha o equilíbrio interno na estufa e produtividade normal da cultura instalada? Cabe a você confirmar essa suspeita e o impacto que ela pode estar causando.

Conforme visto, as plantas necessitam de certa quantidade de energia, proveniente principalmente da radiação solar para seu pleno desenvolvimento

fisiológico. Essa quantidade de energia é mensurada pelo balanço de energia ao qual a planta está submetida, ou seja, há um saldo entre a energia que chega e a energia devolvida pela planta. No caso das estufas que você visitou, percebe-se que essa energia está desbalanceada, vivenciada pelo calor intenso e sensação de desconforto em seu interior. Isso acontece pois a superfície preta da cobertura absorve muita radiação e, como ela é de plástico, aprisiona essa radiação em seu interior. As cortinas laterais também não proporcionam a troca de calor com o ambiente externo, e, sem um trocador de calor, por exemplo um exaustor, esse calor fica aprisionado dentro da estufa. Desta forma, a quantidade de energia disponível no sistema é muito maior do que a perdida, e por isso a planta sente as consequências.

A sensação de abafamento se dá pois, associada à temperatura, tem-se a umidade local. Quanto maior o calor associado à umidade, maior a sensação de desconforto. E esse desconforto também é sentido pelas plantas, implicando em seu baixo rendimento.

Analisando assim os fatos, você verifica que a estrutura precisa ser adequada para melhorar a conversão de energia e conseqüentemente a produtividade da cultura ali instalada.

Sua sugestão aos produtores pode ser a troca da cobertura, substituindo-a por uma superfície mais clara, que refletirá uma quantidade maior de energia radiante, diminuindo assim a quantidade de energia que entra na estufa. Associe essa informação com a necessidade de renovação dos condicionantes do clima no interior da estufa, ou seja, ar e umidade. Isso pode ser feito mediante instalação de exaustores que farão a troca do ar externo com o interno. Atualmente há sistemas que, ao serem regulados para uma certa faixa de valores de temperatura e umidade relativa, acionam automaticamente exaustores e o levantamento de cortinas laterais, permitindo a troca do ambiente, favorecendo a manutenção de um equilíbrio no interior das estufas.

## Avançando na prática

# Análise do fotoperíodo

### Descrição da situação-problema

O arroz é produzido em todo o território nacional concentrando-se principalmente na Região Sul do Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, responsáveis por quase 70% da produção brasileira (IBGE, 2006). Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto no

aspecto econômico quanto social, sendo um dos mais importantes grãos em termos de valor econômico. Como profissional da área agrícola, você está monitorando a produção da cultura em uma propriedade no interior do país cuja expectativa de produtividade está abaixo da esperada considerando o desenvolvimento atual da cultura. Caminhando pelas áreas de plantio, você identificou que há o plantio em consórcio com outra cultura, no caso a cultura do eucalipto, que apresentava árvores de porte alto. Outra característica encontrada na propriedade é que há pouco espaçamento entre as fileiras de eucalipto, e nessas entrelinhas há o plantio do arroz. Ao redor da área plantada você identificou também que são utilizados outros tipos de árvores com a finalidade de servirem como quebra-ventos, e, devido ao seu grande porte, elas sombreiam a lavoura do arroz. Algumas dúvidas surgiram nessa visita: será que o sistema de plantio adotado pode estar interferindo na produtividade da lavoura de arroz? Qual recomendação você daria ao produtor para o aumento da produtividade, considerando a situação encontrada?

### **Resolução da situação-problema**

Provavelmente a baixa produtividade esperada pelas condições atuais apresentadas pela cultura se deve ao efeito de cobertura da radiação solar proveniente das árvores que estão dentro e nas circunvizinhanças da lavoura.

No processo de fotossíntese, as plantas utilizam parte da radiação incidente, e o sombreamento durante a fase vegetativa pode ter influência sobre a produtividade e seus componentes. Deve-se maximizar a interceptação da radiação solar. Caso o sombreamento ocorra durante as fases reprodutivas e de maturação, há a redução respectivamente do número de espiguetas e da percentagem de grãos obtida.

Algumas soluções você deve sugerir. Uma delas é o corte de parte das árvores ao longo do talhão, permitindo a maior incidência de radiação sobre as plantas.

Outra sugestão é identificar se há realmente necessidade do uso de quebra-ventos na propriedade e, caso não exista, diminuir o número de árvores ao redor dos talhões plantados.

Discuta com o proprietário a possibilidade de plantio em talhões específicos para a cultura do arroz ao invés de trabalhar na forma de consórcio. Assim não haverá influência nenhuma das árvores.

**1.** A atmosfera é composta por uma série de camadas que possuem características bem específicas, diferenciando-se assim uma da outra. A definição de cada camada levou em consideração a variação da temperatura e as propriedades físicas encontradas em função da altitude. Analise as afirmativas a seguir:

I – É na troposfera que há o pleno desenvolvimento da vida animal e vegetal.

II – É na troposfera que ocorrem os principais fenômenos meteorológicos.

III – A troposfera é a camada de menor altitude da atmosfera.

IV – A troposfera possui temperaturas inferiores a  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

V – A troposfera está localizada acima da mesosfera.

Sobre a troposfera, selecione a seguir a alternativa que contém apenas as afirmativas corretas:

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

**2.** A troposfera é uma camada que possui de 10 a 12 quilômetros de espessura aproximadamente e onde ocorrem os fenômenos meteorológicos e o pleno desenvolvimento da vida animal e vegetal. Conforme aumenta a altitude, há também a diminuição da temperatura. É a primeira camada da atmosfera considerando a superfície da Terra.

Qual é o processo ao qual o albedo está ligado?

- a) Absorção.
- b) Difusão.
- c) Reflexão.
- d) Evaporação.
- e) Radiação.

**3.** A atmosfera terrestre é composta em sua maioria de gases, porém apresenta também outros componentes, como poeira e vapor d'água, sendo este último o elemento de formação de nuvens. No balanço de energia, as nuvens têm importância fundamental, pois absorvem parte da energia proveniente tanto do sol quanto do sistema solo-oceano.

Nesse contexto pode-se afirmar que as noites com nuvens são mais quentes. Por quê?

- a) Porque a cobertura de nuvens é um regulador da temperatura.
- b) Porque a radiação dispersa se perde na atmosfera.

- c) Porque a formação de nuvens ocorre fora da atmosfera.
- d) Porque nuvens só têm importância por causa da chuva.
- e) Porque nuvens secas retêm pouco calor.

# Elementos climáticos: temperatura

## Diálogo aberto

Caro aluno, chegou o momento de você aprender mais sobre um elemento climático muito importante e que será seu companheiro por toda a vida profissional: a temperatura. Neste material veremos mais sobre como ela interfere no desenvolvimento dos vegetais, seu comportamento ao longo do dia, as formas de medição e os fatores que afetam tanto a temperatura do solo quanto a temperatura do ar.

Não se esqueça de que no nosso contexto de aprendizado você é um pesquisador da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e seu papel é levar informações de qualidade para os produtores, independentemente do tamanho da propriedade, dos recursos disponíveis ou das tecnologias adotadas. Já vimos o papel da atmosfera e da radiação solar no que se refere à produção agrícola.

Agora você está realizando uma tarefa de grande responsabilidade: o mapeamento das condições para plantio das culturas de verão. Esse mapeamento inclui, dentre outras atividades, a coleta de dados, possibilitando entender os ciclos diários de temperatura. Isso permitirá a abordagem direcionada da cultura em função da temperatura ideal para seu desenvolvimento. Para isso você conta com as informações de séries históricas de temperatura, mas para melhor checar as informações você foi escalado para monitorar durante um ano as temperaturas em fazendas da Região Centro-Oeste. Seu trabalho é explicar a importância do projeto ao produtor que receberá os equipamentos de coleta de dados e fazer com que ele colete os dados corretamente nos prazos estabelecidos.

Como você faria para escolher as propriedades a serem trabalhadas? Por que fazer o levantamento da temperatura nas propriedades? Esse pode ser um dos questionamentos dos produtores. Será que os produtores conhecem esses equipamentos para medição da temperatura?

Desejo a você bons estudos!

A energia que a superfície terrestre recebe é fundamental para a ocorrência de alguns processos físicos que são os principais responsáveis pelo aquecimento do ar e do solo. Esses processos são conhecidos por convecção e condução. Segundo Almeida (2016), a transferência de calor pode ocorrer por condução molecular, que é considerado um processo lento de trocas de calor sensível, ocorrendo por contato direto entre as moléculas, ou 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.

Várias são as definições de temperatura, mas de forma bem simples podemos dizer que a temperatura informa se o corpo está quente ou frio, ou seja, informa o grau de agitação das moléculas de um corpo.

A escala Celsius, ou centígrada ( $^{\circ}\text{C}$ ), é internacionalmente aceita e recomendada para o intercâmbio de dados. A escala absoluta (K) é usada para fins científicos, e em alguns países é mantida a escala Fahrenheit. A conversão das escalas Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ), Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) e absoluta (K) é feita por meio das seguintes relações:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}, \text{ para conversão entre escala Celsius e escala Fahrenheit, onde:}$$

$T_C$ : temperatura em Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_F$ : temperatura em Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ )

$T_C = T_K - 273,15$ , para conversão entre escala Celsius e escala Kelvin, onde:

$T_C$ : temperatura em Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_K$ : temperatura em Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ )

Vimos que a radiação solar, ao entrar em contato com uma superfície, causa seu aquecimento. Esse calor gerado na superfície é transportado ao interior do solo pelo processo de condução. Assim é comum durante o dia escavarmos o solo e encontrar seu perfil com temperaturas elevadas, principalmente em dias de maior insolação. Quando chega o período noturno, o que encontramos é um caminho diferente para o calor, ou seja, como a superfície do solo esfria, há o movimento ascendente da temperatura.

Existem alguns fatores que colaboram para que haja variação na temperatura do solo. Alguns são dependentes das características físicas do solo, como textura, umidade e densidade. Outros fatores estão relacionados a fatores externos, tais como nebulosidade, radiação direta, precipitação, ventos. Há também fatores relacionados à cobertura de sua superfície, relevo local.

O que podemos verificar é que solos que não apresentam cobertura terão maiores variações de temperatura ao longo do dia, principalmente em sua camada superior. É muito importante para o profissional da área agrícola conhecer a cultura e a necessidade de cobertura do solo, pois manter a cobertura vegetal ajuda na distribuição da temperatura em dias quentes. Porém é muito importante a avaliação durante dias frios, pois nesses casos a exposição do solo nu ao calor durante o dia aumentará a distribuição no perfil do solo, reduzindo o efeito do frio, principalmente no período noturno.

Em algumas ocasiões pode-se optar por cobertura artificial do solo utilizando, por exemplo, materiais plásticos para esse fim. Interessante salientar que normalmente essa cobertura plástica pode apresentar alguns problemas. Em locais de temperatura elevada o uso de plásticos de cor negra pode causar o aumento significativo da temperatura do solo, pois sua absorção da temperatura é maior em função de seu albedo. Outro aspecto importante está relacionado aos custos desse material principalmente pensando em seu uso em larga escala, podendo até mesmo comprometer o sucesso do empreendimento.

Você já pode observar que ao longo do dia o Sol assume várias posições. Vamos imaginar uma montanha. Pela manhã ela recebe mais energia do Sol pelo lado leste, enquanto que à tarde o lado oeste recebe maior insolação. Portanto o resfriamento ou aquecimento do solo é influenciado pela topografia.

Ainda comentando sobre os fatores do solo sobre a variação da temperatura, temos que lembrar que solos de maior condutividade térmica apresentam menor amplitude térmica. A condutividade térmica nos dá a facilidade de transporte de calor de um corpo. Quanto mais matéria orgânica o solo tiver, menor a condutividade térmica.

Se o solo apresentar grande porosidade, menos contato entre suas partículas, consequentemente menor a capacidade de transferir calor entre elas. Agora imagine esses poros do solo preenchidos por água. Nesse caso há a diminuição dos poros e, portanto, maior capacidade de conduzir o calor.

De uma forma em geral podemos afirmar que a temperatura do solo varia ao longo do ano de acordo com as estações. No verão, devido a maior radiação, a superfície do solo recebe mais energia, enquanto que no inverno, devido à condutividade térmica dos solos, as temperaturas são maiores ao longo do perfil do solo.



### Refleta

Ribas *et al.* (2015) descrevem a importância da cobertura vegetal no condicionamento da temperatura do solo. Será que há formas de cobertura vegetal que podem ser utilizadas nas diversas culturas? Como essa cobertura pode auxiliar na manutenção da temperatura do solo?

RIBAS, Giovana G. *et al.* Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p. 817-828, out. 2015.

Vamos falar sobre a temperatura do ar. O balanço de energia na superfície terrestre é quem estabelece a variação da temperatura do ar. Como já visto anteriormente, existem vários fatores que atuam sobre a energia disponível, podendo ser citados irradiação solar, ventos, nebulosidade, concentração de vapor d'água na atmosfera, cobertura e topografia do solo.

A temperatura do ar influi diretamente no crescimento e no desenvolvimento das culturas, afetando significativamente a produtividade vegetal. As plantas possuem níveis diferentes de tolerância à temperatura, o que quer dizer que uma planta de clima tropical não terá seu pleno desenvolvimento em locais de temperaturas baixas.

Para os propósitos da análise sinótica do estado da atmosfera, as observações da temperatura do ar à superfície devem ser efetuadas a uma altura de 1,25 m a 2,00 m acima do terreno. As observações são realizadas em horários estabelecidos e de forma simultânea em todos os países que participam da rede mundial de observação. No Brasil, toda coletada de dados meteorológicos segue o fuso horário de Brasília, ou seja, não há interferência do fuso horário.



### Assimile

Do grego *synoptikos*, que significa elaborar uma visão geral de um todo, a meteorologia sinótica está relacionada a descrição, análise e previsão do tempo. Na sua origem era baseada em métodos empíricos desenvolvidos na primeira metade do século, seguindo a implantação das primeiras redes de estações que forneciam dados simultâneos (isto é, sinóticos) do tempo sobre grandes áreas. Em meteorologia associa-se à escala espacial e temporal dos grandes fenômenos meteorológicos que determinam as características essenciais do estado do tempo e à obtenção e utilização de dados simultâneos (sinóticos) sobre o estado do tempo em todo o globo.

O inverso também é verdadeiro, e muitas plantas precisam de repouso em baixas temperaturas para pleno desenvolvimento e produção. Esse período é conhecido como número de horas de frio (NHF) e é definido como o número de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de determinada temperatura crítica durante certo período. O NHF varia entre espécies e variedades, e, quanto mais exigente for a espécie, maior o valor de NHF.

Quando conhecemos o NHF, temos a possibilidade de saber se as condições estão sendo favoráveis ao desenvolvimento da planta e quando é o caso atuar para que isso aconteça. Em plantas que necessitam de baixas temperaturas para quebrar sua dormência, caso seja identificado que não será alcançado o NHF, é possível utilizar de produtos químicos para promover a quebra.



### Exemplificando

Segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007), no caso da macieira, uma variedade precoce necessita de 600 horas de temperatura abaixo de 7 °C durante o inverno. Caso o inverno tenha NHF insuficiente (valor menor que o mínimo) para atender as exigências térmicas de uma espécie, poderão ocorrer as seguintes anomalias nas plantas: a) queda de gemas frutíferas; b) atraso e irregularidade na brotação e floração; e c) ocorrência de florescimento irregular e prolongado. O resultado dessas anomalias é a redução dos rendimentos e da longevidade da cultura.

O crescimento e desenvolvimento de cultivos, assim como o desenvolvimento de pragas, estão relacionados com a temperatura do meio ambiente, sendo essa relação baseada no conceito de graus-dia. Adota-se a existência de uma temperatura inferior e outra temperatura superior nas quais o desenvolvimento das plantas é ótimo. Acima ou abaixo desses valores, haverá comprometimento do desenvolvimento vegetal. Essas temperaturas são chamadas de temperaturas basais.

Cada espécie vegetal ou variedade possui suas temperaturas basais, as quais podem variar ainda em função da idade ou da fase fenológica da planta, sendo tanto as temperaturas diurnas como as noturnas consideradas igualmente importantes no desenvolvimento vegetal.

Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007) citam que, além do desenvolvimento de plantas e de insetos, a temperatura do ambiente afeta outros processos nos vegetais, tais como: germinação, florescimento, produção de tubérculos, teor de óleo em sementes e também algumas atividades agrícolas.

Na rotina do dia a dia trabalhamos com temperaturas médias para as temperaturas do ar e seus valores extremos (máxima e mínima) e temperatura

do solo. Como estamos falando de média, para o cálculo de um valor médio, quanto maior for a amostragem, ou seja, maior o número de observações, maior será a exatidão do valor analisado.

Existe uma diversidade de fórmulas para o cálculo da temperatura média ( $T_{med}$ ), sendo algumas adotadas por órgãos responsáveis por redes públicas de estações meteorológicas, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que é o órgão responsável pela rede meteorológica brasileira. Sua fórmula é a mais utilizada no Brasil e é baseada em observações feitas em horários padronizados pela Organização Meteorológica Mundial, uma às 9 h da manhã e outra às 21 h, que correspondem às 12 h e às 24 h GMT (Hora do Meridiano de Greenwich), completada por outras duas medidas correspondentes aos valores extremos do dia ( $T_{máx}$  e  $T_{mín}$ ), ou seja,

$$T_{med} = (T_{9h} + T_{máx} + T_{mín} + 2T_{21h})$$

Onde:

$T_{med}$ : temperatura média estimada (°C)

$T_{9h}$ : temperatura local às 9 horas (°C)

$T_{21h}$ : temperatura local às 21 horas (°C)

$T_{mín}$ : temperatura mínima diária (°C)

$T_{máx}$ : temperatura máxima diária (°C)

Já o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), órgão da Secretaria Estadual de Agricultura do estado de São Paulo, utiliza uma fórmula que inclui uma medida que corresponde à temperatura mínima às 7 horas, uma próxima da hora mais quente do dia, às 14 horas, e uma de um ponto intermediário, às 21 horas, isto é,

$$T_{med} = \frac{T_{7h} + T_{14h} + 2T_{21h}}{4}$$

Onde:

$T_{med}$ : temperatura média estimada (°C)

$T_{7h}$ : temperatura local às 7 horas (°C)

$T_{14h}$ : temperatura local às 14 horas (°C)

$T_{21h}$ : temperatura local às 21 horas (°C)

Podemos utilizar também uma fórmula mais simples, que abrange somente os valores observados máximos e mínimos de temperatura, pois

entende-se que o valor médio estará entre esses dois valores. Esse valor nos dará um valor aproximado para a temperatura média local.

$$T_{med} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$$

Onde:

$T_{med}$ : temperatura média estimada (°C)

$T_{min}$ : temperatura mínima diária (°C)

$T_{max}$ : temperatura máxima diária (°C)

Como cada vez mais os sensores utilizados estão mais precisos e de menor custo, é cada vez maior o uso de estações meteorológicas que não necessitam de observadores, e os dados obtidos pelos sensores são transmitidos remotamente. Isso permite ganhos tanto em qualidade quanto em quantidade de dados coletados.

Nas estações meteorológicas o cálculo da temperatura média é feito utilizando o somatório das temperaturas do ar coletadas ao longo do dia e levando em consideração o número dessas observações.

$$T_{med} = \frac{\sum T_{ar}}{N_0}$$

Onde:

$T_{med}$ : temperatura média estimada (°C)

$T_{ar}$ : temperatura do ar (°C)

$N_0$ : número de observação

Apesar de as medidas de temperatura do solo a várias profundidades serem rotineiras nos postos agrometeorológicos, muitas vezes, para estudos específicos, essas informações não estão disponíveis. Desse modo, pode-se lançar mão de estimativas da temperatura do solo a partir da temperatura do ar.



### Pesquise mais

Assim como a temperatura é responsável pelas condições vitais das culturas, ela pode exercer um papel negativo, comprometendo as safras. No vídeo a seguir, você terá mais detalhes do elemento climático temperatura e sua potencialidade de comprometimento das lavouras:

TV CULTURA DIGITAL. O aumento da temperatura poderá ter impacto na agricultura brasileira.

Para a medição da temperatura, Varejão-Silva (2006) elenca uma série de termômetros:

1) Termômetros convencionais: constituídos por um tubo que em seu interior apresenta um capilar conectado a um bulbo preenchido por um líquido sensível à variação da temperatura. A leitura da temperatura é feita por meio de uma escala fixa ao tubo do aparelho, conforme Figura 2.4.

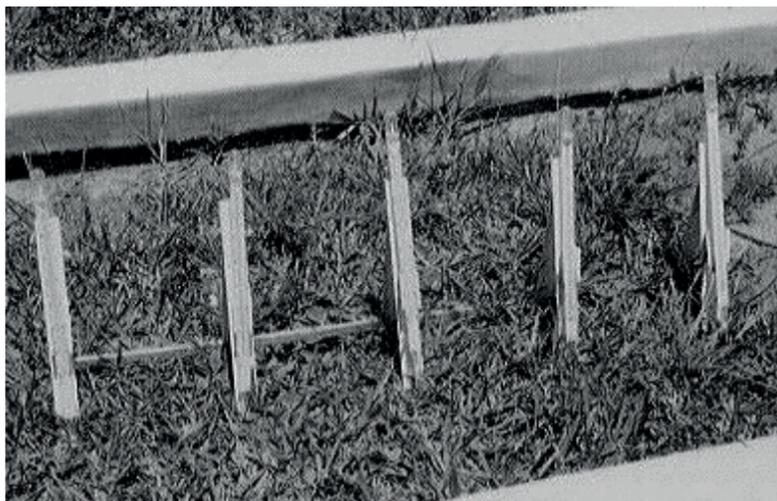
Figura 2.4 | Termômetro convencional



Fonte: [http://www.incoterm.com.br/imgs\\_textos/\\_121\\_incoterm/large/5\\_6123-5823-15.jpg](http://www.incoterm.com.br/imgs_textos/_121_incoterm/large/5_6123-5823-15.jpg). Acesso em: 14 out. 2018.

2) Termômetro de solo, ou geotermômetro: são termômetros comuns, que servem para a observação da temperatura no interior do solo, conforme Figura 2.5. Normalmente são dispostos de acordo com a quantidade de profundidade que se deseja determinar as temperaturas do solo.

Figura 2.5 | Termômetro de solo

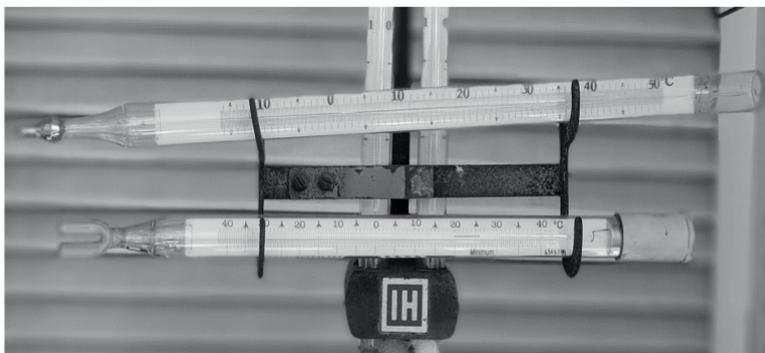


Fonte: <https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/files/2014/08/termsolo.jpg>. Acesso em: 14 out. 2018.

3) Termômetro de máxima e termômetro de mínima: destinam-se a indicar a temperatura mais alta e mais baixa durante um intervalo de tempo. O termômetro de máxima tem uma característica especial em sua constituição que impede o retorno do mercúrio ao bulbo quando a temperatura ambiente começa a diminuir, indicando sempre a temperatura máxima obtida. Já o termômetro de mínima possui em seu interior o tubo capilar, que contém um índice de fibra, em forma de halteres, imerso no álcool, que sempre ficará na posição de temperatura mínima obtida. Nos abrigos

convencionais o termômetro de mínima é instalado no mesmo suporte do de máxima, porém em posição horizontal, enquanto que o de máxima fica em posição inclinada, conforme Figura 2.6.

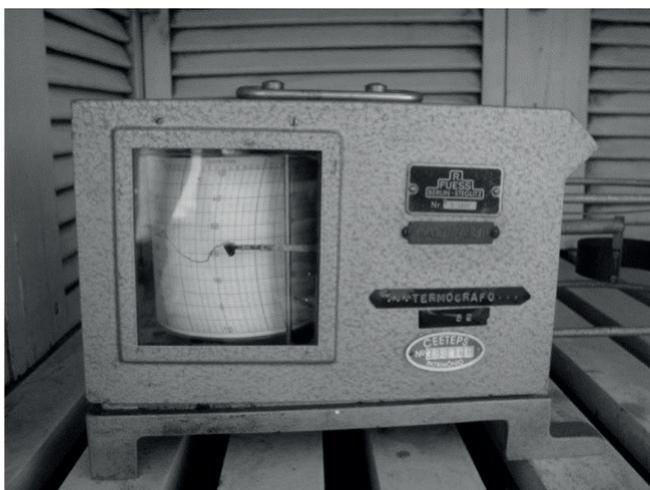
Figura 2.6 | Termômetro de máxima e termômetro de mínima



Fonte: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/Media/Hidrometeorologia/Galeria%20de%20Fotos/Termometros-Inmet.jpg>. Acesso em: 14 out. 2018.

4) Termógrafos mecânicos: instrumentos destinados a fornecer um registro contínuo da temperatura durante um certo intervalo de tempo. A variação da temperatura ambiente aciona um sistema de alavancas conectado a uma pena registradora que, ao se movimentar, registra em um diagrama de papel as temperaturas do período analisado (Figura 2.7).

Figura 2.7 | Termógrafo mecânico



Fonte: <http://www2.fatecjuhu.edu.br/estacao/view/images/instrumentos/termografo.jpg>. Acesso em: 14 out. 2018.



### Pesquise mais

Atualmente a tecnologia é extensamente utilizada na previsão do tempo, possibilitando a coleta de dados meteorológicos automática por meio de equipamentos para obter informações sobre temperatura, direção e velocidade dos ventos, umidade relativa, chuva, pressão atmosférica e radiação solar. Assista ao vídeo indicado a seguir e confira as tecnologias envolvidas na previsão do tempo. Nele você encontrará os equipamentos que são utilizados para a coleta automática dos dados climatológicos.

TECMUNDO. Tecnologia: confira as tecnologias envolvidas na previsão do tempo [Entrevista SIMEPAR].

Como foi visto, a temperatura exerce um papel fundamental para o desenvolvimento das culturas agrícolas, mas também é um fator crítico que pode comprometer toda uma safra. Saber interpretar as informações acerca dessa variável climatológica e como ela interferirá na produtividade agrícola é seu papel no exercício de sua profissão.

### Sem medo de errar

Olá, aluno. Você aprendeu sobre a temperatura e seus efeitos sobre a produção vegetal. Aprendeu também que é importante monitorar a temperatura do solo e do ar para poder entender melhor o comportamento da atmosfera. Além disso entendeu quais são os instrumentos utilizados normalmente para medição da temperatura.

Chegou a hora de colocar esses conhecimentos em prática, lembrando que no nosso contexto de aprendizagem você é um pesquisador da Embrapa, atuando no suporte a produtores rurais, e foi designado para mapear as condições para plantio das culturas de verão. Esse mapeamento inclui, dentre outras atividades, a coleta de dados, possibilitando entender os ciclos diários de temperatura. Isso permitirá a abordagem direcionada da cultura em função da temperatura ideal para seu desenvolvimento. Para isso você conta com as informações de séries históricas de temperatura, mas para melhor checá-las você foi escalado para monitorar durante um ano as temperaturas em fazendas no Centro Oeste do Brasil. Seu trabalho é explicar a importância do projeto ao produtor que receberá os equipamentos de coleta de dados e fazer com que ele colete os dados corretamente nos prazos estabelecidos. Como você faria para escolher as propriedades a serem trabalhadas? Por que fazer o levantamento da temperatura nas propriedades? Esse pode ser um dos questionamentos dos produtores.

Será que os produtores conhecem esses equipamentos para medição da temperatura?

Antes de mais nada você precisa identificar as propriedades que vão participar do projeto. Escolha aquelas nas quais a produção agrícola é plena e se possível dê preferência às que têm várias culturas implantadas. Lembre-se de que está analisando dados para culturas de verão.

Identificadas as propriedades, é hora de explicar aos produtores o projeto e destacar a questão do levantamento de dados de temperatura.

Explique a eles a importância desse elemento climático no desenvolvimento das culturas, sua importância nos processos de fotossíntese e como ela afeta a produção. Mostre que a temperatura afeta as diversas fases de desenvolvimento das plantas, e nos casos das culturas de verão essa influência vai desde a emergência das plantas, passando pelo desenvolvimento dos frutos (vagens, grãos), impactando portanto na produtividade da lavoura e na rentabilidade da colheita.

Ao explorar a temperatura do ar, não se esqueça de falar sobre a importância do monitoramento da temperatura do solo. Argumente sobre seus efeitos no resultado final das lavouras plantadas.

Após essa explicação está na hora de tratar dos equipamentos que serão utilizados. Mostre cada um deles, explicando como devem ser manuseados e quais cuidados devem ser observados ao longo do projeto.

Faça as instalações dos equipamentos sempre acompanhado da pessoa que será responsável pela coleta de dados, novamente explicando como deve ser a coleta de dados e o registro das informações.

Ademais agora é acompanhar de perto, fazendo contato com cada um dos responsáveis, retirando dúvidas e tabulando os dados.

## Avançando na prática

### **Geadas e a produção do café**

#### **Descrição da situação-problema**

Tomar aquele cafezinho quentinho pela manhã ou ao longo do dia é um dos prazeres que a maioria das pessoas fazem rotineiramente. O que poucos talvez saibam é o quanto é difícil fazer com que o café saia da lavoura e chegue até o consumidor final. E um dos fatores que afetam a produção do café é a geada causada pela baixa temperatura do ar.

Você, como profissional especializado na cultura do cafeeiro, foi chamado por um produtor rural que tem interesse em plantar café. Dessa vez vocês vão conversar sobre a topografia do terreno e as dificuldades que ela pode trazer, pois a região é bem fria e ele está com medo de errar no planejamento. Ao chegar na propriedade você identifica que a ela possui relevo distinto nos locais que ele deseja conduzir a cultura. Parte está em local plano, parte em uma baixada com terreno côncavo e outra parte do terreno é uma encosta com perfil convexo.

Agora que vem a dúvida: sabendo que a região tem períodos de invernos de baixas temperaturas e até mesmo histórico de geadas, qual é a recomendação que você daria a ele? Qual condição de topografia de terreno você indicaria, considerando o fator clima para sua decisão?

### **Resolução da situação-problema**

Verifique que sua tarefa não é das mais fáceis, pois nessa situação você tem que entender sobre diversos fatores (clima, topografia, cultura, economia). Por isso a agrometeorologia é uma ferramenta de tomada de decisão. Mas vamos analisar cada caso.

Terreno plano está sujeito à estagnação de ar frio, pois não há para onde escorrer, favorecendo a ocorrência de geada. Essas áreas devem ser reservadas para culturas anuais durante o verão ou aquelas resistentes ao frio. Pode-se utilizar também culturas que permitam arborização. No entanto, se o terreno plano estiver situado em uma chapada, ou seja, em uma posição mais elevada que seu entorno, então essa área deve ser mantida com vegetação arbórea, para minimizar o resfriamento noturno e reduzir a produção de ar frio para as áreas mais baixas.

No caso do terreno ser côncavo, sua configuração em forma de bacia facilita o acúmulo de ar frio, o que torna frequente a ocorrência de geadas. Tal configuração deve ser reservada para cultivos anuais de verão ou para florestamento.

Terreno convexo geralmente tem menor frequência de geadas, desde que não esteja circundado por terrenos mais elevados. Essa configuração facilita o escoamento do ar frio para outras áreas.

Portanto recomende para ele o plantio na área de terreno convexo.

**1.** Metodologia para determinação da temperatura média de uma localidade, amplamente difundida no Brasil, e que utiliza para seu cálculo a média entre coletas de dados de temperaturas em três horários preestabelecidos, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial. Essa metodologia é utilizada por um órgão nacional vinculado ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

Com relação a este órgão, podemos afirmar que se trata de:

- a) Instituto Agronômico de Campinas (IAC).
- b) Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).
- c) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).
- d) Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE).
- e) Instituto de Metrologia (INMETRO).

**2.** A temperatura do solo é condicionante para que haja o correto e pleno desenvolvimento das culturas. Solos expostos a intensa radiação solar e desprovidos de cobertura têm sua temperatura aumentada quando comparados com solos que possuem algum tipo de cobertura sobre sua superfície.

Com base nessa informação, avalie as asserções a seguir:

- I – Restos de culturas podem ser utilizados para cobertura do solo.
- II – Derivados plásticos escuros podem ser utilizados para cobertura do solo.
- III – Plantas cultivadas para adubação verde podem ser utilizadas para cobertura do solo.
- IV – Derivados plásticos claros podem ser utilizados para cobertura do solo.

Escolha a alternativa a seguir que contemple as asserções apresentadas que dispõem de potencial de redução da temperatura do solo quando utilizadas:

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

**3.** A temperatura expressa a quantidade de calor que um corpo absorve ao ser submetido a uma certa quantidade de radiação. No caso dos solos agrícolas, sua temperatura é maior em sua superfície, pois é ela que fica exposta diretamente à radiação solar, porém verifica-se um gradiente dessa temperatura ao longo do perfil do solo. Essa transferência de calor ao longo do perfil do solo está associada a um fenômeno físico.

Quanto ao processo descrito, a que podemos associá-lo?

- a) Condução.

- b) Convecção.
- c) Radiação.
- d) Translação.
- e) Rotação.

## Elementos climáticos: umidade do ar e evapotranspiração

### Diálogo aberto

Caro aluno!

Após estudar sobre temperatura e aprender como ela tem influência sobre os cultivos, nesta seção serão abordados os temas umidade e evapotranspiração. Com certeza você já ouviu falar bastante em umidade, mas já ouviu falar em período de molhamento e seus impactos sobre as culturas? Sabe dizer quais instrumentos são utilizados para medição dessa variável? E psicrometria? Do que se trata? Você terá a oportunidade de saber mais sobre esse importante assunto e vai ver que a umidade está diretamente ligada à evapotranspiração. Mas o que será evapotranspiração? Há como medir esse parâmetro? Como e onde utilizar os conhecimentos obtidos aqui?

Para ajudar no seu trabalho de pesquisador da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e no seu papel de levar informação de qualidade para os produtores, independentemente do tamanho de propriedade, recursos disponíveis ou tecnologias adotadas, é muito importante que desenvolva os conteúdos aqui apresentados, pois precisará deles para as situações que virão pela frente.

Estamos chegando à época de cultivo da cultura do milho na região de Patos de Minas, em Minas Gerais. Por lá a cultura do milho exerce grande importância no cenário econômico, e os produtores contam com o apoio da Embrapa para obter as informações sobre o uso correto da irrigação durante a safra. Você começou a explicar que o correto manejo da irrigação depende da evapotranspiração, e logo neste assunto surgiram dúvidas sobre como o manejo do milho pode afetar a evapotranspiração. Será que a evapotranspiração sofre interferência de fatores externos? O manejo da cultura pode estar afetando as condições locais e com isso afetando também a evapotranspiração? Será que as características do solo também podem causar alguma influência no processo da evapotranspiração? Portanto cabe a você explicar de forma clara esses fatores de interferência. Essa tarefa não é fácil, mas com toda certeza você a desempenhará da melhor forma possível.

Agora é com você, aluno. Retorne às seções anteriores e, revendo os conteúdos, faça a associação entre cada um dos fatores climáticos estudados. Entenda como os fatores climáticos e a combinação entre eles pode afetar

a produtividade das culturas. Esse entendimento será fundamental para o exercício de sua profissão.

Desejo a você bons estudos!

### Não pode faltar

Conforme foi visto, a atmosfera é composta principalmente de gases e de outros componentes em menor escala. Um desses componentes é o vapor d'água. Sua existência e variabilidade espacial e temporal exerce grande influência sobre os processos físicos da natureza, tais como transporte de calor, evaporação, interferência sobre os processos de radiação solar e radiação terrestre.

Para a agropecuária, o vapor d'água presente na atmosfera desempenha papel importante em vários processos, podendo relacioná-lo à ocorrência de pragas e doenças nas plantas, ao conforto animal, ao condicionamento e à conservação de produtos agrícolas, dentre outros inúmeros fatores.

A quantidade de vapor d'água presente na atmosfera pode variar desde sua nulidade, quando por exemplo estamos falando em desertos na Terra, até valores próximos a 4%, se considerarmos o volume do ar úmido nas regiões quentes e úmidas

A pressão atmosférica é composta pela soma de todas as pressões parciais de seus constituintes. Isso quer dizer que todos os constituintes vão exercer pressão sobre a superfície independentemente da presença dos outros.

O que vamos fazer agora é separar, para efeitos de estudos, os componentes da pressão atmosférica ( $P_{atm}$ ). Ou seja, teremos a pressão exercida pelo vapor d'água ( $e_a$ ) somada à pressão exercida pelos demais componentes da atmosfera ( $P_{ar seco}$ ), dessa forma representaremos matematicamente como:

$$P_{atm} = P_{ar seco} + e_a$$

As unidades de pressão costumeiramente utilizadas são o Pascal, coluna de mercúrio ou ainda a atmosfera. Assim,  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1.013,3 \text{ mbar} = 1.013,3 \text{ hPa} = 101,33 \text{ kPa} = 0,10133 \text{ mPa}$ .



#### Assimile

É muito importante entendermos o conceito de pressão. Quando aplicamos uma força sobre uma determinada área, dizemos que estamos exercendo pressão. Na atmosfera não é diferente: há uma coluna de ar sobre nossas cabeças que exerce pressão sobre nosso corpo. À medida

que subimos uma montanha, a coluna de ar fica menor e, portanto, a pressão exercida sobre nosso corpo também é menor. A representação da pressão se dá pelas unidades de milímetros de mercúrio (mmHg), atmosfera (atm), bar ou ainda pelo Pascal.

A pressão exercida pelo vapor d'água ( $e_a$ ) pode assumir valor zero, quando o ar está totalmente seco, e variar até um valor máximo de saturação. No ponto de saturação é denominada pressão de saturação do vapor d'água e representada por  $e_s$ . Para o cálculo da pressão de saturação do vapor d'água utilizamos a equação proposta por Tetens descrita a seguir, onde  $e_s$  é expresso em kPa e a temperatura em °C:

$$e_s = 0,6108 \times 10^{\frac{7,5T_{ar}}{237,3+T_{ar}}}$$

O déficit de saturação de vapor do ar ( $\Delta e$ ) é obtido pela diferença entre  $e_s$  e  $e_a$ :

$$\Delta_e = e_s - e_a$$

Também podemos quantificar quanto de vapor d'água a atmosfera contém, relacionando a massa de vapor pelo volume de ar. Essa variável recebe o nome de massa específica ou umidade atual (UA), sua unidade é gramas de  $H_2O$  por  $m^3$  de ar e é dada pela equação a seguir, onde T é expressa em Kelvin:

$$UA = 2168 \times \frac{e_a}{T}$$

Para calcularmos a umidade de saturação (US) utilizaremos a mesma equação, porém substituindo os valores de  $e_a$  pelos valores de  $e_s$ . Assim teremos:

$$US = 2168 \times \frac{e_s}{T}$$

E a partir dessas duas equações podemos definir a equação para determinação da umidade relativa do ar. Ela é definida pela razão entre a umidade atual (UA) e a umidade de saturação (US), conforme a seguir:

$$UR = \frac{UA}{US} \times 100 = \frac{2168 \frac{e_a}{T}}{2168 \frac{e_s}{T}} = \frac{e_a}{e_s} \times 100$$

Muitas vezes, podemos determinar esses valores utilizando instrumentos. Para a determinação da umidade relativa, são utilizados os higrômetros ou os psicrômetros.

O higrômetro se baseia na propriedade que algumas substâncias têm em absorver a umidade do ar, podendo ser do tipo analógico ou do tipo digital. O analógico é feito a partir de um invólucro de vidro ou cerâmica que abriga um polímero que retém a umidade do ar e, através de um circuito ligado à placa, gera uma corrente de acordo com a água presente no material. Já os digitais geralmente são formados por dois microssensores perfeitamente calibrados, e os dados são convertidos para o formato digital por meio de um chip localizado dentro do próprio circuito.

O psicrômetro é um aparelho de constituição simples, composto por dois termômetros, um com o bulbo seco para medição da temperatura real do ar, e outro com o bulbo molhado, envolto em uma gaze que sempre permanece umedecida. Quanto menor for a pressão de vapor do ar, menor será a temperatura do bulbo molhado em relação ao bulbo seco. Quanto maior a diferença entre essas temperaturas, maior o poder evaporante do ar, indicando que a concentração de vapor d'água na atmosfera está distante do valor saturante, isto é, que a UR é baixa. Por outro lado, quando as temperaturas desses termômetros estão próximas, indica que a concentração de vapor d'água na atmosfera está próxima ao valor saturante, e, portanto, a UR é alta.

A equação psicrométrica é dada pela fórmula a seguir, onde  $T_s$  é a temperatura de bulbo seco expressa em °C,  $T_u$  é a temperatura de bulbo úmido expressa em °C,  $P$  é a pressão atmosférica expressa em kPa, e  $A$  é a constante do psicrômetro dada por  $0,00067\text{ °C}^{-1}$  (psicrômetros não aspirados) ou por  $0,00080\text{ °C}^{-1}$  (psicrômetro aspirado):

$$e_a = e_{su} - AP(T_s - T_u)$$



### Exemplificando

Em um abrigo meteorológico, numa hora qualquer, foram levantados os seguintes dados meteorológicos: pressão = 95,2 kPa,  $T_s = 25,3\text{ °C}$  e  $T_u = 19,8\text{ °C}$ . Os dados de temperatura foram coletados em um psicrômetro não ventilado. Para essa situação é necessário calcular o teor de umidade do ar. Qual seria seu valor?

Para determinarmos o valor da umidade relativa, precisamos determinar os valores de  $e_s$  e  $e_a$ , a partir deles, calcular a umidade relativa.

$$e_s = 0,6108 \times 10^{\frac{7,5 \times 25,3}{237,3 + 25,3}} = 3,22\text{ kPa}$$

$$e_{su} = 0,6108 \times 10^{\frac{7,5 \times 19,8}{237,3 + 19,8}} = 2,31\text{ kPa}$$

$$e_a = 2,31 - 0,0008 \times 95,2 \times (25,3 - 19,8) = 1,89\text{ kPa}$$

$$UR = \frac{e_a}{e_s} \times 100 = \frac{1,89}{3,22} \times 100 = 59\%$$

Conhecendo o valor de  $e_a$ , é possível determinar o valor da umidade relativa.

No higrômetro de fio de cabelo, a sua operação se baseia na propriedade que o fio de cabelo humano livre de gorduras tem de aumentar seu comprimento ao absorver umidade e de diminuir em comprimento quando a perde. Ao fixar um feixe de cabelos a um ponteiro contendo um reservatório de tinta e este sobre um cilindro rotativo movido por um mecanismo de relojoaria, tem-se o higrômetro registrador ou higrógrafo.

Sensores capacitivos são utilizados em estações meteorológicas automáticas. Neles o sensor constitui-se de um filme de polímero, que absorve vapor d'água do ar alterando a capacitância de um circuito ativo.

Se resfriarmos o ar até o ponto no qual ele atinge a saturação, dizemos que foi atingida a temperatura do ponto de orvalho. Ou seja, a partir desse ponto teremos a formação de orvalho. Sua determinação é dada pela equação a seguir, em que a temperatura do ponto de orvalho é expressa em °C e a pressão de vapor é dada por kPa:

$$T_o = \frac{237,3 \log \frac{e_a}{0,6108}}{7,5 - \log \frac{e_a}{0,6108}}$$

Quando a temperatura atinge o ponto de condensação da água, ou seja, atinge a temperatura do ponto de orvalho, há a condensação da água e conseqüente deposição sobre uma superfície. Mais importante do que a quantidade de orvalho que está sobre a superfície, para o profissional da área agrícola, é o conhecimento do tempo que o orvalho permanece sobre as plantas. Esse é um indicador importante na agricultura, pois afeta as operações agrícolas como colheitas e as pulverizações, além de proporcionar ambiente favorável para a ocorrência de pragas e doenças.

A estimativa da duração do período de molhamento pode ser feita por meio de fórmulas empíricas, sensores eletrônicos, porém o método mais simples é determinar o número de horas com umidade do ar acima de um determinado valor. Normalmente trabalha-se com número de horas de umidade relativa acima de 90% ( $NHUR \geq 90\%$ ). Essa informação é obtida nas estações meteorológicas utilizando os dados registrados em um termohigrógrafo ou higrógrafo.

A permanência de água sobre a planta é quantificada pela duração do período de molhamento (DPM), sendo classificada da seguinte forma:

- Curta duração  $\Rightarrow$  se  $DPM < 6$  horas.
- Média duração  $\Rightarrow$  se  $6 \leq DPM \leq 10$  horas.
- Longa duração  $\Rightarrow$  se  $DPM > 10$  horas.

Para a grande maioria das doenças de plantas associadas ao DPM, há a necessidade de uma sequência de dias com DPM superior a 10 horas.

É muito importante lembrar que há uma interação entre os fatores climáticos para o pleno desenvolvimento de pragas e doenças, ou seja, é pela combinação de fatores como temperatura e umidade que ocorrerá o pleno desenvolvimento de um patógeno ou o ataque de uma praga.

É muito comum usarmos o termo evapotranspiração quando estamos nos referindo a alguns processos ligados às culturas, tal como quando estamos trabalhando em projetos de irrigação.

O termo evaporação é usado quando queremos expressar um processo físico de mudança de fase de um líquido, no nosso caso a água. Assim na evaporação ocorre a mudança de fase, passando a água de estado líquido para gasoso.

Ao usarmos transpiração, referimo-nos à perda de água na forma de vapor para a atmosfera pelas plantas. A atmosfera atua no sentido de puxar a água da planta, e, quanto mais seco tiver o ar, maior é a força exercida pela atmosfera.

Então podemos definir evapotranspiração como o processo simultâneo em que há a transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera, ou seja, há a perda de água do solo para a atmosfera por meio da evaporação e a perda de água da planta para a atmosfera pela transpiração. Em função de certas características, definiremos outros termos mais abrangentes sobre evapotranspiração a seguir.

A evapotranspiração potencial (ETP) é a quantidade de água que seria utilizada por uma extensa superfície vegetada com grama, com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem restrição hídrica (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007). Ela pode ser utilizada como indicativo da demanda evapotranspirativa da atmosfera de um local, num determinado período.

Ainda segundo os autores, a evapotranspiração nessas condições é tomada como referência (ETo) quando se quer conhecer a evapotranspiração de uma cultura, em condições não padrão. Portanto, se vamos trabalhar com a quantidade de água verdadeiramente utilizada pela superfície vegetada com grama, em crescimento ativo, que esteja cobrindo todo o solo, podendo

ter ou não restrição hídrica, estamos tratando da evapotranspiração real (ETR). Para o caso em que não há restrição hídrica, consideramos que a ETR apresenta o mesmo valor da ETP e concluímos, portanto, que a ETR sempre será menor ou igual a ETR.

Já a evapotranspiração de oásis (ETO) é aquela quantidade de água utilizada por uma pequena área vegetada (irrigada) que é circundada por uma extensa área seca, o que podemos concluir que ETO é maior que a ETP, pois a área seca circundante gera maior energia sobre o sistema.



### Refleta

As atividades humanas são apontadas como um dos grandes vilões no que diz respeito às alterações ambientais. No texto *Bioma: por dentro da floresta amazônica*, há a seguinte referência: “Se a evapotranspiração e seu papel na manutenção do equilíbrio ecológico forem prejudicados, o que pode acontecer, por exemplo, com o desmatamento de grandes áreas, haverá um impacto significativo na região amazônica – e muito além dela” (WORLD WIDE FUND FOR NATURE – BRASIL, [s.d., s.p.]).

Será que é possível relacionar os efeitos da evapotranspiração com o desequilíbrio ecológico na região amazônica? Como as ações da agricultura interferem nesse processo?

Agora vamos pensar em uma cultura qualquer. Nas diversas fases da cultura há a demanda de água. Assim podemos definir a evapotranspiração de cultura (ETc), que é a quantidade de água utilizada pela cultura, nas diversas fases de seu desenvolvimento, não existindo restrição hídrica. Matematicamente é obtida pela equação:

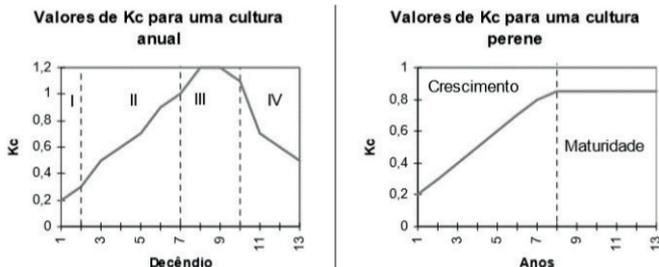
$$ETc = ETP \times Kc$$

Kc é o coeficiente da cultura e varia de acordo com cada fase fenológica de cada espécie e variedades cultivadas, conforme apresentado na Figura 2.8. O Kc é dependente do índice de área foliar (IAF), e seus valores variam de 0 a 1,2.

Para culturas anuais, conforme há o desenvolvimento da planta, fases da germinação ao florescimento, há o aumento da área foliar e, portanto, aumento do Kc. Posteriormente ao florescimento, fases de enchimento de frutos e maturação, há a diminuição do Kc, considerando que haverá a diminuição da área foliar da cultura.

Já para as culturas perenes, o valor de Kc é crescente durante os anos que precedem a maturidade e, daí em diante, torna-se praticamente constante, com pequenas variações sazonais, função da variação do IAF.

Figura 2.8 | Relação entre subperíodos fenológicos e Kc para cultura anual; e entre idade e Kc para cultura perene



Fonte: Pereira; Angelocci; Sentelhas (2007, p. 80).

Segundo Camargo e Pereira (1990), o valor de Kc pode ser estimado em função da cobertura do terreno por  $Kc = 1,2 (\% \text{ cobertura do terreno} / 100)$ .



### Assimile

Vamos entender um pouco mais sobre os valores de Kc e sua aplicação. Por exemplo, se uma cultura mais o mato das entrelinhas cobrirem 90% do terreno, o  $Kc = 1,2 \times (90 / 100) = 1,08$ . Essa equação não se aplica a um gramado onde 100% de cobertura do terreno corresponde a  $Kc = 1$ . Valor de  $Kc > 1$  significa que a cultura é mais eficiente na utilização da energia do ambiente do que um gramado. Isso se dá principalmente em função da maior altura da cultura, que resulta em maior interação aerodinâmica com a atmosfera (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

Alguns fatores são determinantes para a evapotranspiração, podendo destacar os fatores climáticos, os fatores relacionados à própria planta e aqueles relacionados ao manejo da cultura e ao solo.

Quanto aos fatores climáticos que interferem na evapotranspiração podemos citar o saldo de energia entre a radiação incidente e o albedo da vegetação, o aumento da temperatura ao longo do dia associada à umidade relativa do ar, o vento responsável pelo transporte de energia de uma área mais seca para outra mais úmida e pela remoção do vapor d'água próximo às plantas.

No que se refere às plantas, sua arquitetura foliar, aspectos morfológicos, albedo, índice de área foliar, altura das plantas e profundidade do sistema radicular são fatores que, combinados, podem aumentar a demanda da evapotranspiração.

Quanto ao manejo da cultura e do solo a evapotranspiração pode ser afetada pelo espaçamento ou densidade de plantio, pela orientação das linhas

de plantio em relação aos ventos predominantes, pela capacidade que cada tipo de solo tem de armazenar água ou ainda por qualquer impedimento físico ou químico que altere a dinâmica das raízes das plantas.



### Pesquise mais

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), originalmente introduzida sob o termo evapotranspiração potencial (ETP), é um importante parâmetro agrometeorológico, muito utilizado em diversos estudos da meteorologia, da climatologia e da hidrologia. No artigo a seguir você terá a oportunidade de conhecer os métodos utilizados para estimativa desse parâmetro e assim aprofundar seus estudos.

CARVALHO, Luiz Gonsaga de *et al.* Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesqui. Agropecu. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, set. 2011.

Prezado aluno, finalizamos o estudo dos elementos climáticos. Nesta seção entendemos um pouco mais sobre a umidade relativa e a evapotranspiração e como esses elementos têm efeitos diversos para a agricultura, tanto de forma positiva, quando falamos de desenvolvimento de lavouras, quanto de forma negativa, quando associadas ao desenvolvimento de pragas e doenças.

É muito importante praticar os conhecimentos adquiridos ao longo desta unidade. Faça a interação dos conhecimentos sobre radiação solar, temperatura e umidade relativa. Dessa forma você conseguirá analisar a relação entre os fatores climáticos de uma região e sua influência na produtividade de uma cultura.

### Sem medo de errar

A cultura do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, participando desde a alimentação animal até o uso nos diversos processos da indústria alimentícia. No Brasil o milho é muito utilizado na alimentação humana e possui grande impacto quando associado à alimentação de regiões de baixa renda.

Atuando como pesquisador da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), é seu papel levar informação de qualidade para os produtores, independentemente do tamanho de propriedade, recursos disponíveis ou tecnologias adotadas.

Estamos chegando à época de cultivo da cultura do milho na região de Patos de Minas, em Minas Gerais. Por lá a cultura do milho exerce grande importância no cenário econômico, e os produtores contam com o apoio da Embrapa para que as informações sobre o uso correto da irrigação durante a safra. Você começou a explicar que o correto manejo da irrigação depende da evapotranspiração, e logo nesse assunto surgiram dúvidas sobre como o manejo do milho pode afetar a evapotranspiração. Será que a evapotranspiração sofre interferência de fatores externos? O manejo da cultura pode estar afetando as condições locais e, com isso, afetando também a evapotranspiração? Será que as características do solo também podem causar alguma influência no processo da evapotranspiração? Portanto cabe a você explicar de forma clara esses fatores de interferência.

Comece explicando para os produtores que há diferenças entre o manejo da cultura e o manejo do solo, e que ambos podem afetar a evapotranspiração, podendo aumentar a necessidade de irrigação.

Fale sobre a densidade de plantio, ou seja, número de plantas por hectare plantado, e que ela pode trazer competição entre plantas por água. Assim, espaçamento menor resulta em competição intensa pela água, o que causa aprofundamento do sistema radicular para aumentar o volume de água disponível. Espaçamento maior permite um sistema radicular mais superficial, mas permite também mais aquecimento do solo e das plantas, e circulação mais livre do vento entre as plantas, tendo como consequência o aumento da evapotranspiração.

Quanto à orientação do plantio, explique que plantios orientados perpendicularmente aos ventos predominantes tendem a extrair mais energia do ar do que aqueles orientados paralelamente. Entender essa predominância do vento em cada propriedade é de extrema importância. Uma solução para regiões de ventos constantes seria o uso de quebra-ventos.

A capacidade de armazenamento de água pelos solos também deve ser explorada por você. Solos argilosos têm maior capacidade de armazenamento de água do que os arenosos e são capazes de manter uma taxa de evapotranspiração por período mais longo. No entanto, em solos arenosos o sistema radicular tende a ser mais profundo, compensando a menor retenção de água.

Outros fatores merecem atenção e não podem ser deixados de lado. Você pode caracterizar situações de impedimentos químicos e também impedimentos físicos. Essas situações fazem com que o desenvolvimento radicular seja afetado, comprometendo a planta. O que vai ocorrer é que a planta não conseguirá aproveitar todo o volume de solo. Dessa forma o risco de perdas das plantas por conta do encharcamento do solo e consequente asfixia das

raízes é grande. Como também será grande quando ocorrer períodos de estiagem ou nenhuma chuva, fazendo com que a planta busque água em maiores profundidades do solo, porém as camadas impeditivas não permitirão esse acesso das raízes à água, levando assim à morte da cultura.

Para concluir, não deixe de correlacionar os demais fatores meteorológicos e a importância que todos têm na produção da cultura. Este é o seu papel como pesquisador da Embrapa: disseminar conhecimento para o homem do campo.

## Avançando na prática

# Variação da evapotranspiração

### Descrição da situação-problema

Uma das vantagens do uso da irrigação é a possibilidade de produção em larga escala mesmo em condições de baixa pluviosidade. Esse tipo de tecnologia está bastante difundido e de acesso aos produtores rurais, que podem até mesmo contar com fontes de financiamento para implantação de sistemas de irrigação em suas propriedades. Você trabalha com consultoria em irrigação e, ao visitar um cliente, foi questionado sobre a diferença de produtividade de sua lavoura irrigada em sistema de pivô central. A reclamação é de que, nas áreas mais externas do equipamento, as plantas não estão com o mesmo vigor das plantas no interior do equipamento. Ao checar a área irrigada, você percebe a diferença de crescimento relatada pelo produtor. Algumas características chamam sua atenção: a cultura está instalada em uma região muito seca, característica de caatinga, há ventos fortes predominantes que sopram para o interior da plantação, o calor é muito intenso e o sistema aplica a mesma lâmina de irrigação em toda a área irrigada. Nesse momento você se questiona: será que esses fatores estão influenciando a produção da lavoura? O que pode ser feito?

### Resolução da situação-problema

O que pode estar acontecendo é que, em função das características apresentadas pela região, com ventos fortes provenientes de região de caatinga associados à alta temperatura, há diferenças na quantidade de água evapotranspirada pela cultura, ou seja, a evapotranspiração da cultura está ocorrendo de forma diferente entre a bordadura da área irrigada e seu interior. Na bordadura está ocorrendo a chamada evapotranspiração de oásis,

já que a área é circundada por uma extensa área seca, de onde provém energia por advecção (transporte lateral de calor por deslocamento da massa de ar), aumentando a quantidade de energia disponível, e no interior da área já há um maior equilíbrio e há a evapotranspiração potencial da cultura. Como a evapotranspiração de oásis é maior do que a evapotranspiração potencial, há a diferença de produção da lavoura. Assim, sabendo que a demanda por água está maior nas bordaduras da área irrigada, você deve recomendar a aplicação de lâminas variáveis, aumentando a quantidade nas áreas externas do pivô central.

### Faça valer a pena

**1.** A letra “e” representa a pressão parcial do vapor d’água. A pressão de saturação do vapor d’água é representado por “es”. Se o objetivo é apresentar a pressão real de vapor d’água, então é simbolizado por “ea”. Dentre as variáveis climatológicas uma delas é representada pela relação entre a pressão atual de vapor d’água (ea) e a pressão de saturação do vapor d’água (es).

A qual variável climatológica o texto-base está se referindo?

- a) Temperatura.
- b) Umidade relativa.
- c) Radiação solar.
- d) Vento.
- e) Evapotranspiração.

**2.** Ao analisarmos a capacidade de transpiração de uma planta, relacionamos a dimensão transpirante da folha, ou seja, sua superfície e seu tamanho. Portanto o consumo de água pela planta está relacionado diretamente ao tamanho da superfície foliar. Isso quer dizer maior superfície foliar, maior perda de água e consequentemente maior necessidade de reposição de água.

De acordo com o estudado, a definição dada expressa:

- a) Evapotranspiração da cultura.
- b) Índice de área foliar.
- c) Índice de doença de plantas.
- d) Albedo das culturas.
- e) Pressão de saturação.

**3.** Em dias de baixa temperatura, o orvalho é encontrado depositado sobre as superfícies (plantas, objetos, veículos, outros). Para que isso ocorra é necessário que a água condense em temperatura abaixo da temperatura do ponto de orvalho. A temperatura do ponto de orvalho é aquela em que o ar é resfriado sob pressão constante e

sem o acréscimo ou retirada de vapor, até que haja sua saturação. Por si só o orvalho não traz maiores consequências, porém quando ocorre e permanece por um determinado período sobre a planta, pode trazer sérios problemas, como o aparecimento de doenças.

Com relação a esse parâmetro, podemos concluir que se trata de:

- a) Número de horas de frio.
- b) Número de horas de insolação.
- c) Índice de área foliar.
- d) Duração do período de molhamento.
- e) Duração do período de secagem.

## Referências

---

- ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à geografia**. Campina Grande: EDUEPB, 2016. 317 p.
- CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. **Prescrição de rega por método climatológico**. Campinas: Fund. Cargill, 1990. 27 p. (Série Técnico-Científica, 170)
- CARAMORI, P. H. *et al.* Arborização de cafezais e aspectos climatológicos. *In*: MATSUMOTO, S. N. (Ed.). **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista, BA: Edições UESB, 2004. p. 21-42.
- COOPER, J. P. Potential production and energy conversion in temperate and tropical grasses. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v. 40, p. 1-15, 1970.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**. 2006. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam\\_2006\\_v33\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2006_v33_br.pdf). Acesso em: 23 nov. 2018.
- PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, 2007.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife, mar. 2006. (versão digital 2)
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2012.
- WORLD WIDE FUND FOR NATURE – BRASIL. **Bioma**: por dentro da floresta amazônica. [s.d.] Disponível em: [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/areas\\_prioritarias/amazonia1/bioma\\_amazonia/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/amazonia1/bioma_amazonia/). Acesso em: 11 dez. 2018.



# Unidade 3

---

## Balanço hídrico climatológico

### Convite ao estudo

Seja bem-vindo ao estudo do balanço hídrico e suas aplicações. Vamos entender um pouco mais sobre a movimentação da água que está disponível para as plantas.

Ao falarmos sobre balanço hídrico iremos entender que as entradas e saídas de água do sistema solo-planta-atmosfera produzem um efeito positivo ou negativo no saldo total de água presente no solo e que será disponibilizado para a planta.

De posse dessa informação, conseguiremos saber se haverá, por exemplo, a necessidade de repor água através da irrigação. Isso mesmo, é a partir da necessidade da planta que se deve planejar a irrigação. Mas lembre-se que a água deve estar disponível para a planta na matriz do solo que vai funcionar como uma grande caixa retendo a água. Lembre-se de que o estudo do balanço hídrico fornecerá subsídios para que seja feito o manejo correto da irrigação e você como profissional deverá utilizar estes conceitos evitando o uso desnecessário deste que é um dos principais recursos que temos, a água.

Mas será que saber a disponibilidade da água só é importante para planejarmos a irrigação? Com certeza temos outras finalidades para esta informação. E estabelecer o balanço hídrico é o início para gerarmos dados para outras análises. Como a partir de dados climatológicos de uma região é classificado o clima? Será que classificando o clima é possível determinar quais as culturas que estão aptas a serem cultivadas localmente? Utilizar essas informações como ferramenta de manejo, visando nortear ações de planejamento na produção agrícola, possibilitando maior rentabilidade dos cultivos é possível?

Conhecer o tipo climático de uma região fornece indicativos de larga escala sobre as condições médias de pluviosidade e temperatura esperados. Esse é um primeiro indicativo para se planejar todas as atividades humanas (tipos de construção, vestimenta, etc.) e explorações vegetais e animais.

Você aluno é um profissional autônomo que trabalha no segmento agrícola. Sua principal atividade é a elaboração de projetos que serão submetidos à aprovação de órgãos governamentais, empresas privadas ou ainda demandados por agricultores. Esses projetos estão relacionados

principalmente ao estudo de viabilidade de implantação de culturas em diversos locais do país. Para tanto cabe a você providenciar a elaboração do balanço hídrico climatológico e também estabelecer a classificação climática. Esse é o seu desafio. Compreender cada etapa para elaboração do balanço hídrico e após sua elaboração ser capaz de classificar o clima.

Portanto, após o término da unidade, você terá em mãos uma grande e poderosa ferramenta para utilizar em seu exercício profissional. Aproveite as aulas e reforce os conhecimentos já adquiridos nas unidades anteriores. É o conjunto desses conhecimentos que te farão obter sucesso ao longo de sua carreira. Mãos à obra!

# Definição de balanço hídrico

## Diálogo aberto

No contexto agrônômico, entende-se por balanço hídrico a determinação de entradas e saídas hídricas que se verificam em um solo coberto por vegetação, permitindo assim conhecer a quantidade de água disponível às plantas em um dado momento.

Vamos entender melhor o papel do balanço hídrico, sua utilização na irrigação e demais aplicações, o que afeta o balanço hídrico e suas medidas, além de verificar graficamente seu comportamento ao longo de um período.

Lembre-se de que agora você atua como profissional autônomo no segmento agrícola, sendo responsável pela elaboração de projetos que serão base para o estudo de viabilidade de implantação de culturas em vários locais do país e submetidos aos diversos órgãos governamentais, empresas privadas ou ainda demandados por agricultores. Você foi recentemente contratado por uma cooperativa para identificar a potencialidade de implantação da cultura do repolho em Piracicaba no estado de São Paulo. Ao buscar informações sobre a localidade e consultando o balanço hídrico local, você identificou que o excesso hídrico corresponde aos meses de novembro a março, enquanto os períodos de deficiência hídrica de abril a outubro. A ideia dos cooperados é manter a produção ao longo de todo o ano. A dúvida maior é sobre o uso da água, pois devido às secas dos últimos anos os níveis dos reservatórios estão baixos e o governo limitará seu uso em épocas críticas. Será possível cultivar o repolho em qualquer época do ano, levando em consideração o manejo da água? Quais os riscos que encontrarão considerando a necessidade de uso da água? Quais os argumentos que você deve deixar claro para os cooperados?

Como você se comportaria numa situação dessa? Mãos à obra e vamos resolver esse desafio!

## Não pode faltar

Quando falamos em balanço buscamos referir à relação entre entradas e saídas em um determinado sistema. O balanço hídrico faz referência ao saldo de água disponível no solo, ou seja, o saldo entre as entradas e saídas de água em um solo coberto pela vegetação.

Numa escala maior podemos considerar o balanço hídrico como sendo o ciclo hidrológico e o seu resultado nos dando a quantidade de água disponível em rios, lagos, oceanos.

Em uma escala intermediária, por exemplo uma microbacia hidrográfica, o balanço hídrico resultará na água disponível dentro da bacia, ou na vazão disponibilizada pela bacia. Nos períodos de chuva, a vazão aumenta superando a demanda atmosférica por vapor enquanto que nos períodos de seca a vazão diminui, tornando a demanda evaporativa maior.

Ao analisarmos uma área menor ou uma escala local como uma área cultivada, conseguimos com o balanço hídrico saber a variação da quantidade armazenada no solo e assim entender a disponibilidade de água disponível.

Para o agricultor, o balanço hídrico deve ser utilizado quando se pretende conhecer os períodos de maior (e de menor) consumo hídrico pelas culturas. Portanto, o balanço hídrico é fundamental para o planejamento da irrigação, pois é base para a estimativa da necessidade de água pelas culturas.

Vamos entender melhor o balanço de água no solo. Para isso, por meio do esquema da Figura 3.1, podemos verificar que numa determinada porção de solo, a entrada de água é dada pela precipitação (P), orvalho (O), escoamento superficial ( $R_s$ ), escoamento subsuperficial ( $DL_s$ ) e pela ascensão capilar (AC).



### Assimile

Forças capilares são atuantes em todos os solos úmidos. Entretanto, a taxa de movimento e a ascensão são menores do que se espera, considerando apenas o diâmetro dos poros do solo. Uma razão é que os poros do solo não são uniformes. Além disso, alguns poros contêm ar aprisionado, diminuindo ou impedindo o movimento capilar da água. Normalmente, a ascensão resultante da capilaridade é maior em solos com textura fina, mas a taxa de fluxo pode ser muito baixa, devido à força de atrito nos pequenos poros. Os poros maiores encontrados em solos arenosos apresentam pouca resistência por atrito ao rápido movimento capilar da água.

Por outro lado, a retirada de água do sistema é composta pela evapotranspiração (ET), escoamento superficial ( $R_o$ ), escoamento subsuperficial ( $DL_o$ ) e drenagem profunda (DP).

Assim, a variação de armazenamento de água no solo é dada pela equação:

$$\Delta ARM = P + O + R_i + DL_i + AC - ET - R_o - DL_o - DP$$

Analisando as entradas e saídas de água no sistema, a chuva representa a principal entrada de água e a evapotranspiração a principal saída. A quantidade do orvalho é pequena, sendo importante somente em regiões de extrema aridez, podendo assim ser desprezada. A ascensão capilar é muito pequena e somente ocorre em solos de lençol freático superficial e períodos muito secos, sendo desprezível neste cômputo.

Os fluxos horizontais de água, tanto de entrada quanto de saída, se compensam, pois, são muito similares e, portanto, se anulam.

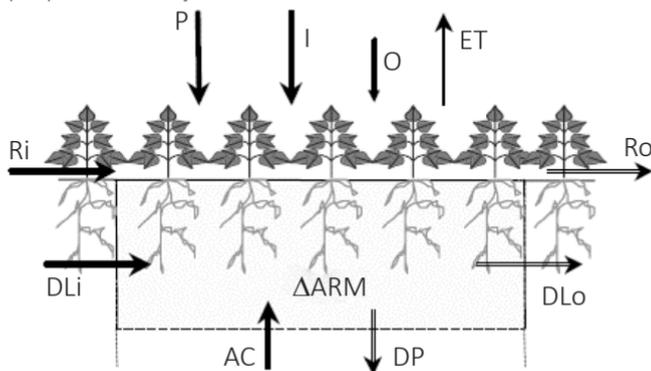
Já a drenagem profunda é a outra via de saída da água no sistema, principalmente em períodos excessivamente chuvosos.

Assim, para análise do balanço hídrico consideramos:

$$\Delta ARM = P - ET_o - DP$$

É importante destacar que o componente de precipitação utilizada no cálculo da variação do armazenamento de água no solo pode ser proveniente tanto da água de chuvas quanto também da irrigação disponibilizada.

Figura 3.1 | Esquema do balanço hídrico



Fonte: Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007, p. 92).



### Exemplificando

Considere você monitorando a variação de água no solo durante um certo período, em que foram coletados os seguintes valores: Precipitação 100 mm, Irrigação 50 mm, Evapotranspiração 200 mm. Considerando que não houve variação da água no solo por outras variáveis do balanço hídrico, qual seria a quantidade armazenada de água no solo? Se a cultura demandasse 80 mm de água disponível para seu pleno desenvolvimento, qual seria sua ação considerando o resultado obtido? Para encontrar o valor do armazenamento de água no solo, basta substituir os valores apresentados na fórmula  $\Delta ARM = P - ET_o - DP$ , ou seja,  $\Delta ARM = (100 + 50) - 200 = -50mm$ . Dessa forma, há um déficit de água no solo de 50 mm. Como a planta demanda 80 mm haveria a necessidade de reposição da disponibilidade de água e a recomendação seria o uso de irrigação.

Não há como falar de uma atividade agrícola sem falarmos da necessidade de água das culturas, principalmente em regiões com ocorrência de períodos de estiagem ou secas regulares.

Para suprir essa necessidade de água o produtor rural pode e deve utilizar a irrigação como fonte de água para sua cultura, o que a torna uma operação fundamental, tão importante quanto a fertilização, o controle de pragas e doenças, e os tratos culturais.

O que se busca com a irrigação é manter a quantidade mínima de água necessária para a produção da cultura, minimizando assim os efeitos da seca ou estiagem.

O correto uso da irrigação parte do princípio de se conhecer a demanda por água da cultura, estimando corretamente a evapotranspiração, e dessas estimativas determinar a quantidade de água a ser suprida ao solo.



### Refleta

O controle da irrigação é de fundamental importância e deve ser levado em consideração o controle da umidade do solo de forma que a cultura consiga extrair água na mesma taxa que ela necessita. Cabe ao profissional responsável pelos projetos de irrigação entender essa demanda apresentada pela planta, de forma a fornecer a quantidade certa no momento certo. Irrigar não é molhar. Considerando o que vimos até o momento, será que há entendimento correto sobre o uso da água? Quais suas percepções sobre o uso da água em irrigação na sua região?

O que o profissional de ciências agrárias envolvido com projetos ou sistemas de irrigação tem que entender é que tanto subirrigações como irrigações excessivas resultam em baixas produções. Manejar corretamente a irrigação é reduzir perdas.

Para o excesso de irrigação podemos citar alguns problemas, tais como, o gasto desnecessário de combustível ou energia elétrica, degradação do solo, causando lixiviação de nutrientes essenciais às plantas, implicando redução da produtividade.

No caso de falta de água, ou seja, uso de água abaixo do que as plantas necessitam, o que teremos é a diminuição da produção da lavoura, impactando os resultados esperados.

Para o balanço hídrico específico de uma cultura, visa-se calcular o armazenamento de água no solo levando-se em consideração tanto o tipo de vegetação como sua fase de crescimento e desenvolvimento.

O que temos é a planta nem sempre cobrindo totalmente o terreno em função de suas fases de desenvolvimento e sua área foliar também variando com a idade.

Assim, a análise deve ser feita levando em consideração a evapotranspiração máxima de cultura, ou, simplesmente, evapotranspiração de cultura (ETc). Ela é diferente da evapotranspiração potencial. É a evapotranspiração da cultura que será considerada para efeitos de balanço hídrico da cultura.

Pela dificuldade de se medir a evapotranspiração de cultura, é mais conveniente calculá-la em função da ETP que é a evapotranspiração de referência obtida através do balanço hídrico, utilizando a equação,

$$ETc = ETP \times Kc$$

Onde,

ETc é a evapotranspiração da cultura

ETP é a evapotranspiração de referência, ou potencial

Kc é o coeficiente da cultura

Estimar a demanda por água através do balanço hídrico, permitirá ao profissional da área agrícola comparar climas de diferentes localidades, caracterizar períodos secos e períodos de maior umidade além de atuar de forma positiva no planejamento agrícola.

Quando se fala no uso do balanço hídrico no planejamento agrícola, deve ser ter em mente:

- a) Determinação de áreas aptas para a cultura que será implantada: o conhecimento da planta e de suas necessidades permitirá identificar áreas mais propícias ao seu pleno desenvolvimento.
- b) Caracterização de períodos favoráveis para a semeadura: conhecer principalmente os períodos de maior umidade do solo permite o melhor planejamento da época de plantio.
- c) Definição do sistema de cultivo mais adequado em função do clima mediante o zoneamento agroclimático.

O método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) tem sido amplamente utilizado por possibilitar a previsão da variação temporal do armazenamento de água no solo, o que para o produtor rural pode ser uma excelente ferramenta a ser utilizada tanto no planejamento quanto na tomada de ação em seu dia a dia.

Como ele é calculado utilizando os valores encontrados nas “Normais Climatológicas” ele é um indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região.

O Balanço Hídrico Climatológico teve como objetivo inicial a caracterização do clima de uma região, podendo ser utilizado na classificação

climática proposta por Thornthwaite na década de 1940. Passou a ser utilizado também na agricultura, pois há uma relação próxima com as condições climáticas.

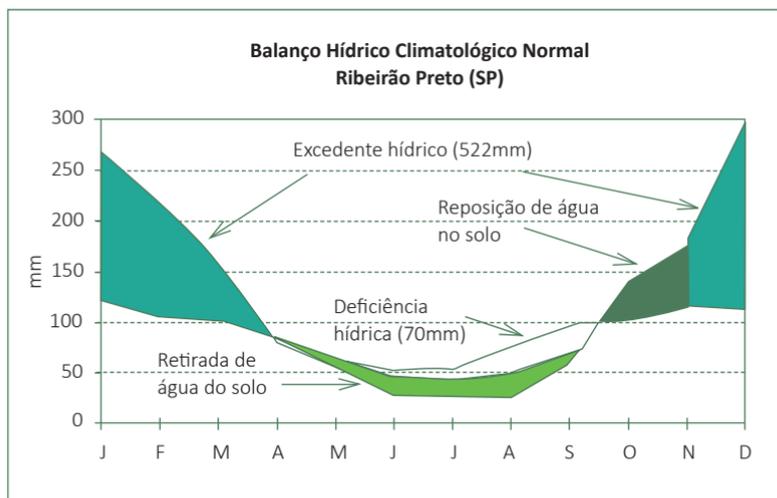
Thornthwaite e Mather (1955) descrevem que pode ser feito o acompanhamento do armazenamento de água no solo em tempo real, ou seja, no momento ou até mesmo num determinado período e neste caso recebe o nome de “Balanço Hídrico Sequencial”. A sequência que se pretende utilizar vai depender do objetivo que se busca ao fazer sua análise.

Esse tipo de balanço hídrico possibilita o acompanhamento em tempo real da disponibilidade de água no solo, possibilitando a tomada de decisão quanto a práticas de manejo do solo e semeadura/plantio, ou ainda, a quantificação de danos provocados às culturas, devido à alta correlação entre a evapotranspiração e a produtividade das culturas.

A visualização gráfica dos resultados facilita a interpretação dos valores do balanço hídrico. De uma maneira geral, o que se busca identificar são os valores de excesso ou déficit de água, com destaque para os períodos de ocorrências e suas intensidades.

Na Figura 3.2 é apresentado um exemplo de balanço hídrico normal, calculado em escala mensal para o município de Ribeirão Preto, SP, com dados obtidos no período de 1961-1990. Nele é possível identificar por períodos (meses) o excedente hídrico, a retirada de água do solo, a deficiência hídrica e a reposição de água no solo.

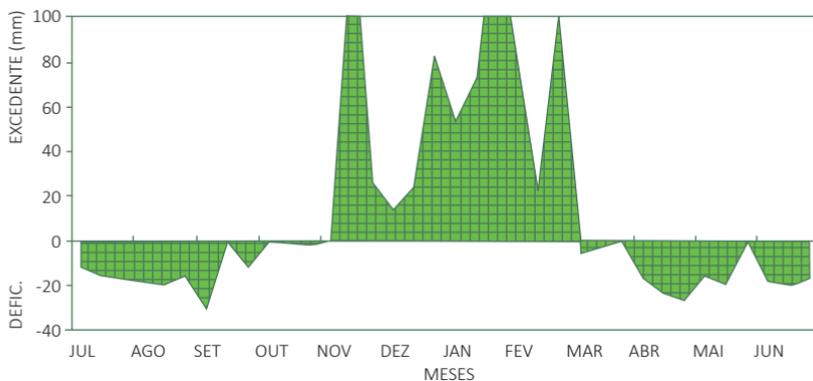
Figura 3.2 | Balanço Hídrico Normal para a cidade de Ribeirão Preto-SP



Fonte: Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007, p. 98).

Na Figura 3.3 é apresentado o balanço hídrico de forma mais simplificada, proposta esta elaborada por Camargo e Camargo (1993), onde há destaque somente para os períodos de excedentes e deficiência hídrica.

Figura 3.3 | Balanço hídrico sequencial decendial para Mococa-SP anos de 2002-2003



Fonte: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/monitoramentocafe/balancohidrico.htm>. Acesso em: 3 nov. 2018.



### Pesquise mais

No vídeo “Meu ambiente uso sustentável da água na irrigação”, da RTV Caatinga Univasf, você encontrará informações sobre a importância de se ter em mãos os dados corretos visando o correto uso desse recurso que a cada dia se torna mais escasso. Atente para as informações disponibilizadas a partir do terceiro minuto do vídeo sobre o uso de dados climatológicos como tomada de decisão para a irrigação.

RTV Caatinga Univasf. **Meu ambiente uso sustentável de água na irrigação**. 2016.

Conforme vimos o balanço hídrico, é fundamental quando se busca o manejo correto da água no solo e sua disponibilidade para as plantas cultivadas.

Nas próximas seções aprenderemos mais sobre como elaborar o balanço hídrico e também suas aplicações principalmente no que diz respeito ao zoneamento agroclimático.

### Sem medo de errar

Você é um profissional autônomo que trabalha na elaboração de projetos no segmento agrícola e tem como clientes desde produtores rurais até empresas privadas que buscam soluções para implantação de culturas em todo território nacional.

Você foi contratado por uma cooperativa para identificar a potencialidade de implantação da cultura do pimentão verde em Piracicaba no estado de São Paulo. Ao buscar informações sobre a localidade e consultando o balanço hídrico local, você identificou que o excesso hídrico corresponde aos meses de novembro a março enquanto os períodos de deficiência hídrica de abril a outubro. A ideia dos cooperados é manter a produção ao longo de todo o ano. A dúvida maior é sobre o uso da água, pois devido às secas dos últimos anos os níveis dos reservatórios estão baixos e o governo limitará seu uso em épocas críticas. Será possível cultivar o repolho em qualquer época do ano, levando em consideração o manejo da água? Quais os riscos que encontrarão considerando a necessidade de uso da água? Quais os argumentos que você deve deixar claro para os cooperados?

Bom, você pode assumir que a cultura é dependente de água, pois sem ela com certeza a produtividade seria comprometida. Assim, de imediato você se adianta e informa aos cooperados que para os meses de excesso apontados pelo balanço hídrico, ou seja, para os meses de novembro a março não haveria maiores problemas para a condução da lavoura.

Para os meses de deficiência hídrica apontados pelo balanço hídrico, a necessidade de manejo de irrigação vai depender da demanda da planta, podendo haver necessidade de irrigação. Aqui o risco maior é ter a produção comprometida pela falta de água em função da demanda da planta. Assim é importante também levantar a demanda da planta em cada fase de seu desenvolvimento e a partir desses valores determinar se haverá ou não a necessidade de irrigação nos meses que o balanço hídrico indicar deficiência hídrica.

Neste caso de maior risco, os produtores podem optar por monitorar a água armazenada no sistema e utilizando a equação  $\Delta ARM = P - ET - DP$ . Como para períodos secos, o efeito da drenagem profunda é desprezível, os cooperados têm que monitorar a precipitação (P) e a evapotranspiração (ET).

A estimativa da evapotranspiração da cultura pode ser feita utilizando a relação  $ET_c = ETP \times K_c$ . O coeficiente da cultura  $K_c$  é encontrado facilmente na literatura, e varia 0,3 a 1,1 de acordo com a fase da cultura, sendo os maiores valores dados para as fases de florescimento e frutificação.

A evapotranspiração (ETP) é obtida através do balanço hídrico mês a mês caso seja necessário, assim os cooperados precisam monitorar a precipitação e isso pode ser feito através da instalação de pluviômetros.

Se a planta necessita de quantidade superior à armazenada no solo, haverá a necessidade de suplementação de água via irrigação. Deixe claro para os cooperados que o período de maior demanda de irrigação pode coincidir com os períodos em que os reservatórios de água estarão com volume abaixo

do recomendado, podendo haver embargo pelo uso da água pelo estado. E este é fator de comprometimento da lavoura.

Portanto, de uma forma em geral recomende o plantio da cultura em meses de excedente hídrico, evitando assim colocar em risco o sucesso da lavoura, implicando possíveis prejuízos aos cooperados.

## Avançando na prática

### Está faltando água?

#### Descrição da situação-problema

É comum encontrarmos em locais de produção agrícola os chamados perímetros irrigados. Esses são projetos públicos de irrigação cuja infraestrutura é projetada, implantada e operada, direta ou indiretamente, sob a responsabilidade do Poder Público. E você é o responsável por um perímetro irrigado localizado no Distrito Federal onde há o cultivo predominante de culturas olerícolas, tais como abóbora, cenoura, berinjela, cebola, dentre outras. Seu papel é trabalhar junto aos produtores rurais fornecendo informações para que eles façam o uso correto da água na irrigação. Ao visitar uma das propriedades do projeto que plantava cebola você identifica plantas murchas e conseqüentemente sob o risco de perda da cultura instalada. O período era de intenso sol, não havia cobertura do solo nas linhas de plantio, as plantas ainda estavam em seu estágio inicial de desenvolvimento e o proprietário informou que todo dia cedo ele molhava as plantas manualmente com a mangueira, pois a área plantada era pequena e o trabalho era pouco. Será que o produtor está certo quanto ao manejo da cultura no que diz respeito à demanda por água? O que você indicaria para o produtor visando à recuperação do vigor das plantas?

#### Resolução da situação-problema

Provavelmente o que pode estar causando as plantas murchas é a falta de água na quantidade correta em função da demanda necessária. Ou seja, a quantidade evapotranspirada pela cultura está maior do que a quantidade disponível para seu desenvolvimento. Pela situação apresentada de intenso sol, solo sem cobertura próximo às linhas de plantio, plantas em estágio inicial de desenvolvimento e que, portanto, demandam maior consumo de água são indícios de alta demanda por evapotranspiração. Por outro lado, ele

está fazendo a irrigação na cultura de forma incorreta. Ele está molhando a cultura não levando em conta suas necessidades reais.

O que podemos perceber é que há solução para o problema. Indique para ele fazer a cobertura das linhas de plantio. Essa cobertura pode ser feita com restos de vegetação que ele pode encontrar na propriedade. Isso criará um microclima próximo à planta que favorecerá a diminuição da evapotranspiração e reterá mais umidade. Disponibilize informações a ele sobre a real demanda por água que cada fase da cultura precisa. Elabore um projeto de irrigação para a área plantada, permitindo assim que ele possa disponibilizar para a cultura a quantidade correta de água.

### Faça valer a pena

**1.** A possibilidade de comparar climas de diferentes localidades, de caracterizar períodos secos e períodos de maior umidade além de atuar de forma positiva no planejamento agrícola são formas de atuação do profissional ligado ao agronegócio.

A ferramenta que possibilita ao profissional atuar nos pontos descritos é o:

- a) Variação de radiação.
- b) Estimativa energética.
- c) Balanço hídrico.
- d) Oscilação de pressão.
- e) Temperaturas médias.

**2.** O balanço hídrico denominado climatológico, visa ao conhecimento das condições do balanço de água no solo coberto por uma vegetação padrão (gramado), entretanto para a maioria dos cultivos a planta não cobre totalmente o terreno e sua área foliar (superfície transpirante) varia com a idade. Para calcular o armazenamento de água no solo, levando-se em consideração tanto o tipo de vegetação como sua fase de crescimento e desenvolvimento, é utilizado um novo conceito.

A esta forma de análise de balanço hídrico damos o nome de:

- a) Balanço hídrico de cultivos.
- b) Balanço de plantio.
- c) Equilíbrio solo-planta.
- d) Solo-planta-atmosfera.
- e) Evapotranspiração potencial.

**3.** O balanço hídrico pode ser utilizado de diversas formas e em função disso há uma diferenciação na nomenclatura entre eles, sendo:

- I – Balanço hídrico climatológico
- II – Balanço hídrico de cultura
- III – Balanço hídrico sequencial
- IV – Balanço hídrico para controle de irrigação

Sua aplicação está relacionada a:

- 1 – Indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região.
- 2 - Acompanhamento do armazenamento de água no solo em tempo real.
- 3 – Leva em consideração as fases de desenvolvimento da cultura.
- 4 – Suprir a quantidade de água necessária para o desenvolvimento da planta.

A associação correta entre nomenclatura e aplicação é:

- a) I 4; II 2; III 3; IV 1.
- b) I 2; II 4; III 1; IV 3.
- c) I 3; II 1; III 2; IV 4.
- d) I 1; II 3; III 2; IV 4.
- e) I 4; II 3; III 2; IV 1.

# Elaboração do balanço hídrico climatológico

## Diálogo aberto

Atualmente a demanda por projetos na área agrícola vem aumentando significativamente. Em todos os setores do agronegócio há a procura por profissionais que saibam identificar oportunidades, e mediante as demandas oriundas de vários setores, submeterem projetos em busca de recursos. O clima é um dos fatores mais importantes para uma produção agrícola de qualidade, e demandas relacionadas à disponibilidade hídrica para viabilização de lavouras estão cada dia mais presentes nas rotinas dos profissionais.

Você é um profissional autônomo que trabalha no segmento agrícola. Sua principal atividade é a elaboração de projetos que serão submetidos à aprovação de órgãos governamentais, empresas privadas ou ainda demandados por agricultores. Esses projetos estão relacionados principalmente ao estudo de viabilidade de implantação de culturas em diversos locais do país.

Você consultou um jornal de circulação nacional e verificou que um grupo de empresários está buscando profissionais para acompanhamento da irrigação nas propriedades que possuem em Porto Seguro, onde há o plantio de café. O que buscam é tomar a decisão sobre qual lâmina média de água que deve ser aplicada em cada período do ano na cultura do café. Ou seja, em cada época do ano existem diferentes ciclos da cultura e esses ciclos demandam quantidades diferentes de água. É lógico que a umidade não é fator único nesta análise, mas o que estão buscando especificamente é a demanda de água em função da perda de umidade causada principalmente pela evapotranspiração. É possível encontrar esses valores de lâmina de água? Onde podem ser obtidos dados para fundamentação de sua decisão? Quais seriam esses valores? Qual a forma que você tem para repassar essa informação aos empresários?

Estamos, portanto, falando do balanço hídrico e nesta seção serão fornecidas informações sobre métodos e o passo a passo para sua elaboração, os critérios utilizados para determinação da água disponível, e ao final você terá a possibilidade de elaborar o balanço hídrico para qualquer localidade desejada.

## Não pode faltar

Conforme vimos no material anterior, o balanço hídrico se refere ao resultado final das entradas e saídas de água no solo, ou seja, nos referimos

ao volume de água armazenado no solo e partimos do princípio que em um determinado volume do solo podemos expressar a quantidade armazenada como sendo:

$$\Delta ARM = P - ET - DP$$

Onde:

$\Delta ARM$ : variação de armazenamento de água no solo

P: precipitação de água sobre o solo (entrada de água no sistema)

ET: evapotranspiração (saída de água do sistema)

DP: drenagem profunda (saída de água do sistema)

Para facilitar nosso entendimento e também por se tratar de condições agrícolas será inserido mais um fator na equação acima. Estamos falando da irrigação (I) como forma de entrada de água no sistema. Desta forma, a equação passa a ser:

$$\Delta ARM = P + I - ET - DP$$

A variação de armazenamento de água no solo pode assumir tanto valores positivos quanto valores negativos. Se temos uma quantidade de água entrando maior do que a quantidade de saída, ou seja, se há maior precipitação (chuva ou irrigação) sobre o solo do que os valores perdidos por evapotranspiração e drenagem profunda, a variação de armazenamento será positiva. Ao contrário, se há valores maiores de evapotranspiração e drenagem profunda, e estes não são repostos ao solo, a variação de armazenamento será negativa. Podemos descrever essas situações pela equação:

$$\pm \Delta ARM = P + I - ETR - DP$$

Thorntwaite e Mather (1955) elaboraram uma proposta para contabilizar as entradas e saídas de água no solo e denominaram este método de Balanço Hídrico Climatológico (BHC) e sua finalidade inicial era caracterizar o clima de uma determinada região.

Se estamos falando sobre armazenamento de água no solo temos que entender qual a capacidade de água disponível no solo (CAD), que neste caso representa o máximo de água disponível para um determinado tipo de solo levando em consideração suas características.

Para tanto, se torna necessário conhecer algumas características físico-hídricas como a umidade da capacidade de campo (CC), umidade do ponto de murcha permanente (PMP), massa específica do solo (dg) e da profundidade efetiva do sistema radicular (Zr), onde se concentram cerca de 80% das raízes. A Figura 3.4

apresenta de forma esquemática as características físico-hídricas do solo. Verifique que podemos tratar o solo como um depósito de água, ou mesmo a uma esponja, onde no PMP não há umidade disponível e a esponja (solo) está seca. Na CC a esponja (solo) está repleta de água e na saturação o excedente de água é perdido, pois o solo não consegue reter umidade.

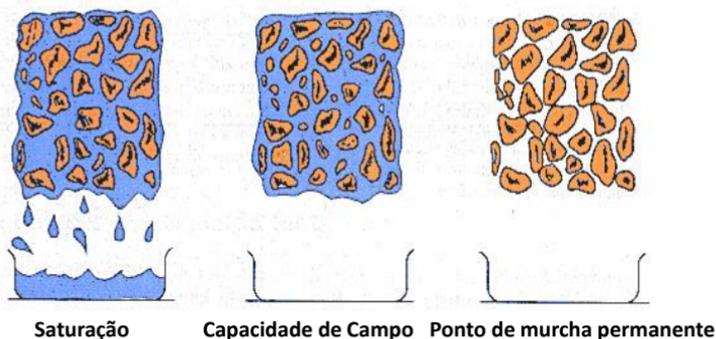


### Assimile

Segundo Pereira *et al.* (2005), o Ponto de Murcha Permanente (PMP) é definido funcionalmente como o ponto (teor de umidade do solo) no qual as plantas murcham e não mais recuperam a turgidez. Não há mais umidade disponível para a planta.

Já a Capacidade de Campo (CC) é definida como a máxima quantidade de água que este pode reter sem causar danos à planta (MANTOVANI *et al.*, 2009).

Figura 3.4 | Esquema do teor de umidade no solo



Fonte: [https://www.ggte.unicamp.br/ocw/sites/ocw/files/cursos/CienciasExatas/FA876/apostilas/Manejo\\_Parte\\_3\\_Parametros\\_solo.pdf](https://www.ggte.unicamp.br/ocw/sites/ocw/files/cursos/CienciasExatas/FA876/apostilas/Manejo_Parte_3_Parametros_solo.pdf). Acesso em: 16 nov. 2018.



### Refleta

Temos visto que as plantas apresentam grande demanda por água principalmente quando estão em determinadas etapas de seu desenvolvimento, como a floração, enchimento de grão. A principal fonte de umidade é o solo. Você já parou para pensar como as plantas utilizam suas raízes para buscar essa umidade necessária? Será que a arquitetura das raízes pode influenciar? E as condições do solo pode causar algum efeito sobre as raízes, atuando assim na disponibilidade da umidade?

Para trabalharmos na elaboração do BHC, temos que identificar a lâmina de água correspondente ao intervalo de umidade do solo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), assim, o que queremos é conhecer a CAD. A estimativa de seus valores pode ser obtida a partir da equação abaixo.

$$CAD = \frac{CC - PMP}{100} \times dg \times Zr$$

Onde:

CAD: capacidade de água disponível

CC: Capacidade de campo (%)

PMP: ponto de murcha permanente (%)

dg: massa específica do solo

Zr: profundidade efetiva do sistema radicular



### Exemplificando

Um agricultor precisa possuir em sua propriedade duas áreas com características diferentes entre si. A primeira tem como características solo argiloso cuja massa específica é  $1,3 \text{ g/cm}^3$ , CC de 32% e PMP de 20%. A outra área possui solo arenoso com massa específica de  $1,2 \text{ g/cm}^3$ , CC de 25% e PMP de 17%. Em ambas as áreas o agricultor deseja plantar soja cuja profundidade média das raízes é 50 cm. Qual seria o valor de CAD para esses solos?

$$\text{Para o solo argiloso: } CAD = \frac{32 - 20}{100} \times 1,3 \times 500 = 78 \text{ mm}$$

$$\text{Para o solo arenoso: } CAD = \frac{25 - 17}{100} \times 1,2 \times 500 = 48 \text{ mm}$$

Para a elaboração o balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite, Mather e Camargo (1962) propôs uma sequência a ser seguida e que se tornou a mais difundida no Brasil. Esta sequência se baseia em elaborar o BHC a partir de dados de temperatura do ar e de precipitação para uma determinada localidade em um ano cíclico. Essas informações podem ser obtidas através das “Normais Climatológicas” já apresentadas anteriormente.

O roteiro a seguir é apresentado para a elaboração de um Balanço Hídrico Climatológico Normal, ou seja, para um ano cíclico podendo ser extrapolado

para elaboração do balanço hídrico sequencial. O BHC deve ser preenchido em colunas e na sequência apresentada a seguir.

Os parâmetros a serem estabelecidos para elaboração do BHC são:

- a) **ETP (evapotranspiração potencial)**: deve-se estimar a ETP com o método mais adequado para a região, em função dos dados meteorológicos disponíveis (temperatura e precipitação).
- b) **P (precipitação)**: esses dados devem ser obtidos junto a publicações que forneçam as normais climatológicas da região, ou diretamente no site do Inmet.
- c) **(P-ETP)**: calcular a diferença entre P e ETP, conservando-se os sinais obtidos. Valores positivos indicam excesso de chuva, enquanto valores negativos perda potencial de água nos meses secos.
- d) **NegAcum (negativo acumulado)**: representa o somatório sequencial de valores negativos de P-ETP.
- e) **ARM (armazenamento)**: representa o armazenamento de água no solo e é calculado conforme equação abaixo:

$$ARM = CAD \times e^{\frac{NegAcum}{CAD}}$$

As variáveis NegAcum e ARM devem ter seu preenchimento simultâneo. O preenchimento começa pelo valor de NegAcum no primeiro mês em que aparecer o valor negativo de P-ETP logo após uma sequência de valores positivos de P-ETP. Para esse primeiro mês de cálculo o valor de NegAcum será o mesmo valor de P-ETP e pela equação acima é calculado o valor de ARM.

Quando P-ETP tornar a ficar positivo calcula-se primeiro o ARM através da equação:

$$ARM_{atual} = ARM_{ant} + (P - ETP)_{atual}$$

Onde:

$ARM_{atual}$  é o valor do armazenamento no período em estudo

$ARM_{ant}$  é o valor do armazenamento no período anterior

$(P - ETP)_{atual}$  é o valor da diferença entre P e ETP no período em estudo

Posteriormente é feito o cálculo do NegAcum pela equação:

$$NegAcum = CAD \times \ln \frac{ARM}{CAD}$$

- f) ALT (Alteração): representa a alteração do armazenamento de água no solo. Seu valor é obtido pela diferença entre o ARM do mês em questão e o ARM do mês anterior.

$$ALT_i = ARM_i - ARM_{i-1}$$

- g) ETR (evapotranspiração de referência): é a medida da evapotranspiração que realmente ocorre em função da disponibilidade de água no solo. Há duas formas para seu cálculo, sendo:

- quando  $P - ETP \geq 0 \rightarrow ETR = ETP$
- quando  $ALT \leq 0 \rightarrow ETR = P + |ALT|$

- h) DEF (deficiência hídrica): é a medida da falta de água no solo, sendo calculada por:

$$DEF = ETP - ETR$$

- i) EXC (excedente hídrico): nos fornece a quantidade de água que sobra no período chuvoso e se perde do volume de controle por percolação (drenagem profunda) e/ou escoamento superficial. Existem duas situações:

- quando  $ARM < CAD \rightarrow EXC = 0$
- quando  $ARM = CAD \rightarrow EXC = (P - ETP) - ALT$

Há diversas formas para o início do preenchimento do BHC. Vamos discutir um pouco sobre cada uma dessas formas.

A - se  $\sum (P - ETP) \text{ anual} \geq 0$ , então  $ARM = CAD$  no último período da estação úmida

B - se  $\sum (P - ETP) \text{ anual} < 0$ , mas  $\sum (P - ETP)^+ \geq CAD$  proceder da mesma forma que A

C - se  $\sum (P - ETP) \text{ anual} < 0$  e  $\sum (P - ETP)^+ < CAD$ , calcular o NegAcum pela equação:

$$NegAcum = CAD \times \ln \frac{\sum (P - ETP)}{1 - e^{-\frac{CAD}{\sum (P - ETP)^+}}$$

Vamos exemplificar cada uma destas formas de análise através dos BHC abaixo.

Utilizando a forma A para início do preenchimento, para a cidade de Posse, GO, considerando dados de Normais Climatológicas (1961 a 1990) e CAD = 100mm.

Figura 3.5 | Balanço hídrico climatológico – Critério A de inicialização

Mês	ETP	P	(P-ETP)	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	116	271	+155	0	100	0	116	0	155
Fev	97	215	+118	0	100	0	97	0	118
Mar	104	230	+126	0	100	0	104	0	126
Abr	88	119	+31	0	100	0	88	0	31
Mai	78	20	-58	-58	56	-44	64	14	0
Jun	63	9	-54	-112	33	-23	32	31	0
Jul	62	5	-57	-169	18	-15	20	42	0
Ago	90	12	-78	-247	8	-10	22	68	0
Set	94	30	-64	-311	4	-4	34	60	0
Out	109	123	+14	-171	18	+14	109	0	0
Nov	106	223	+117	0	100	+82	106	0	35
Dez	106	280	+174	0	100	0	106	0	174
Ano	1113	1537	+424			0	898	215	639

Mês em que se iniciou o BHC Normal (Usando critério A da inicialização)

Fonte: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/aula9.pps>. Acesso em: 6 dez. 2018.

Utilizando o critério B de inicialização para a cidade de Garanhuns, PE, considere os dados de Normais Climatológicas (1961 a 1990) e CAD = 100mm.

Figura 3.6 | Balanço hídrico climatológico – Critério B de inicialização

Mês	ETP	P	(P-ETP)	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	96	45	-54	-261	7	-5	50	46	0
Fev	80	58	-22	-283	6	-1	59	21	0
Mar	94	100	+6	-212	12	+6	94	0	0
Abr	75	115	+40	-65	52	+40	75	0	0
Mai	76	104	+28	-22	80	+28	76	0	0
Jun	63	122	+59	0	100	+20	63	0	39
Jul	60	133	+73	0	100	0	60	0	73

Mês	ETP	P	(P-ETP)	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<b>Ago</b>	63	74	+11	0	100	0	63	0	11
<b>Set</b>	60	47	-13	-13	88	-12	59	1	0
<b>Out</b>	83	33	-50	-63	53	-35	68	15	0
<b>Nov</b>	89	18	-71	-134	26	-27	45	44	0
<b>Dez</b>	98	22	-76	-210	12	-14	36	62	0
<b>Ano</b>	<b>937</b>	<b>871</b>	<b>-66</b>			<b>0</b>	<b>748</b>	<b>189</b>	<b>123</b>

Mês em que se iniciou o BHC Normal (Usando critério B da inicialização)

Fonte: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/aula9.pps>. Acesso em: 6 dez. 2018.

Utilizando o critério C de inicialização para a cidade de Petrolinas, PE, considere os dados de Normais Climatológicas (1961 a 1990) e CAD = 100mm.

Figura 3.7 | Balanço hídrico climatológico – Critério C de inicialização

Mês	ETP	P	(P-ETP)	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<b>Jan</b>	153	72	-81	-1250	0	0	72	81	0
<b>Fev</b>	139	90	-49	-1299	0	0	90	49	0
<b>Mar</b>	143	148	+5	-300	5	+5	143	0	0
<b>Abr</b>	121	82	-39	-339	3	-2	84	37	0
<b>Mai</b>	116	29	-87	-426	1	-2	31	85	0
<b>Jun</b>	97	10	-87	-513	1	0	10	87	0
<b>Jul</b>	103	13	-90	-603	0	-1	14	89	0
<b>Ago</b>	106	4	-102	-705	0	0	4	102	0
<b>Set</b>	127	6	-121	-826	0	0	6	121	0
<b>Out</b>	167	21	-146	-972	0	0	21	146	0
<b>Nov</b>	174	50	-124	-1096	0	0	50	125	0
<b>Dez</b>	157	84	-73	-1169	0	0	84	73	0
<b>Ano</b>	<b>1603</b>	<b>609</b>	<b>-994</b>			<b>0</b>	<b>609</b>	<b>994</b>	<b>0</b>

Mês em que se iniciou o BHC Normal (Usando critério C da inicialização)

Fonte: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/aula9.pps>. Acesso em: 6 dez. 2018.

Após todos os cálculos para elaboração do BHC é muito importante a verificação e checagem dos cálculos. Para isso são utilizadas as seguintes equações:

- $\sum P = \sum ETP + \sum (P - ETP)$
- $\sum P = \sum ETR + \sum EXC$

- $\sum ETP = \sum ETR + \sum DEF$
- $\sum ALT = 0$



### Pesquise mais

Você já compreendeu que a água disponível para as plantas é de fundamental importância para que haja seu pleno desenvolvimento, permitindo assim os resultados esperados pelos produtores. Leia o artigo indicado a seguir para aprender mais sobre a influência do balanço hídrico sobre a produtividade das culturas.

ANTONINO, A. C. D. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semiárido do nordeste do Brasil. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, v. 4, n. 1, jan./abr. 2000.

Como pode perceber a resolução do balanço hídrico segue um conjunto de etapas que devem ser corretamente observadas para atingir o correto resultado. Ao final, o balanço hídrico apresentará a condição do solo com relação à disponibilidade durante o período analisado.

Conhecedor desta metodologia, na próxima seção trataremos do assunto de classificação climática, e você perceberá que no momento de classificar o clima de uma região um dos fatores a ser levado em consideração é a disponibilidade de umidade local.

### Sem medo de errar

Você é um profissional autônomo que trabalha no segmento agrícola. Sua principal atividade é a elaboração de projetos que serão submetidos à aprovação de órgãos governamentais, empresas privadas ou ainda demandados por agricultores. Esses projetos estão relacionados principalmente ao estudo de viabilidade de implantação de culturas em diversos locais do país.

Você consultou um jornal de circulação nacional e verificou que um grupo de empresários está buscando profissionais para acompanhamento da irrigação nas propriedades que possuem em Ilhéus onde há o plantio de café. O que buscam é tomar a decisão sobre qual lâmina média de água deve ser aplicada em cada período do ano na cultura do café. Ou seja, em cada época do ano existem diferentes ciclos da cultura e estes ciclos demandam quantidades diferentes de água. É lógico que a umidade não é fator único nesta análise, mas o que estão buscando especificamente é a demanda de água em função da perda de umidade causada principalmente

pela evapotranspiração. É possível encontrar esses valores de lâmina de água? Onde podem ser obtidos dados para fundamentação de sua decisão? Quais seriam esses valores? Qual a forma que você tem para repassar essa informação aos empresários?

Como bom profissional ligado à agricultura você sabe muito bem da importância da umidade para o desenvolvimento das culturas. Você também entende como esse fator climático afeta a fisiologia das plantas. Sabe também que a demanda não é uniforme ao longo de todo o ciclo da cultura, pois cada fase fisiológica exige mais ou menos água.

Encontrar cada lâmina de água requerida pela planta não é tarefa difícil, o primeiro passo é conhecer o clima local. Neste caso estamos falando da cidade de Ilhéus. Cidade localizada no estado da Bahia. Todos os dados climatológicos da cidade podem ser obtidos por exemplo no site do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet. Os dados para diversas cidades do Brasil, inclusive Ilhéus, estão disponibilizados através das Normais Climatológicas. Nele você encontrará dados de temperatura e precipitação para a localidade. A partir desses dados você conseguirá estimar a evapotranspiração da cultura e assim elaborar o balanço hídrico climatológico.

De posse do balanço hídrico climatológico é possível identificar os períodos do ano em que haverá excesso de umidade no solo e também os períodos em que ocorrerá déficit hídrico.

Agora basta correlacionar para cada época do ano a demanda da planta por água e os valores encontrados no balanço hídrico. Nos meses em que a demanda da planta for maior do que a disponibilidade de água haverá a necessidade de irrigação.

Você pode sugerir aos empresários o acompanhamento mensal da cultura e dessa forma atuar em todo o processo, elaborando o balanço hídrico e acompanhando as atividades no dia a dia das propriedades que terão a cultura implantada.

## Avançando na prática

# Capacidade de campo e ponto de murcha permanente

## Descrição da situação-problema

O fator umidade do solo é de fundamental importância no desenvolvimento das culturas. É impossível pensar em ter um vegetal produzido em

escala sem as mínimas condições de disponibilidade de água para as plantas. No entanto, não basta ter água, ela tem que estar disponível para a planta e muitas vezes esse é o problema, diferenciar a quantidade de água disponível.

Você foi chamado para ministrar aulas para o curso de agronomia de uma faculdade no interior de São Paulo e teve a oportunidade de assumir a disciplina agrometeorologia. Ao tratar do conteúdo sobre balanço hídrico e explicar aos alunos sobre a umidade do solo, vários alunos ficaram com dúvida sobre a definição de capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Eles não conseguem enxergar como esses conceitos acontecem no solo. Seria possível explicar de forma mais fácil esses conceitos? Como fazer para os alunos entenderem que esse conceito está relacionado com a capacidade de armazenamento de água no solo?

### **Resolução da situação-problema**

Pois bem, muitas vezes temos que lançar mão de alternativas que nos permitam exemplificar um conteúdo de forma mais didática. Você encontrará essas situações não somente em sala de aula, mas também no dia a dia quando tiver que explicar conceitos às pessoas que não possuem a formação adequada na área. Mas, falando de sala de aula para alunos de agronomia, você conceituou capacidade de campo e ponto de murcha permanente e tratou de sua importância para o balanço hídrico. Porém identificou muitas dúvidas pelos alunos.

Você pode explicar essas definições fazendo uma analogia entre o solo e uma esponja, a mesma que é utilizada para lavar louças em casa. Assim como o solo, a esponja possui em seu interior uma série de espaços vazios.

Agora molhe bem a esponja e depois aperte bastante para que toda a água livre escorra. Sabemos que ainda há umidade dentro da esponja, porém essa umidade é de difícil retirada, praticamente impossível. No solo acontece da mesma forma, após sua retirada em um período seco, ainda terá umidade, porém essa umidade não estará disponível para a planta. Dizemos então que esta é a umidade do ponto de murcha permanente e ao atingi-la a planta não conseguirá mais repor seu vigor e morrerá.

Molhe novamente a esponja de forma que ela fique completamente cheia de água. Espere que o excesso de água escorra. Neste ponto, após ela parar de escorrer, todos os poros em seu interior estarão repletos de água e caso você adicione um pouco mais de água, uma parte igual escorrerá para fora da esponja. Para o solo dizemos que ele atingiu a sua umidade máxima capaz de ser retida, ou a capacidade de campo, ou seja, ele está repleto de água e caso seja adicionado qualquer volume, este se perderá via drenagem profunda.

**1.** Na determinação do balanço hídrico são levantadas variáveis que expressam valores de umidade no solo. O armazenamento de água no solo, o déficit hídrico e a alteração de água no solo são exemplos dessas variáveis.

Com relação ao armazenamento de água no solo podemos dizer que ele expressa:

- a) A quantidade de água armazenada no solo para o período em estudo.
- b) A quantidade de água evapotranspirada pela cultura em estudo.
- c) A perda de água ao longo de todo o balanço hídrico climatológico.
- d) A alteração de água proveniente da precipitação e da irrigação.
- e) A perda de água decorrente da drenagem profunda do solo.

**2.** No cálculo do balanço hídrico temos no resultado final o volume de água armazenado pelo solo. Quando nos referimos ao balanço hídrico estamos nos referindo ao processo de entrada e saída de água e que em determinado momento de estudo nos dará a falta ou o excesso de água disponível. Para tanto são analisados:

I – precipitação

II – irrigação

III – evapotranspiração

IV – drenagem profunda

Com relação às fontes de entrada no sistema, podemos citar:-

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

**3.** Para elaboração do balanço hídrico é de fundamental importância que seja determinada a lâmina de água conhecida como CAD (capacidade de água disponível no solo). Este é um valor entre a umidade de capacidade de campo e da umidade no ponto de murcha permanente.

Sobre a variável CAD do balanço hídrico é correto afirmar que:

- a) Fornece-nos a deficiência de água proveniente da evapotranspiração.
- b) Correlaciona fatores da água excedente e da alteração no solo.
- c) Expressa a relação entre as entradas de água via irrigação e precipitação.
- d) Representa o máximo de água disponível que determinado tipo de solo pode reter.
- e) Pode ser estimada levando-se em consideração a evapotranspiração real.

# Classificações climáticas

## Diálogo aberto

Caro aluno, você viu até o momento o que é o balanço hídrico e quais as etapas para sua elaboração, e também aprendeu que o balanço hídrico trata das entradas e das saídas de água em um sistema solo-planta. Isso nos permite determinar o quanto de água está disponível para as plantas em determinado momento.

Agora avançaremos um pouco mais e você terá a oportunidade de aplicar os conceitos adquiridos sobre balanço hídrico na elaboração da classificação climática para uma região, e entender a importância de se conhecer o clima para o profissional do agronegócio.

Você é um profissional autônomo que trabalha no segmento agrícola e trabalha na elaboração de projetos que serão submetidos à aprovação de órgãos governamentais, empresas privadas ou ainda demandados por agricultores. Esses projetos estão relacionados principalmente ao estudo de viabilidade de implantação de culturas em diversos locais do país.

Atuando como consultor autônomo você foi chamado para dar suporte a um fazendeiro que busca implantar árvores frutíferas na região de Maringá-PR. O fazendeiro espera submeter um projeto para concessão de crédito agrícola em bancos públicos. Há uma série de documentações a serem apresentadas e dentre elas o banco está exigindo a classificação climática da região da propriedade em Maringá. Você então é questionado sobre a possibilidade de execução dessa tarefa, ou seja, seria possível elaborar a classificação climática para uma localidade? E para esse fim, quais seriam as variáveis a serem consideradas? Caso seja possível, como ficaria a classificação para Maringá?

Esse é o seu desafio e nesta unidade você terá todas as informações necessárias para esse fim. Você verá como proceder para elaborar a classificação climática, ou seja, sua metodologia e os critérios utilizados, a simbologia utilizada e também os tipos de clima segundo a classificação.

## Não pode faltar

Quando falamos em classificação climática, há uma referência à organização de dados climáticos, de forma a compreendermos as diversas variações do clima

existentes. Ou seja, o que buscamos com o processo de classificação climática é organizar uma infinita gama de dados meteorológicos em um padrão que permita entender as características locais no que diz respeito ao clima.

Pode-se dizer que a classificação climática tem por finalidades simplificar, esclarecer e compreender os complexos padrões climáticos existentes.

Lembrando de que quando a referência é clima, estamos descrevendo uma condição estática de valores médios do tempo meteorológico, assim, o que temos é a estimativa de uma condição média (clima) a partir de condições instantâneas (tempo).

Toda a distribuição de vida no globo terrestre está condicionada ao clima. A maior biodiversidade é encontrada em locais com água e energia disponíveis, enquanto nas regiões secas ou com frio intenso há quase nenhuma distribuição de espécies.

É sempre bom lembrar que o clima é afetado por diversos fatores, dentre os quais podemos citar a latitude e a altitude, a vegetação, a maritimidade e a continentalidade e também as atividades antrópicas.

Sabemos que a latitude representa em graus a distância de qualquer ponto da superfície terrestre até a linha do Equador. Quanto maior a latitude menor a temperatura. Isto quer dizer que a incidência dos raios solares é maior próximo ao Equador, fazendo com que as temperaturas médias sejam maiores do que aquelas encontradas nas maiores latitudes, ou seja, mais distantes do Equador. Portanto, ao caminharmos em direção aos polos da Terra, teremos a diminuição da temperatura.

A altitude está relacionada ao relevo. Neste caso, quando há o aumento da altitude temos a diminuição da temperatura ocasionada pela rarefação do ar e diminuição da pressão atmosférica. Em média a temperatura decresce à taxa de 0,6 °C a cada 100 metros de altitude. Há também o fato do regime de pluviosidade (chuvas) ser fortemente condicionado pela altitude. Um bom exemplo disso são as chuvas orográficas.



### Assimile

Chuvas orográficas ocorrem em regiões montanhosas, onde o relevo força a subida da massa de ar úmido. Essa subida forçada é equivalente ao processo de convecção livre, resultando nos mesmos fenômenos atmosféricos. Devido aos ventos, o ar sobe pela encosta resfriando-se adiabaticamente, com condensação e formação de nuvens (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

A maritimidade se refere ao efeito do oceano sobre o clima de uma região litorânea. A água do oceano atua não permitindo grandes variações da

temperatura, pois durante a troca de calor entre a água e o ar reduz a amplitude térmica. Quando falamos de continentalidade estamos nos referindo a locais onde o efeito dos oceanos é desprezível e, portanto, a amplitude térmica é maior.

A vegetação exerce muita influência sobre a umidade relativa e sobre a temperatura do ar. Isso se deve pela interferência sobre o balanço de energia sobre a área vegetada. Assim áreas com florestas densas terão temperaturas mais amenas do que áreas desertificadas.

Os impactos causados por atividades antrópicas e que afetam o clima são aqueles causados pelos seres humanos e suas atividades, sendo possível citar o desmatamento, a ocupação de grandes áreas para urbanização, queimadas, emissão de poluentes, dentre outros.

Os fatores relacionados às condições do terreno são denominados fatores de topoclima e de grande importância quando relacionados à agricultura. Assim, teremos exposições diferentes do terreno em relação ao sol, fazendo com que haja locais mais secos e quentes enquanto os locais menos ensolarados são mais frios e úmidos.

Há também em menor escala o efeito do microclima em que há a modificação do clima em microescala, devido ao tipo de cobertura do terreno ou prática agrícola, podendo assim ser modificado pelo homem.



### Refleta

Muitas vezes se faz necessária a adaptação de um local para que se possa cultivar uma certa cultura, não apta ao macroclima da região. Exemplos disso são os ambientes protegidos (estufas, telados, etc.), que tem por finalidade reduzir a incidência de radiação solar sobre as culturas, elevar as temperaturas ou evitar a ação da chuva nas plantas. Nestes casos há alguma modificação no clima local? Essas modificações promovem realmente o efeito desejado quando se busca alterar temperatura e umidade?

Agora vamos falar sobre classificação climática e os sistemas utilizados.

Os sistemas de classificações climáticas possuem grande relevância, pois são base para análise e definição dos climas, considerando regiões de diferentes características e possibilitando também a geração de informações para diferentes objetivos.

Ayoade (2011) faz abordagens quanto à classificação climática sempre relacionando às questões genéticas e às questões empíricas, dizendo que seu

valor deve ser julgado através da capacidade de se atingir o objetivo esperado. Em função disso o mesmo autor cita uma gama de formas para classificação climática, tais como, Köppen, Thornthwaite, Fohn, Strahler, Teryng e Louie.

Será apresentada nesta seção a classificação de Köppen. Nela são definidos cinco grandes grupos, identificados pelas letras maiúsculas A, B, C, D, E. Os climas identificados pelas letras A, C e D identificam climas úmidos enquanto o clima tipo B identifica áreas secas. Para os climas úmidos a temperatura média mensal é quem define o grupo.

A classificação de Köppen introduz também tipos e subtipos, expressos por letras minúsculas, para levar em conta a amplitude térmica anual e a distribuição sazonal das chuvas. Essas letras são incorporadas àquela do tipo ou grupo para constituírem a fórmula climática.

Os grupos apresentam as seguintes características:

- A: Climas megatérmicos, temperatura média do mês mais frio do ano  $> 18^{\circ}\text{C}$ , estação invernososa ausente, forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual).
- B: Climas secos (precipitação anual inferior a 500 mm), evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual, não existem cursos de água permanentes.
- C: Climas mesotérmicos, temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ , temperatura média do mês mais quente  $> 10^{\circ}\text{C}$ , estações de verão e inverno bem definidas.
- D: Climas microtérmicos, temperatura média do ar no mês mais frios  $< -3^{\circ}\text{C}$ , temperatura média do ar no mês mais quente  $> 10^{\circ}\text{C}$ , estações de verão e inverno bem definidas.
- E: Climas polares e de alta montanha, temperatura média do ar no mês mais quente  $< 10^{\circ}\text{C}$ , estação do verão pouco definida ou inexistente.

Um segundo parâmetro é adicionado para identificar o tipo de clima, e é representado por uma letra. A Figura 3.8 ilustra os tipos de acordo com suas características e também correlaciona com o grupo à qual pertence.

Figura 3.8 | Indicador de tipos de clima segundo a classificação de Köppen

Código	Descrição	Aplica-se ao grupo
S	<ul style="list-style-type: none"><li>• Clima das estepes</li><li>• Precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm</li></ul>	B

Código	Descrição	Aplica-se ao grupo
W	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clima desértico</li> <li>Precipitação anual total média &lt; 250 mm</li> </ul>	B
f	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clima úmido</li> <li>Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano</li> <li>Inexistência de estação seca definida</li> </ul>	A-C-D
w	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chuva de Verão</li> </ul>	A-C-D
s	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chuva de Inverno</li> </ul>	A-C-D
w'	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chuva de Verão-outono</li> </ul>	A-C-D
s'	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chuva de Inverno-outono</li> </ul>	A-C-D
m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clima de monção;</li> <li>Precipitação total anual média &gt; 1500 mm</li> <li>Precipitação do mês mais seco &lt; 60 mm</li> </ul>	A
T	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10°C</li> </ul>	E
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura média do mês mais quente &lt; 0°C</li> </ul>	E
M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precipitação abundante Inverno pouco rigoroso</li> </ul>	E

Fonte: Silva *et al.* (2009, p. 9).

Seguindo com o processo de classificação proposta por Köppen, há uma terceira letra cuja finalidade é distinguir climas com diferentes variações de temperatura do ar, sendo todas subtipos para os climas dos grupos B, C e D.

Figura 3.9 | Indicador de subtipos de clima segundo a classificação de Köppena

Código	Descrição	Aplica-se aos grupos
<b>a: Verão quente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura média do ar no mês mais quente &gt; 22°C</li> </ul>	C-D
<b>b: Verão temperado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura média do ar no mês mais quente &lt; 22°C</li> <li>Temperaturas médias no ar nos 4 meses mais quentes &gt; 10°C</li> </ul>	C-D
<b>c: Verão curto e fresco</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura média do ar no mês mais quente &lt; 22°C</li> <li>Temperaturas médias do ar &gt; 10°C durante menos de 4 meses</li> <li>Temperatura média do ar no mês mais frio &gt; -38°C</li> </ul>	C-D
<b>d: Inverno muito frio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura média do ar no mês mais frio &lt; 38°C</li> </ul>	D
<b>h: seco e quente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura média anual do ar &gt; 18°C</li> <li>Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C)</li> </ul>	B

Código	Descrição	Aplica-se aos grupos
k: seco e frio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura média anual do ar &lt; 18°C</li> <li>• Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18°C)</li> </ul>	B

Fonte: Silva *et al.* (2009, p. 9).



## Exemplificando

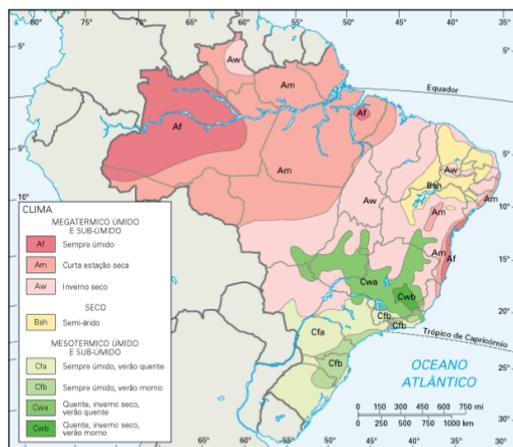
Se faz necessária a classificação climática de uma localidade cuja temperatura média do mês mais quente é de 22°C, nos meses mais frios a temperatura média é de 2°C e tanto o verão como o inverno são bem definidos. Além disso, há a concentração de chuvas no verão. Considerando esses dados e utilizando a metodologia de Köppen, como ficaria a classificação climática para a localidade?

Considerando as características dadas e analisando as Figuras 3.8 e 3.9, percebemos que a localidade se enquadra no Grupo C, ou seja, mesotérmico e tipo w. Assim a localidade teria classificação Cw – mesotérmico com chuvas no verão.

Em função da faixa de latitudes em que se encontra e do relevo com altitudes pouco pronunciadas, o território brasileiro apresenta macroclimas do tipo A, B e C nessa classificação. O tipo B é representado por BSh, clima semiárido quente (h significa temperatura média anual acima de 18 °C), do sertão nordestino, com a maior parte do ano seco.

A Figura 3.10 apresenta a classificação do clima no Brasil segundo a classificação de Köppen.

Figura 3.10 | Classificação climática de Köppen para o Brasil



Fonte: <https://goo.gl/kMdCck>. Acesso em: 28 nov. 2018.



## Pesquise mais

O termo mudança de clima, mudança climática ou alteração climática refere-se à variação do clima em escala global ou dos climas regionais da Terra ao longo do tempo. Tais variações podem alterar as características climáticas de uma maneira a mudar sua classificação. Assista ao vídeo “Mudanças climáticas” para ter acesso a informações sobre alguns impactos e sua influência sobre nossas vidas.

SOUZA, Edmilson S. de Souza. **Mudanças Climáticas**. 2012.

Agora você já tem condições de utilizar todas as informações disponibilizadas nesta seção, possuindo o conhecimento sobre o balanço hídrico climatológico, ou seja, sua importância e suas aplicações na agronomia, suas medidas e a forma de apresentação gráfica. Arelado ao balanço hídrico, você entende que as plantas precisam de uma certa quantidade de água disponível no solo para seu pleno desenvolvimento, e mais do que isso, você consegue interpretar os dados e a partir deles classificar o clima de qualquer região em que for trabalhar.

## Sem medo de errar

O conhecimento do tipo climático de uma região fornece indicativos de larga escala para o planejamento agrícola. A maior parte das culturas tem seu potencial produtivo associado às condições climáticas do local de sua produção. Portanto, conhecer o clima de uma região é o primeiro indicativo para se planejar corretamente a exploração vegetal.

Atuando como consultor autônomo, você foi chamado para dar suporte a um fazendeiro que busca implantar árvores frutíferas na região de Maringá-PR. O fazendeiro espera submeter um projeto para concessão de crédito agrícola em bancos públicos. Há uma série de documentações a serem apresentadas, e dentre elas, o banco está exigindo a classificação climática da região da propriedade em Maringá. Você então é questionado sobre a possibilidade de execução dessa tarefa, ou seja, seria possível elaborar a classificação climática para uma localidade? E para esse fim, quais seriam as variáveis a serem consideradas? Caso seja possível, como ficaria a classificação para Maringá?

O primeiro passo que temos que tomar é obter os dados climatológicos da cidade em questão. Assim, dados de precipitação, temperatura, estudo das estações do ano são primordiais para início do processo de classificação climática do local. Esses dados podem ser obtidos em vários órgãos governamentais. Inmet, Emater, Universidades e centros

de pesquisas são exemplos de locais em que podem ser conseguidos os dados climatológicos. Buscando as normais climatológicas (1981-2010) para Maringá no site do Inmet, você encontra os seguintes dados:

- Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios (Jun-Ago); 14,4 °C.
- Temperatura média do mês mais quente (Jan): 20,9 °C.
- Temperatura média anual: 17,7 °C.
- A pluviosidade anual é superior a 1600 mm.
- Chove em todos os meses do ano.

De posse desses dados, verificando o Grupo e utilizando as informações disponíveis nas Figuras 3.8 e 3.9, a classificação de Köppen para a cidade de Maringá é: Grupo: C, tipo de clima f, e subtipo de clima b. Sua classificação é Cfb, ou seja, mesotérmico de clima úmido e verão temperado.

Isso pode ser feito elaborando um relatório completo com o balanço hídrico estudado na seção anterior e com a classificação climática apresentada nesta seção. Assim, você conseguirá mostrar ao fazendeiro todas as características climáticas da localidade, podendo orientá-lo quanto às melhores espécies que possuem adaptação ao clima encontrado.

## Avançando na prática

# Diferenças do clima

## Descrição da situação-problema

Atuando como profissional do agronegócio você viaja o Brasil todo e neste momento você está de passagem pelo sertão da Bahia, aproveitando para conhecer mais sobre o local e fazendo algumas visitas. Ao visitar um conhecido produtor rural no interior da Bahia você ouve relatos sobre as diferenças entre o clima existente nas áreas próximas ao litoral e áreas no interior do estado. Muito se fala sobre o litoral verdinho, com muita chuva, temperatura amena e fartura enquanto a situação no interior é muito diferente, com escassez de água, terra seca, animais morrendo de sede e um calor insuportável. Ainda escuta que o povo do sertão é um povo esquecido por todos e por isso há tanta miséria. Ao saber que você é um profissional que trabalha com o clima, os participantes da conversa começam a questionar essas diferenças. Por que chove menos no interior do que no litoral? Por que a

temperatura é mais amena próximo ao mar? Quais seriam suas justificativas para as dúvidas levantadas?

Agora, mãos à obra nesse desafio.

### Resolução da situação-problema

Olha só que situação te colocaram, mas não se preocupe! Comece explicando que há uma diferença, pois quanto mais próximo de grandes quantidades de água, maior é a troca do calor pela água e, portanto, clima mais agradável. No interior ocorre o inverso, o solo absorve muito calor e acaba retendo parte dele, fazendo com que o desconforto térmico seja maior.

No que diz respeito às chuvas explique que a maior quantidade de umidade provém do mar, ou seja, as nuvens carregadas se formam no oceano e ao chegar no litoral encontram uma barreira de montanhas. No seu caminho para o interior as nuvens têm que subir essas montanhas e neste movimento gastam energia e acabam descarregando a maior parte da água contida em seu interior, portanto quando chegam no sertão elas estão praticamente secas.

Explique, portanto, que são fatores naturais e que temos pouca influência sobre eles.

### Faça valer a pena

---

**1.** As classificações climáticas têm como objetivo a organização dos dados climáticos a fim de promover a compreensão da variabilidade do clima. Dentre as diversas classificações existentes, a proposta por Köppen tem sido usada de forma maciça.

A classificação de Köppen utiliza como referência em sua elaboração:

- a) Temperatura e precipitação.
- b) Radiação e orvalho.
- c) Evapotranspiração e temperatura.
- d) Nebulosidade e continentalidade.
- e) Precipitação e evapotranspiração.

**2.** A classificação de Köppen é dividida inicialmente em cinco grupos com características distintas entre si. Estes grupos estão nomeados de A a E e apresentam características relacionadas à demanda por evapotranspiração, condições de pluviosidade e de temperatura médias anuais. Para o Brasil, entretanto, a classificação abrange somente três desses grupos.

Escolha a alternativa que representa os grupos cuja classificação se enquadra o Brasil:

- a) A, B, C.
- b) D, E, A.
- c) A, C, D.
- d) A, B, E.
- e) C, D, E.

**3.** O clima sofre a influência de vários fatores, sendo que um deles se dá pela existência de massas de água atuando na troca de calor entre água e ar diminuindo o efeito da amplitude térmica. Por outro lado, há também outro fator influenciado pela distância do local em relação às massas de água.

Com base nesta descrição o texto refere-se aos fatores de:

- a) Topoclima e microclima.
- b) Maritimidade e continentalidade.
- c) Latitude e altitude.
- d) Longitude e latitude.
- e) Maritimidade e atitude.

## Referências

---

- AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 16. ed. Rio de Janeiro:Bertrand Brasil, 2011.
- CAMARGO, A. P. **Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo**. *Bragantia*, 21:163-213, 1962.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação – Princípios e Métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009.
- PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, 2007.
- PEREIRA, J. R. *et al.* **Ponto de murcha permanente de um neossolo flúvico usando novas plantas indicadoras**. Comunicado Técnico. 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/275940/1/COMTEC241.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2018.
- SILVA, F. M.; CHAVES M. S.; LIMA, Z. M. C. **Geografia Física II Natal**, RN: EDUFRN, 2009. Disponível em: [http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia\\_PAR\\_UAB/Fasciculos%20-%20Material/Geografia\\_Fisica\\_II/Geo\\_Fis\\_II\\_A06\\_MZB\\_GR\\_SF\\_SI\\_SE\\_280509.pdf](http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia_PAR_UAB/Fasciculos%20-%20Material/Geografia_Fisica_II/Geo_Fis_II_A06_MZB_GR_SF_SI_SE_280509.pdf). Acesso em: 28 nov. 2018.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Inst. Of Technology, 104p. 1955.

# Unidade 4

---

## Zoneamento agroclimático

### Convite ao estudo

Caro aluno, ao longo da disciplina de Agrometeorologia aprendemos a importância que o clima e o tempo têm para o trabalho do profissional que atua no meio rural. Podemos entender melhor que as culturas são altamente dependentes das condições meteorológicas e qualquer variação nessas condições podem trazer resultados desfavoráveis às plantações.

Vimos também duas ferramentas importantíssimas no dia a dia do profissional agrícola: o balanço hídrico, com o qual aprendemos a entender a dinâmica da água no solo e sua disponibilidade para as plantas; e a classificação climática, que permite ao profissional definir qual espécie cultivar em função da melhor condição climática para a cultura.

Agora trataremos do processo de zoneamento climático, que pode ser entendido como um processo de identificação de áreas com características similares em função de fatores do clima e de fatores biológicos. O que se busca é identificar regiões nas quais se possa adotar uma determinada cultura em função das características do clima.

Falaremos sobre a importância do zoneamento climático, sua aplicação e como o profissional da área agrícola pode utilizá-lo em sua rotina de trabalho.

Quais seriam as condições para entender como ocorre a produção de uma cultura em determinada localidade? Será que fatores edáficos, ou seja, aqueles relacionados aos solos e também os relacionados ao relevo, têm alguma interação quando pensamos no zoneamento climático? Isso sem falar na análise do clima localmente.

Mas, para saber como isso tudo funciona, é de fundamental importância sabermos qual a metodologia utilizada para esse fim, e, de acordo com a cultura, saber suas exigências e assim poder traçar as regiões com potencial para seu pleno desenvolvimento.

Atuando como profissional do agronegócio que atende principalmente pequenos produtores rurais que trabalham com a agricultura familiar, você vem monitorando a implantação de diversas culturas ao longo de todo o território nacional. Nessa sua rotina de consultorias e visitas às propriedades, verificou que algumas culturas não se adaptam bem em qualquer lugar.

Também notou que muitas vezes não é dada a atenção necessária para essa adaptação, pois, para a maioria dos proprietários, a ideia é de que se a cultura for plantada corretamente, terá seu pleno desenvolvimento, independentemente do local.

Por que será que ainda há dúvidas sobre o estabelecimento das culturas nas diversas regiões do país? Como explicar ao pequeno produtor rural que, apesar de seus esforços, há outras variáveis a considerar?

Você é o consultor que trará as respostas para essas e outras dúvidas, e é quem poderá recomendar a época mais adequada para implantação de uma determinada cultura.

Lembre-se de que acessar todo o conteúdo da unidade e fazer as atividades propostas lhe ajudará nesse processo de aprendizagem.

Bons estudos!

# Definição e aplicabilidade do zoneamento agroclimático

## Diálogo aberto

A agricultura familiar é atividade econômica prevista na legislação brasileira. São considerados agricultores familiares aqueles cidadãos que desenvolvam práticas no meio rural e que atendam quesitos de tamanho de propriedade, emprego de mão-de-obra familiar, renda originada na propriedade e gestão familiar do empreendimento.

Você atua como consultor agrícola atendendo a esses produtores e monitora a implantação das diversas culturas que compõem uma série de variedades exploradas por eles. Entretanto, de uma forma em geral, tem verificado que as produtividades têm ficado abaixo do mínimo esperado, e essa situação tem levado inclusive ao abandono das terras. Então, checkou e concluiu que as culturas com maior insucesso são aquelas que não têm adaptação local. Agora você deverá explicar aos produtores a razão de essa situação estar presente, respondendo às seguintes questões: por que isso acontece? As plantas reagem de mesma forma em qualquer lugar de implantação?

Para ajudá-lo com essas questões, nesta seção você conhecerá o histórico do zoneamento agroclimático, seu conceito, relevância e aplicação no dia a dia de profissionais do agronegócio, como agrônomos, gestores e produtores rurais.

## Não pode faltar

Já vimos que a agrometeorologia é uma ferramenta de ajuda ao profissional que trabalha com o agronegócio. É de extrema relevância quando tratamos do planejamento das ações a serem empregadas na rotina de condução de lavouras e muito importante quando utilizada na tomada de decisão visando à produtividade e à lucratividade.

Nesse sentido, planejar ações significa que serão realizadas ações antes do estabelecimento da cultura, ou seja, quando o empreendimento agrícola começa a ser programado. E esse planejamento é feito a partir das informações do clima e de sua variabilidade para a localidade de interesse.

A agricultura é extremamente dependente das condições ambientais, pois estas controlam o seu desenvolvimento. Por isso, antes de implantar algum

projeto agrícola, deve-se sempre ter em mente que o primeiro passo é identificar áreas com alto potencial de produção, ou seja, áreas onde o clima e o solo permitam o desenvolvimento adequado da cultura em questão.



### Refleta

Possivelmente você já ouviu dizer que, no Brasil, “tudo o que se planta se colhe”. Você já parou para pensar se isso é realmente possível? Pensando um pouco mais profundamente nesse assunto, por que se cultiva uma cultura em uma região e em outra não? Por que uma cultura pode apresentar diferentes rendimentos em anos de produção? Como a planta responde às variações de clima?

Portanto, passa a ser fundamental conhecer como se dá a relação entre as espécies cultivadas, o solo e a atmosfera, pois dessa forma haverá a possibilidade de entender melhor como o tempo e o clima influenciam o desenvolvimento das culturas.

Já vimos que, para seu pleno desenvolvimento, de forma a alcançar sua produtividade econômica, cada cultura necessita de certas condições climáticas favoráveis durante os diversos ciclos de sua vida vegetativa. Isso quer dizer que há limites de temperatura e de quantidade de água em cada fase do seu ciclo, que impedirão a produtividade esperada se mantidas fora de uma ordem.

O zoneamento agroclimático pode ser um excelente instrumento de planejamento dos recursos naturais essenciais, como o solo e a água (BHERING *et al.*, 2014). É de grande importância para o planejamento dos programas voltados para a agricultura, levando-se em conta, no levantamento que define a aptidão agrícola, que os fatores analisados diferem de região para região.



### Pesquise mais

Leia o texto “Aptidão ecológica da cultura do cacau” e descubra um pouco mais sobre o conceito de aptidão agrícola. Nele você encontrará um exemplo de aptidão agrícola da cultura do cacau para o estado de São Paulo, e poderá identificá-lo no mapa com as regiões de São Paulo e sua aptidão para esta cultura.

ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Aptidão ecológica da cultura do cacau. *Ciagro*, 1974.

Como visto, no planejamento agrícola deve ser levado em consideração as informações agrometeorológicas, dentre elas o zoneamento

agroclimático, em que se busca o entendimento da aptidão climática que determinada região ou localidade tem.

Assim, pelo zoneamento agroclimático é possível definir a aptidão para o cultivo de determinada cultura de interesse agrícola, considerando suas exigências agroclimáticas. Em outras palavras, o que se busca com o zoneamento agroclimático é identificar, por meio da produção de mapas, a aptidão climática de uma região ou ainda a época mais adequada para o plantio da cultura. Isso permite que o profissional ligado ao agronegócio consiga identificar de maneira visual a adaptabilidade de uma cultura em uma região qualquer, podendo alcançar um maior retorno dos investimentos disponibilizados.

Esse conhecimento é de extrema importância, pois diminui sensivelmente o risco de insucesso e conseqüente prejuízos ao se buscar a instalação de uma cultura em determinada região. Não se planta uma cultura com exigências de baixas temperaturas em local de alta temperatura, pois certamente os resultados serão os piores possíveis.

No Brasil, o zoneamento agroclimático vem sendo utilizado desde a década de 1970, como ferramenta de apoio na expansão agrícola para as novas áreas de fronteiras agrícolas. Desde então a metodologia evoluiu significativamente e atualmente é inclusive ferramenta de tomada de decisão para financiamento e seguros agrícolas adotada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A grande maioria desses levantamentos é oriunda das culturas de grande valor econômico, porém já há estudos para culturas de cunho regional.



### **Pesquise mais**

O zoneamento agrícola é de fundamental importância para o trabalho agrícola. Acesse o vídeo a seguir e entenda um pouco mais o processo de zoneamento agroclimático e como sua aplicação pode ser útil para o agronegócio em tempos de mudanças climáticas.

ASSAD, Eduardo Delgado. Zoneamento agrícola e mudanças climáticas - Parte 1. Brasília, DF: Fapesp; Embrapa, 2012. 1 vídeo (3min48s), son., color.

O zoneamento agroclimático elaborado para fins de utilização em culturas anuais é importante, pois permite a escolha de melhores épocas de semeadura, desenvolvimento das plantas e colheita. Para as culturas perenes a escolha de regiões para sua implantação tem relevância, pois essas culturas passarão por longos períodos no campo.

Muitas são as atividades agrícolas que dependem das variações de temperatura (CRUZ *et al.*, 2009). Variações na quantidade de chuvas, ocorrência de veranicos, oscilações de temperatura média são alguns dos fatores que causam preocupação nos agricultores, e quando podem ser previstos, os seus efeitos podem ser minimizados.

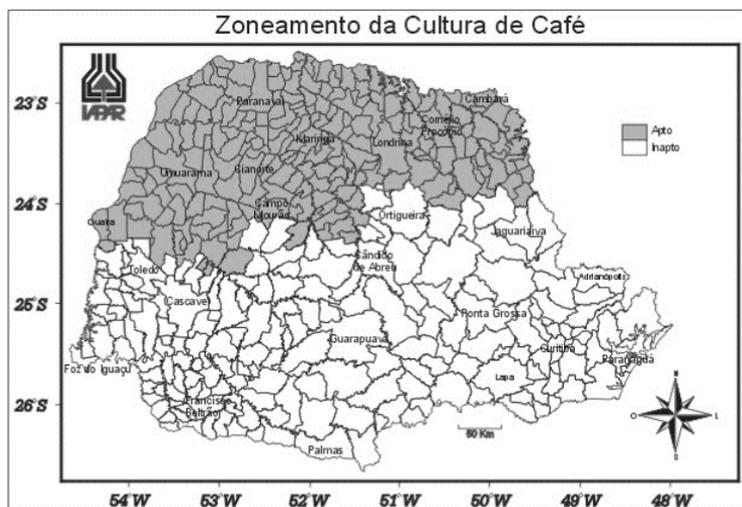
Como resultado do trabalho de zoneamento climático são definidas três classes de aptidão. A primeira é a classe “apta”, quando há condições hídricas e térmicas para o pleno desenvolvimento da cultura em análise. Uma segunda classificação é a classe “inapta”, na qual há grandes limitações térmicas e hídricas para que a cultura se desenvolva satisfatoriamente. Por último, há a classe “marginal”, quando há alguma restrição térmica ou hídrica.

Portanto, cabe ao profissional do agronegócio identificar as áreas aptas para a implantação de projetos agrícolas. Lembrando que uma área com classificação marginal não exclui a possibilidade de cultivo, desde que seja reposta sua restrição. Por exemplo, uma área marginal por deficiência hídrica pode ser utilizada, desde que haja a possibilidade de uso da irrigação, cabendo ao profissional identificar essa possibilidade.

Nas Figuras 4.1 e 4.2 são apresentados alguns exemplos de zoneamento agroclimático.

Na primeira é possível verificar o zoneamento agroclimático do estado do Paraná para a cultura de café. Já a segunda figura trata-se do zoneamento agroclimático para a cultura da goiaba.

Figura 4.1 | Zoneamento agrícola para a cultura do café no Paraná



Fonte: adaptado de <http://www.iapar.br/arquivos/Image/Zoneamento/Cafe.jpg>. Acesso em: 28 fev. 2019.

Na Figura 4.1 observa-se que há duas regiões distintas para a produção do café no Paraná. Uma localizada na região norte apta para o cultivo e outra localizada mais ao sul do estado, onde não é indicado o cultivo.

Já na Figura 4.2, para o caso da cultura da goiaba, verifica-se que há duas regiões consideradas aptas, uma compreendendo o norte e oeste do estado, e outra pequena faixa ao sul do estado. Porém a maior parte do estado é considerada inapta para a produção da cultura.

Figura 4.2 | Zoneamento agrícola para a cultura da goiaba no Paraná



Fonte: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/Zoneamento/Goiaba.jpg>. Acesso em: 28 fev. 2019.

Além do zoneamento agroclimático, as informações agrometeorológicas assumem também papel importante no planejamento da agricultura irrigada, sendo o balanço hídrico climatológico a principal informação a ser considerada (PEREIRA *et al.*, 2002). Dessa forma, são identificados os períodos de excesso ou deficiência hídrica e, a partir dessa informação, define-se qual a forma de cultivo e o período de sua condução.

É muito importante lembrar que o zoneamento agroclimático não é um produto estático ou definitivo, e como tal, sua utilização para a tomada de decisão deve passar por atualizações, incorporando novas informações climáticas sobre a cultura trabalhada (SEDIYAMA *et al.*, 2001).

Desse modo, é uma técnica para delimitação de regiões propícias ao desenvolvimento de culturas em condições de ambiente e econômicas favoráveis, de forma a potencializar seu desenvolvimento e produtividade, de acordo com o potencial genético (FERREIRA, 1997).

Atualmente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio de estudos na área de gestão de risco, linhas de crédito, subvenções econômicas e levantamentos de dados, garante o apoio do estado em todas as fases do ciclo produtivo. Essas ações se dividem em três grandes linhas de atuação: gestão do risco climático, crédito e comercialização.

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura. Sua proposta tem por objetivo principal minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos permitindo que cada município identifique a melhor época de plantio das culturas, considerando as características dos tipos de solo assim como dos ciclos de cultivares.

Para a realização do ZARC, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) adota uma metodologia validada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em que são tomados para análise dados de clima, solo e ciclos de cultivares. Dessa metodologia, são quantificados os riscos climáticos envolvidos na condução das lavouras, que podem ocasionar perdas na produção.

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático foi publicado pela primeira vez na safra de 1996 para a cultura do trigo. Atualmente, os estudos de Zoneamentos do MAPA já contemplam 25 Unidades da Federação e mais de 40 culturas divididas entre espécies de ciclo anual e permanente, além do ZARC para o consórcio de milho com braquiária.

A partir de 1997, reconhecendo a eficiência do Zoneamento Agrícola de Risco Climático do MAPA criado em 1996, o Conselho Monetário Nacional passou a exigir a observância das recomendações do zoneamento agrícola para o enquadramento dos empreendimentos de custeios agrícolas no Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), incentivando a utilização de tecnologia adequada às atividades.



### Assimile

As informações sobre o Zoneamento Agrícola de Risco Climático são divulgadas na forma de portarias, publicadas no *Diário Oficial da União* e também por meio eletrônico, no seguinte site:

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Risco Agropecuário**. Portarias. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 6 dez. 2016; modificado em 27 abr. 2018.

O programa de Zoneamento Agrícola no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento tem contribuído, desde o seu início há dez anos, para uma redução substancial das perdas agrícolas ocorridas devido a fatores climáticos (tais como chuva excessiva, geada e seca) que representavam 95% dos prejuízos registrados.

O gerenciamento de riscos em agricultura é indispensável para produzir sob a força de mercados competitivos. Reduzir riscos é a base para otimizar o desempenho do negócio agrícola visando melhorar o controle dos processos de produção.



### Exemplificando

As portarias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apresentam o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para as culturas de cada estado, ano-safra 2018/2019. Visite o site do MAPA para consultá-las.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Risco Agropecuário. Portarias. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 6 dez. 2016; modificado em 27 abr. 2018.

Selecione o estado desejado e entenda melhor as formas de apresentação do ZARC para as culturas de seu interesse!

Com isso, chegamos ao final desta seção. Acesse os links descritos ao longo deste material e reforce seus conhecimentos sobre o zoneamento agroclimático.

Nas próximas seções você terá a oportunidade de aumentar seus conhecimentos identificando as características necessárias para elaboração do zoneamento climático.

### Sem medo de errar

Iniciamos uma nova unidade de ensino na qual você passou a atuar como consultor agrícola de diversas culturas que compõem uma série de variedades exploradas por um grupo de produtores rurais de agricultura familiar. Entretanto, tem verificado que, de uma forma geral, as produtividades têm ficado abaixo do mínimo esperado e essa situação tem levado inclusive ao abandono das terras. Você então checkou e concluiu que as culturas com maior insucesso são aquelas que não têm adaptação local. Agora, deverá explicar aos produtores a razão de essa situação estar presente. Por que isso acontece?

As plantas reagem de mesma forma em qualquer lugar de implantação?

Para solucionar essa situação é muito importante que você conheça um pouco as características climáticas de cada local. Dessa forma, poderá ilustrar com maior facilidade para os produtores da agricultura familiar as diferenças existentes na produção e que são influenciadas pelo clima.

Você pode começar explicando que as culturas têm diferenças entre si no que tange à adaptação ao clima. Assim, uma determinada cultura pode ter sua produtividade afetada se sofrer estresse por altas temperaturas, enquanto outras apresentam maior resistência ao efeito do sol. A mesma situação pode acontecer pelo excesso ou falta de água durante o ciclo produtivo.

Explique também que fatores como o solo, a variedade escolhida e o relevo também podem influenciar a produtividade agrícola e, dessa forma, as culturas respondem de forma diferenciada de um local para outro, inclusive na mesma região, caso haja diferença desses fatores em cada local.

Termine sua explicação informando que hoje no Brasil há um grande trabalho conhecido como zoneamento agrícola, que permite ao produtor rural conhecer melhor as culturas que estão adaptadas para seu estado e região. Explique que essa ferramenta apresenta zonas com características de clima, solo, relevo e variedades indicadas para cada localidade. Inclusive que estão disponíveis gratuitamente para todos.

Você também pode dar exemplos mais reais, ou seja, apresente para cada localidade visitada as principais culturas aptas para cultivo. Dessa forma você vai ajudá-los a escolher culturas que permitirão maior sucesso e maior lucratividade.

## Avançando na prática

# Zoneamento climático utilizado para tomada de decisão

### Descrição da situação-problema

Como dono de uma fazenda localizada na cidade de Salgueiro, Pernambuco, você se questiona sobre as culturas instaladas em sua propriedade e a produtividade que cada uma tem apresentado. Na fazenda, você tem o plantio de grãos, mas começou a pensar na implantação de frutíferas, pois gostaria de diversificar a produção da propriedade. Dentre as culturas que gostaria de ter na propriedade, você considera que o coco, o abacaxi e o mamão seriam aqueles que mais o interessariam por questões comerciais.

Como profissional do ramo agrícola e com vasta experiência, você se questiona sobre a possibilidade de plantio de cada uma dessas lavouras. Será possível plantar qualquer uma delas? Existem condições específicas para cada cultura escolhida? Existe alguma portaria específica para lhe auxiliar nessa tomada de decisão?

### Resolução da situação-problema

Para tomar essa decisão, a sua experiência conta muito. Você fica em dúvida, pois sabe que o clima do interior de Pernambuco pode ser um fator de insucesso na condução de lavouras, principalmente se essas lavouras demandarem condições específicas de água, por exemplo.

Conhecedor dos processos, você sabe que o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) disponibiliza informações sobre diversas culturas, conhecido como Zoneamento Agrícola Risco Climático. Ao fazer a consulta no site do MAPA e após consultar suas portarias para o ZARC, você pôde identificar que as três culturas desejadas têm zoneamento para o estado de Pernambuco. As portarias referentes ao Zoneamento Agrícola do estado de Pernambuco estão disponíveis a seguir:

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Pernambuco**: safra vigente. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 8 fev. 2017; modificado em: 1 out. 2018.

A partir dessas informações, caberá a você decidir sobre a implantação das culturas de coco ou de abacaxi, pois a banana não é indicada para a região de sua propriedade.

Lembre-se de que ainda há muito trabalho a ser feito para a decisão final. Fatores como mão de obra, disponibilidade de água, custos de produção e mercado devem fazer parte de sua análise.

### Faça valer a pena

**1.** É de grande importância para o planejamento dos programas voltados para a agricultura, levando-se em conta, no levantamento que define a aptidão agrícola, que os fatores analisados diferem de região para região.

A definição apresentada se refere a qual ferramenta utilizada por profissionais da área agrícola, a fim de tomarem decisão quanto à implantação de culturas?

- a) Zoneamento agroclimático.
- b) Balanço energético.

- c) Risco hidráulico.
- d) Classificação de aptidão.
- e) Classificação do clima.

**2.** São quantificados os riscos climáticos envolvidos na condução das lavouras que podem ocasionar perdas na produção. Esse estudo resulta na relação de municípios indicados ao plantio de determinadas culturas, com seus respectivos calendários de plantio.

O texto refere-se a uma metodologia disponibilizada pela Embrapa em parceria com o MAPA. Assinale a opção que define qual é esta metodologia:

- a) Plano anual de controle de resíduos.
- b) Mapeamento cultural e espacial.
- c) Zoneamento agrícola de risco climático.
- d) Sistema nacional de aviso de chuvas.
- e) Sistema brasileiro de classificação do clima.

**3.** Ao final do processo de zoneamento agroclimático, há a recomendação sobre a possibilidade ou risco de implantação de uma cultura em uma determinada localidade, em função de uma série de características relacionadas ao clima, ao solo e ao relevo.

A opção que descreve as classes de aptidão de uma cultura é:

- a) Regular, possível e impossível.
- b) Apta, inapta e marginal.
- c) Plena, restrita e moderada.
- d) Classe 1, classe 2 e classe 3.
- e) Provável, improvável e mista.

## Zoneamento agroclimático: etapas de elaboração

### Diálogo aberto

Caro aluno, começamos a estudar o zoneamento agroclimático para culturas. Trata-se de uma metodologia que busca estabelecer critérios que, combinados entre si, levam a condicionantes que maximizam a produtividade da lavoura. Inclusive, uma série de análises se baseia nesse zoneamento, como a garantia de seguro agrícola liberada pelos órgãos governamentais.

Nesta seção, veremos um pouco mais sobre cada condicionante, seja ele o clima, o solo e o relevo ou mesmo as condições específicas da cultura em análise. Esses são os principais fatores analisados quando se deseja estabelecer o zoneamento agroclimático de uma cultura.

Atuando como profissional do agronegócio e atendendo principalmente a pequenos produtores rurais que trabalham com a agricultura familiar, você vem monitorando a implantação de diversas culturas ao longo de todo o território nacional. Em sua rotina de consultorias e visitas às propriedades, verificou que algumas culturas não se adaptam bem a qualquer lugar. E para essa adaptação muitas vezes não é dada a atenção necessária, pois, para a maioria dos proprietários a ideia é de que, se plantada corretamente, a cultura terá seu pleno desenvolvimento, independentemente do local.

Desta vez você está no Sul do país, visitando pequenos produtores no estado do Paraná. Novamente você se depara com uma situação muito comum em seu dia a dia: pequenas propriedades com diversificação de plantações, porém algumas com baixa produtividade. Porém, ao viajar por todo o estado, há algumas diferenças que você tem observado e que o levam a refletir sobre cada caso com maior atenção.

Uma situação em especial provocou-o ainda mais quando visitou propriedades que plantam feijão: para o plantio de verão, ou seja, de outubro a março, há uma grande diferença entre as áreas plantadas no norte do estado e aquelas plantadas no sul do estado. Por que será que isso ocorre? Será só clima que vem influenciando os resultados esperados? Qual a recomendação que você faria para os produtores de cada região? Haveria alguma outra interferência, como a topografia de uma região em relação a outra? Os solos apresentam as mesmas características?

A seguir, estudaremos mais profundamente cada etapa do processo e então poderemos esclarecer melhor essas dúvidas.

Bom trabalho!

Continuando nosso assunto sobre o zoneamento climático, vimos que ele se trata de uma ferramenta de tomada de decisão quanto à instalação de uma cultura em uma determinada região. Isso porque nem todas as culturas conseguem ter seu pleno desenvolvimento em qualquer local. Existem características tanto da planta como do local que devem ser observadas diminuindo assim o risco de insucesso de uma lavoura.

Em síntese, nesse aspecto, o zoneamento climático permite que se decida o que plantar, quando plantar e onde plantar, com menor risco de perda, em função das adversidades climáticas, de ordem local e regional.

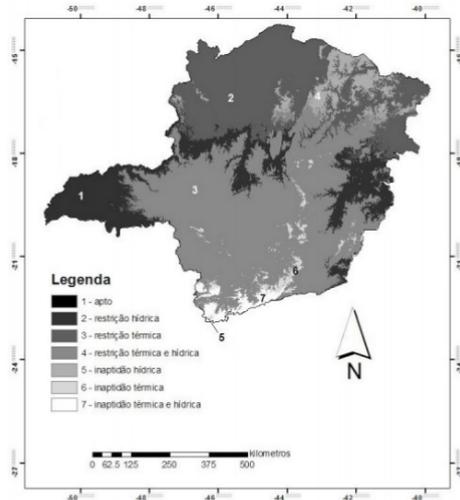
O que podemos ter em mente é que para qualquer cultura existe uma condição favorável para seu pleno desenvolvimento. Assim, quando colocada em condições ideais uma cultura tenderá a produzir o máximo, tendo, portanto, rendimento agrícola desejável.

Tratar do zoneamento agrícola é considerar escolhas de locais indicados para as culturas com o objetivo de se buscar maior rentabilidade possível para os investimentos realizados pelos produtores.

Como informado anteriormente, é a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) a responsável pelo processo de elaboração do zoneamento agroclimático no Brasil. Para isso, todas as informações destinadas a esse fim são coletadas e, após tratamento dos dados, são publicadas informações em documentos oficiais. Nesse levantamento de dados, são buscadas informações sobre as condições de solo da região, dados sobre as potenciais culturas que podem ser trabalhadas, além dos dados climatológicos. A Embrapa usa informações de todas as suas unidades espalhadas pelo território nacional.

A Figura 4.3 ilustra o zoneamento agroclimático para a cultura da cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais.

Figura 4.3 | Aptidão agroclimática para a cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais



Fonte: Almeida, Calijuri e Pinto (2013, [s.p.]).



## Pesquise mais

Silva *et al.* (2013) discorrem sobre os impactos das alterações climáticas no zoneamento agrícola de risco climático da cultura da cana-de-açúcar cultivada na Região Nordeste do Brasil. Leia o artigo indicado a seguir e compreenda como a produção da cultura pode sofrer restrições devido aos fatores do clima.

SILVA, V. de P. R. da *et al.* Risco climático da cana-de-açúcar cultivada na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 180-189, fev. 2013.

Como não existe um modelo único para a elaboração do zoneamento agrícola, o resultado pode ser tratado regionalmente, para uma única cultura ou um grupo de culturas. Os dados e informações de solos, do clima e das culturas são levantados e sistematizados em banco de dados para serem incorporados a ferramentas, tais como modelos agrometeorológicos, de geoprocessamento e de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital (EMBRAPA, [s.d.]). Atualmente são contempladas cerca de 40 culturas em todo o território nacional. Assim, para o Brasil todo há informações sobre culturas comuns, como milho, feijão, arroz, abacaxi, mandioca, banana, e também sobre algumas culturas mais regionais, como o dendê e a punha para o Acre, ou ainda o gergelim e a canola para o Rio Grande do Sul.

Esse trabalho é baseado em diversas informações que passam por uma série de análises e modelagem do clima, da planta e dos solos.

Com relação ao clima, são observados os seguintes aspectos:

- Precipitação pluviométrica, déficit hídrico, disponibilidade de água no solo, estiagem e veranicos.
- Evapotranspiração real e potencial.
- Temperatura, ocorrência de geadas e granizos.

Para o solo, observa-se:

- Disponibilidade de água no solo, baseada na profundidade radicular e na capacidade de água disponível.

E no que diz respeito à cultura, considera-se:

- Sua classificação em grupos característicos, que permite, ao final, a indicação dos períodos de plantio.

Se pensarmos na interação existente entre as culturas e o clima, veremos

que pode ser muito complexa, o que levará a uma grande variedade de estímulos biológicos. Assim, todo profissional que atua com a produção agrícola deve entender que há particularidades envolvendo cada cultura e a condição do ambiente físico, e essa combinação é fundamental para se produzir com eficiência e de forma sustentável.

Como há uma diversidade muito grande de locais onde os fatores agrometeorológicos são divergentes, podem ocorrer variações considerando a análise de uma mesma cultura. Assim, pode-se obter produções expressivas de banana na Região Norte, enquanto na Região Sul a cultura pode sofrer interferência das baixas temperaturas e não produzir o que se espera.

Pensando nisso, as pesquisas avançaram na área genética a procura de cultivares apropriados e adaptados a cada região. O que se tem é cada vez mais culturas adaptadas e que suportam condições adversas de frio ou calor, seca, umidade e assim sucessivamente. Não esquecendo que as condições climáticas também são favoráveis ao surgimento de pragas e doenças e, portanto, ao se desenvolver uma determinada variedade esse ponto deve ser levado em consideração.

Também é de fundamental importância o conhecimento de dados fenológicos das espécies cultivadas, tais como produtividade, ciclos de maturação fisiológica e épocas de semeaduras.



### Assimile

A fenologia estuda as mudanças exteriores (morfologia) e as transformações que estão relacionadas ao ciclo da cultura. Representa, portanto, o estudo de como a planta se desenvolve ao longo de suas diferentes fases: germinação, emergência, crescimento e desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação, formação das sementes e maturação.

Conhecer bem as relações que ocorrem entre cultura e condição meteorológica não é fácil. Geralmente, obtém-se essa informação a partir de dados da cultura, como sanidade, produtividade, fotossíntese, entre outros. Justifica-se, assim, existir uma grande gama de variedades para a mesma espécie vegetal, seguramente em função da melhor interação entre planta e clima.

Portanto, o agricultor deve ter em mãos variedades com capacidade genética adequada, para que possa procurar a condição ambiental que possibilite o pleno desenvolvimento de suas características fisiológicas.

As plantas, de uma forma em geral, são muito sensíveis quando se trata de alterações do ambiente em que são cultivadas, principalmente devido à interação com o ambiente. Em resumo, pode-se dizer que se trata da junção

perfeita para que possa ser expressado seu potencial produtivo da melhor maneira possível.

A aptidão climática destina-se a determinar quais parâmetros meteorológicos são capazes de afetar o pleno desenvolvimento vegetativo, ou seja, quais os fatores climatológicos extremos podem causar algum tipo de dano ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Ao tratarmos da temperatura, precisamos lembrar que qualquer planta tem uma condição de equilíbrio de energia, causado pela temperatura, em que há a satisfação de suas exigências fisiológicas. Quando tratamos de valores mínimos de temperatura para a mínima condição de desenvolvimento, falamos da temperatura basal inferior, e quando falamos de máxima energia dispensada pela temperatura, o conceito é de temperatura basal superior. Entre o intervalo de temperatura basal inferior e a temperatura basal superior é que as plantas têm a condição ambiental propícia para crescer e se desenvolver.

Outro fator importante a ser considerado é que dentro desse limite há uma condição ideal conhecida como temperatura ideal. Nela, a planta vai encontrar as condições ideais, resultando, assim, em alta produtividade.



### Exemplificando

O zoneamento agroclimático para a cultura do café no estado de Goiás indica temperaturas médias anuais entre 18°C e 23°C como as temperaturas limites para a cultura, sendo que índices térmicos médios anuais entre 19°C e 21°C são os ideais. De um modo geral, o cafeeiro é pouco tolerante ao frio. Temperaturas em torno de -3,4°C provocam a morte da parte foliácea da planta. Já regiões com ocorrências frequentes de temperaturas acima de 30°C, durante períodos longos, principalmente na fase do florescimento, causam um grande número de abortos de botões florais.

Para efeitos de zoneamento e utilização dessas temperaturas de referência, temos como delimitar regiões ou zonas de isotermas (linhas de temperaturas iguais) em um mapa da região em que se quer analisar a adaptabilidade da cultura. Isotermas de temperatura basal inferior e temperatura basal superior marcarão os limites para a planta em análise naquela região.

Para locais onde a temperatura for ideal, teremos regiões de pleno desenvolvimento da cultura.

Conhecendo essa região delimitada pelas temperaturas basais máxima e mínimas e pela temperatura ideal, há então a formação de zonas, denominadas:

- Aptas: aquelas com temperaturas próximas da temperatura ideal.
- Marginais próximas e acima da temperatura basal inferior.
- Marginais próximas e abaixo da temperatura basal superior.
- Inaptas: para aquelas superiores à temperatura basal superior ou inferiores à temperatura basal inferior.

Assim, após esse levantamento de temperaturas para a região em estudo, zoneia-se a cultura com relação à necessidade térmica.

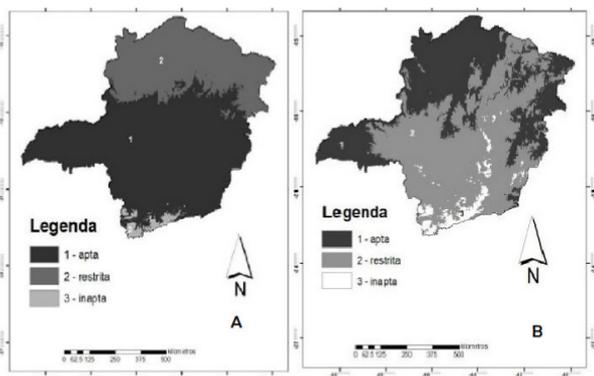
Em seguida, deve-se ter o cuidado de também fazer a análise levando em consideração outro fator climatológico, o fator hídrico. Sempre levando em consideração a deficiência hídrica ou, como vimos anteriormente, a diferença entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real, que ocorre na região onde se deseja realizar o zoneamento agroclimático.

Seguindo a mesma ideia anterior, para a delimitação dos valores numéricos de deficiência hídrica basta estabelecer isolinhas de deficiência hídrica para a região em estudo. Por meio delas será possível delimitar as regiões ou zonas de aptidão hídrica.

Lembrando que para as regiões consideradas marginais ou inaptas devido à condição hídrica há a possibilidade de suplementação via água de irrigação. Cabe ao profissional envolvido no processo verificar se haverá viabilidade para implantação do projeto desejado.

Na Figuras 4.4 podemos verificar o levantamento das informações sobre temperatura (A) e precipitação (B) e a indicação de aptidão para implantação da cultura da cana-de-açúcar para o estado de Minas Gerais.

Figura 4.4 | Aptidão térmica e aptidão hídrica da cultura da cana-de-açúcar para o estado de Minas Gerais



Fonte: Almeida, Calijuri e Pinto (2013, [s.p.]).

Complementando, há de se observar a potencialidade de uma cultura, sendo importante identificar as características de relevo e solo do local em estudo. O que queremos é identificar a aptidão edáfica do local. Assim, relevo, estrutura e textura dos solos devem ser levadas em consideração.

A capacidade de uso do solo é a forma de mostrar como deve ocorrer a sua utilização, e coloca à disposição dos produtores a aptidão do solo, observando sempre sua conservação e produtividade (OMETTO, 1981).

Para o zoneamento agrícola o que se busca é identificar a capacidade do solo em categorias relacionadas às exigências das diferentes formas de exploração agrícola, ou ainda em classes e subclasses distintas de acordo com a destinação a ser feita.

Devem ser observadas as especificações e recomendações contidas na Instrução Normativa nº 2, de 9 de outubro de 2008, da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2008), descritas a seguir:

- Solos Tipo 1: solos de textura arenosa, com teor mínimo de 10% de argila e menor do que 15%, ou com teor de argila igual ou maior do que 15%, nos quais a diferença entre o percentual de areia e o percentual de argila seja maior ou igual a 50.
- Solos Tipo 2: solos de textura média, com teor mínimo de 15% de argila e menor do que 35%, nos quais a diferença entre o percentual de areia e o percentual de argila seja menor do que 50.
- Solos Tipo 3: solos de textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35%.



### **Pesquise mais**

Entender as características do solo e sua importância para a produção agrícola é primordial para que produtores possam ter sucesso em seus empreendimentos.

EMBRAPA. Lançamento dos Mapas de Solos e de Aptidão Agrícola das Áreas Alteradas do estado do Pará. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

Agora você consegue entender um pouco mais sobre o processo de levantamento de informações para a elaboração do zoneamento agroclimático. Essa poderosa ferramenta auxiliará suas ações e tomadas de decisão quando houver necessidade de implantação de uma cultura.

Considerando que o Brasil tem uma extensa área agrícola e também que os especialistas sinalizam para criação de novas fronteiras agrícolas com certeza você precisará lançar mão do zoneamento agroclimático em suas ações.

Caro aluno, o zoneamento agrícola é fundamental para organização dos programas de trabalho e suporte do planejamento da agricultura. Ele é baseado em fatores que definem as aptidões agrícolas, que diferem de região para região.

Retomemos a situação-problema desta seção: você atua no agronegócio e seu público-alvo são os produtores da agricultura familiar. Para esse trabalho, você vem monitorando a implantação de diversas culturas ao longo de todo o território nacional. O que tem visto pelo país afora é que nem sempre a adaptabilidade de culturas ocorre de forma igual quando você compara diferentes regiões.

Lembrando que você está no Sul do país, visitando pequenos produtores no estado do Paraná, e novamente se depara com uma situação muito comum em seu dia a dia, pequenas propriedades com diversificação de plantações, porém algumas com baixa produtividade. No entanto, ao viajar por todo o estado, você passou a observar algumas diferenças que o levaram a refletir sobre cada caso com maior atenção. Uma situação provocou-o ainda mais quando visitou propriedades que plantam feijão. Para o plantio de verão, ou seja, de outubro a março, há uma grande diferença entre as áreas plantadas no norte do estado e aquelas plantadas no sul do estado. Por que isso ocorre? O clima vem influenciando os resultados esperados? Qual recomendação você daria para os produtores de cada região? Há alguma outra interferência, por exemplo, da topografia de uma região em relação à outra? Os solos apresentam as mesmas características?

Para ajudá-lo a responder a essas questões, o primeiro passo que precisa dar é entender as características da cultura do feijão, ou seja, sua fenologia. Conhecer a fenologia da planta e entender que cada variedade deve ser plantada em locais com potencial de produção adequada é importantíssimo. Portanto, a escolha da variedade é fundamental para que haja sucesso nas lavouras.

Após levantar essas informações, busque conhecer as características dos solos de cada região que você visitou. Com certeza você encontrará características bem distintas de fertilidade, textura, profundidade efetiva, suscetibilidade à erosão e drenagem. Essas diferenças de características entre as regiões levarão a distintas formas de manejo e, conseqüentemente, caso não sejam adotadas de forma correta, influenciarão a produtividade da cultura.

Com relação ao clima, o Paraná está localizado na Região Sul do país, caracterizada por temperaturas médias amenas ao longo do ano. Entretanto, deve-se observar que quanto mais ao Sul, menores são as temperaturas, o que pode afetar o desenvolvimento da cultura. Logo, quanto mais ao norte do estado, menores os riscos de perda por variações bruscas de temperaturas

baixas. Analise também a precipitação dos locais. O feijão é uma cultura que demanda quantidades razoáveis de umidade em função de cada etapa de fenologia. Assim tanto a falta como o excesso de umidade do solo podem comprometer a cultura.

Como recomendação, você pode consultar órgãos de assistência técnica do estado e lá identificar com detalhes quais as regiões que estão mais aptas à produção da cultura. O zoneamento agrícola da cultura do feijão pode ser encontrado em instituições como o IAPAR ou mesmo a Emater.

## Avançando na prática

# Zoneamento para a cultura da seringueira

### Descrição da situação-problema

A cultura da seringueira pode ser utilizada para uma infinidade de finalidades. No atual cenário de mudança climática, essa atividade é também importante aliada na redução da emissão de gases de efeito estufa. Você atua como consultor na área de silvicultura e foi chamado para fazer uma análise da possibilidade de implantação dessa cultura no estado de São Paulo. A ideia é implantar a cultura para usos múltiplos, e os investidores querem ter certeza de que estão disponibilizando recursos de forma correta. Por isso solicitaram sua análise do zoneamento da cultura. Quais as informações que você precisaria levantar a fim de realizar essa análise? Quais informações você deve passar aos investidores para que tomem a decisão?

### Resolução da situação-problema

Como um bom profissional, ao aceitar a proposta você começa a levantar dados sobre a cultura. O primeiro passo é estabelecer os mapas agroclimáticos que representam interação entre a climatologia do estado conforme as indicações de temperatura média anual (T) e precipitação total anual (P). Essas características descrevem os diferentes microclimas e restrições térmicas e hídricas que a espécie vegetal encontra ao longo de seu desenvolvimento, que podem favorecer ou mesmo restringir o seu desenvolvimento. Então você prepara mapas temáticos para essas duas variáveis, e a partir daí deve levantar informações sobre as exigências da cultura levando em consideração os limites de temperatura e a necessidade hídrica da cultura. Deve levantar informações sobre a pedologia do estado, ou seja, identificar a capacidade do uso do solo. Nesse caso, também pode elaborar mapas de

capacidade do uso do solo para o estado. Levantadas todas essas informações, o próximo passo é elaborar o zoneamento agroclimático para a cultura no estado e, a partir do cruzamento das informações, deve identificar áreas que estejam aptas, mas com algum tipo de restrição (restrição por temperatura, deficiência hídrica ou uso do solo), ou ainda áreas consideradas inaptas para a cultura da seringueira.

A apresentação poderá ser feita no formato de relatório contendo os mapas temáticos, as características e exigências da cultura e, por fim, o mapa de zoneamento da cultura.

### Faça valer a pena

**1.** O zoneamento agroclimático é uma ferramenta de grande importância para a tomada de decisão no que diz respeito à decisão de implantação de determinada cultura uma vez que identifica a potencialidade da cultura e busca rentabilidade possível para os investimentos realizados pelos produtores. Para sua elaboração devem ser levadas em consideração as seguintes informações:

- I. Dados de temperatura.
- II. Dados de precipitação.
- III. Dados de uso do solo.
- IV. Dados de irrigação.
- V. Dados de doenças das plantas.

A partir desse contexto, assinale a alternativa que contempla as informações que devem ser utilizadas para elaboração do zoneamento agroclimático.

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

**2.** A aptidão climática destina-se a determinar os parâmetros meteorológicos capazes de afetar o pleno desenvolvimento vegetativo, ou seja, determina quais fatores climatológicos extremos podem causar algum tipo de dano ao crescimento e desenvolvimento das plantas. No contexto de análise do zoneamento agroclimático, essas variáveis merecem uma análise detalhada.

Assinale a alternativa que indica corretamente quais variáveis climatológicas devem ser analisadas.

- a) Ponto de orvalho e geada.
- b) Geada e ventos.
- c) Radiação solar e ventos.
- d) Temperatura e precipitação.
- e) Relevo e chuva.

**3.** Você deseja implantar a cultura do arroz no estado de Mato Grosso do Sul. Ao fazer o estudo da cultura, identifica que a cultura demanda índices hídricos de 4 mm a 7 mm por dia. Ao levantar os dados de pluviosidade, verifique que, para a época de plantio, há ocorrência de precipitação média mensal de 80 mm.

Analise os dados e assinale a alternativa que contempla a recomendação correta para o plantio da cultura.

- a) O plantio não deve ser recomendado.
- b) Plantio recomendado com suplementação de irrigação.
- c) Plantio recomendado sem suplementação de irrigação.
- d) Plantio recomendado devido restrição térmica.
- e) Plantio recomendado por restrição edáfica.

## Metodologias para elaboração do zoneamento agroclimático

### Diálogo aberto

Caro aluno, no decorrer desta unidade conhecemos informações sobre o zoneamento climático, seu histórico e o motivo de elaborá-lo. Vimos que essas informações são necessárias para a tomada de decisão quando da implantação da cultura, além das informações sobre a cultura em si.

Agora falaremos um pouco sobre as metodologias adotadas, os dados de clima para o zoneamento, os dados da cultura e suas exigências, e veremos informações sobre as principais culturas zoneadas no Brasil.

Esse é um assunto fundamental quando pensamos na correta condução de uma lavoura, pois o bom profissional deve se basear nas condições favoráveis à cultura, levantando diversas informações a fim de evitar riscos desnecessários.

Para exercitar esse tema, vale lembrar que na situação-problema você é um profissional do agronegócio atendendo principalmente pequenos produtores rurais que trabalham com a agricultura familiar, e trabalha monitorando a implantação de diversas culturas ao longo de todo o território nacional. Nessa sua rotina de consultorias e visitas às propriedades, verificou que algumas culturas não se adaptam bem a qualquer lugar. Muitas vezes não é dada a atenção necessária para essa adaptação, pois para a maioria dos proprietários a ideia é de que, se cultura for plantada corretamente, terá seu pleno desenvolvimento, independentemente do local.

Conhecedor da situação vivida pela maioria dos pequenos produtores rurais e de suas propriedades, você se propõe a realizar um estudo no qual identificará o potencial de plantio da mandioca em diversos locais do Brasil. A escolha foi baseada na importância dessa cultura para as famílias rurais de baixa renda, típicas da agricultura familiar. Você levará informações sobre a cultura para três estados especificamente, sendo eles Acre, Minas Gerais e Santa Catarina. Quais características dessa cultura devem ser levadas em consideração para o plantio? Diferentes climas interfeririam no desenvolvimento da lavoura ou não há diferenças entre esses estados? O zoneamento agrícola dessa cultura pode ajudá-lo a encontrar essas informações, inclusive indicando as melhores épocas para plantio?

A seguir, entenderemos mais sobre esse assunto.

Bons estudos!

Estamos tratando de um assunto de grande importância para a atuação do profissional do agronegócio, o zoneamento agroclimático. Buscaremos entender como aplicar essa metodologia para, então, partirmos para a tomada de decisão sobre a possibilidade de implantação de uma determinada cultura em um local ou região específicos.

O que se busca com o zoneamento de áreas propícias para o agronegócio é a identificação de locais com características similares ou homogêneas, levando em consideração clima, solo, biologia local e fatores socioeconômicos, bem como a sustentabilidade dessas áreas.

Cada zona tem uma combinação similar de limitações e potencialidades para o uso das terras. Essa combinação serve como ponto de referência para as recomendações delineadas para melhorar a situação do uso das terras, seja incrementando a produção ou limitando a degradação dos recursos naturais (FAO, 1997).

Vale lembrar que, ao analisar uma determinada região visando à implantação de culturas de interesse agrícola, devem ser também analisados detalhes como a preservação de solos e recursos hídricos, e a proteção de fauna e flora.

Quando se trata de metodologia, não podemos afirmar que há uma metodologia única. Afinal, a decisão de zonear uma cultura pode levar em consideração somente uma região ou ainda uma cultura, ou grupo de culturas. De qualquer maneira, o profissional deve ter em mente que esse trabalho dependerá principalmente da capacidade de geração e levantamento de informações técnicas, científicas e dados disponíveis.

Esse levantamento de dados de clima, solo e culturas deve ser trabalhado como um grande banco de dados e posteriormente associado aos modelos agroclimatológicos, geoprocessamento, sensoriamento remoto e posteriormente consolidados por meio de técnicas digitais de processamento.

De posse desse levantamento de informações ou variáveis, há o posterior georreferenciamento para incorporação aos SIGs (Sistema de Informações Geográficas). A partir disso são realizadas análises, classificação com posterior apresentação na forma de mapas, notas técnicas e relatórios.

Sabemos que para a implantação de uma cultura deve-se buscar identificar as exigências da espécie com as características ambientais do local onde se pretende cultivá-la. O entendimento se baseia no fato de que cada espécie vegetal demanda características de solo e clima, buscando assim a melhor relação custo benefício.

Portanto, dessa análise de custo benefício, a melhor condição será aquela que se aproxima das condições ideais para o pleno desenvolvimento da

cultura. Por outro lado, haverá a necessidade de intervenções que limitarão o cultivo ao se tornarem dispendiosas.

Ao final desse trabalho de análise haverá a definição de locais ou regiões:

- Com aptidão, representadas por características favoráveis ao desenvolvimento da cultura, possibilitando, assim, atividades rurais comerciais.
- Com algum tipo de restrição, como restrição climática, que pode prejudicar etapas do desenvolvimento da cultura, ou ainda restrição hídrica, sendo que em ambos pode haver algum tipo de controle, possibilitando a condução da lavoura.
- No pior dos casos, com condições severas que não permitirão a exploração comercial da cultura.

Conhecer o clima da região passa a ser então primordial para o sucesso do zoneamento agroclimático. Levantar dados climáticos de uma região significa levantar informações contínuas de dados meteorológicos, desde temperatura, radiação, vento, precipitação, além de outras variáveis que possam subsidiar estudos diversos, como a previsão de safras, indicação de sistemas de produção, classificação do clima, entre outros.

As condições meteorológicas, dentro de um sistema de produção, afetam todo o ciclo de uma cultura. Isso quer dizer que, ao longo de seu ciclo, a cultura sofre interferência das variáveis meteorológicas, podendo potencializar seu desenvolvimento ou ainda trazer danos irreversíveis, chegando à perda total da cultura.

Além de influenciar o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, o clima afeta também a relação das plantas com microrganismos, insetos, fungos e bactérias. Dessa forma, favorece ou não a ocorrência de pragas e doenças, o que demanda medidas de controle adequadas. Muitas práticas agrícolas de campo, como o preparo do solo, a semeadura, a adubação, a irrigação, as pulverizações, a colheita, entre outras, depende também de condições específicas de tempo e de umidade no solo para que possam ser realizadas de forma eficiente (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

De modo geral, quando se trata de levantar informações sobre o clima local, as principais variáveis meteorológicas que devem ser levadas em consideração são aquelas que de alguma maneira afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas.

Assim, o que se busca são informações completas sobre precipitação local, temperatura do ar e radiação solar, fotoperíodo, vento (velocidade e direção predominante), umidade do ar e do solo.

A energia para que ocorra todos os processos de fotossíntese nas plantas provém da radiação solar, que pode, portanto, afetar o crescimento da biomassa das plantas, regulando também o crescimento e o desenvolvimento vegetal.

Já a temperatura tem efeito direto nos processos das plantas, como a respiração, a transpiração, pousio vegetativo, etapas de desenvolvimento das fases fenológicas da planta, a indução ao florescimento, dentre outros fatores.

A precipitação interfere indiretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas. Diretamente, a chuva não afeta os processos metabólicos das plantas, mas sim pela disponibilidade de água no solo, influenciando a absorção de água pelas raízes e a condição hídrica das culturas. Como resultado, tanto o excesso quanto a falta de umidade disponível para a planta leva à redução da produtividade da cultura.

Essa combinação entre temperatura e chuva se torna a principal variável meteorológica para a elaboração do zoneamento agroclimático.

Ao analisarmos o fotoperíodo, levamos em consideração o efeito que essa variável tem sobre o desenvolvimento e produtividade das lavouras. Isso é feito pois algumas culturas são extremamente dependentes desse fator, por isso deve ser considerado no zoneamento agroclimático. Como exemplo temos a soja, que só atinge sua fase reprodutiva se o fotoperíodo crítico for alcançado, ficando em média ao redor de 13 a 14 horas.

No caso do vento, precisamos avaliar principalmente sua velocidade, que em condições moderadas promove a renovação de suprimentos de gás carbônico e transpiração das plantas. Porém, se houver velocidade excessiva isso causará não somente danos ao ciclo fisiológico da cultura como também danos mecânicos irreversíveis. Assim, essa variável também deve se fazer presente na análise do zoneamento agrícola para regiões suscetíveis à sua ação.

Na análise do zoneamento agrícola, a umidade relativa exerce papel importante, pois seus efeitos tanto podem ser nocivos quanto positivos, ou seja, tanto o excesso quanto a falta de umidade interferem nas condições das culturas.



### **Pesquise mais**

O zoneamento agroclimático parte do princípio de que há delimitações de áreas de características edafoclimáticas similares, e, a partir disso, a recomendação de áreas com aptidão para o plantio.

Leia o artigo sobre aptidão agroclimática, indicado a seguir, e entenda um pouco mais sobre ela na cultura da videira no Estado da Bahia.

TEIXEIRA, A. H. de C. *et al.* Aptidão agroclimática da cultura da videira no Estado da Bahia, Brasil. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 107-111, abr. 2002.

Atualmente há uma grande rede de estações meteorológicas no Brasil, o que permite a coleta de informações, inclusive daquelas coletadas ao longo de séries históricas com mais de 30 anos, possibilitando, assim, garantir a qualidade da informação coletada.

Essas informações estão disponíveis a todos os interessados em diversos órgãos governamentais, tais como órgãos de pesquisa (Embrapa), agências de assistência técnica (IAPAR), ou ainda através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A consulta é simples e feita diretamente nos sites dessas instituições.



### Refleta

Atualmente há uma grande preocupação dos órgãos ligados à agricultura no que diz respeito ao correto direcionamento de políticas que permitam o pleno desenvolvimento das culturas implantadas em todo o território nacional. Por que esse tipo de preocupação existe no país? Trata-se somente de questões políticas institucionais ou há também a preocupação com os impactos causados pela agricultura? Conhecendo as culturas, suas exigências e determinando melhores locais para sua instalação traremos benefícios ao país? Quais seriam esses benefícios?

Destacamos que o clima é fator primordial para a produção das culturas comercialmente exploradas. No que tange às características exigidas pelas culturas, há uma grande complexidade na relação entre a cultura e as condições meteorológicas. Sua associação em grande parte é feita analisando-se dados de desenvolvimento da planta. Conhecer todas as características da planta e associar esse conhecimento às condições de severidade do clima é fundamental.

Associa-se a essa complexidade a grande variedade de cultivares que são cultivadas visando buscar a melhor combinação entre esses fatores. Há, portanto, cada vez mais o uso de culturas com adaptação de cultivares para os diversos climas encontrados.



## Exemplificando

Um bom exemplo desta adaptabilidade de culturas em função das exigências climáticas é a cultura da uva. Originalmente cultivada em regiões de clima frio, atualmente a cultura é amplamente cultivada em locais de clima quente. Regiões localizadas no Vale do Rio São Francisco produzem uva em alta escala, gerando divisas através do comércio interno e externo, disponibilizando renda para trabalhadores e empresários, além de utilizar a mais avançada tecnologia para produção.

Atualmente há uma grande variedade de culturas que têm o zoneamento agroclimático. Trata-se de informações disponibilizadas pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que permitem que os riscos relacionados aos fenômenos climáticos extremos sejam minimizados, além de contribuírem para a identificação da melhor época para o plantio das culturas.

De posse dessas análises, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) faz a divulgação do zoneamento agroclimático mediante portarias por cultura e por estado.

Esse trabalho teve início em 1996 com informações sobre o zoneamento da cultura do trigo e atualmente há uma gama de cerca de 44 culturas com zoneamento estabelecidos para vinte e quatro estados do Brasil. Essas culturas são divididas entre culturas de ciclo anual e culturas de ciclo perene.

Há um total de vinte culturas de ciclo anual, sendo elas de abacaxi, algodão, amendoim, arroz, aveia, canola, cevada, feijão phaseolus e feijão caupi, gergelim, girassol, mamona, mandioca, melancia, milheto, milho, soja, sorgo, trigo e consórcio de milho com braquiária.

Para as culturas de ciclo perene há um total de 24 culturas, sendo elas de açaí, ameixa, banana, cacau, café, caju, cana-de-açúcar, citros, coco, dendê, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, nectarina, palma forrageira, pera, pêssego, pimenta-do-reino, pupunha, seringueira, sisal e uva.

Como exemplo do processo de zoneamento agroclimático para uma cultura de ciclo anual, na Figura 4.5 é apresentado o zoneamento agroclimático para a cultura do trigo. Nela podemos observar que a cultura é indicada para os estados do centro-sul do país; a maior parte dos estados do Nordeste e do Norte não são recomendados para a cultura.

Figura 4.5 | Zoneamento agroclimático para a cultura do trigo



Fonte: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuário/cultivares>. Acesso em: 1 mar. 2019.



### Assimile

Culturas de ciclo anual, também conhecidas como culturas de ciclo curto, são aquelas cujo ciclo produtivo se completa em um ano ou ainda em tempo menor do que um ano. Após sua colheita todas as etapas do ciclo produtivo se repetem, como, preparo do solo, plantio, tratos culturais etc. Já as culturas de ciclo perene, ou de ciclo longo, são aquelas em que não há a necessidade de replantio após sua colheita. Nesse caso são somente utilizados os tratos culturais para manutenção periódica para posterior desenvolvimento de nova safra.

A Figura 4.6 apresenta informações sobre o zoneamento agroclimático para uma cultura do ciclo perene, no caso a seringueira para o estado de Goiás. Por ela podemos verificar que a indicação de plantio da cultura deve ser feita preferencialmente na porção centro-sul do estado.



a maioria dos proprietários, se a cultura estiver plantada corretamente, ela terá seu pleno desenvolvimento, independentemente do local.

Conhecedor que é da situação vivida pela maioria dos pequenos produtores rurais e de suas propriedades, você se propõe a realizar um estudo no qual identificará o potencial de plantio da mandioca em diversos locais do Brasil. A escolha foi baseada na importância dessa cultura para as famílias rurais de baixa renda, típicas da agricultura familiar. Você levará informações sobre a cultura para três estados especificamente, sendo eles Acre, Minas Gerais e Santa Catarina. Quais características dessa cultura devem ser levadas em consideração para o plantio? Diferentes climas interfeririam no desenvolvimento da lavoura ou não há diferenças para esses estados? O zoneamento agrícola para essa cultura pode ajudá-lo a obter essas informações, inclusive indicando as melhores épocas para plantio?

Nessa situação você trabalhará com condições bem diferentes em cada local, já que estamos falando de três estados, um na Região Norte, outro na Região Sul e outro na Região Sudeste.

A primeira etapa é conhecer a cultura. Deve-se conhecer informações sobre demandas por temperatura e necessidade hídrica, as exigências quanto aos solos em que a cultura pode ser plantada, quais as cultivares existentes no mercado e quais são as variedades adequadas para cada localidade.

Sabe-se que a mandioca é originária de região tropical, e encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento em todos os climas tropicais e subtropicais. É cultivada na faixa compreendida entre 30 graus de latitudes norte e sul. A faixa ideal de temperatura situa-se entre os limites de 20 °C a 27 °C (média anual), podendo a planta crescer bem entre 16 °C e 38 °C. Quanto à demanda hídrica, locais com precipitação entre 1.000 mm e 1.500 mm atendem.

Do ponto de vista de solos, o mandiocal deve ser instalado em áreas planas ou suavemente onduladas. Como o principal produto da mandioca são as raízes, ela necessita de solos profundos e friáveis (soltos), sendo ideais os solos arenosos ou de textura média, por possibilitarem um fácil crescimento das raízes, pela boa drenagem e pela facilidade de colheita.

Essas informações já serviriam de base para que fosse elaborado o zoneamento agroclimático dessa cultura, associadas às informações para cada estado em que se deseja fazer o plantio.

Esse conjunto de informações permitiria também que você identificasse se haveria épocas do ano com limitações ao plantio da mandioca, quer seja por baixas temperaturas em épocas de inverno ou deficiência hídrica em épocas de seca.

Portanto, levantar informações e associá-las ao zoneamento agroclimático é de fundamental importância para o sucesso de implantação de culturas ao longo de todo o território nacional.

## Avançando na prática

# Zoneamento agrícola e tomada de decisão

### Descrição da situação-problema

Como responsável pela elaboração de projetos na área agrícola você foi chamado para atuar em uma grande propriedade em Marabá, no estado do Pará, sendo solicitado que trabalhasse na indicação de culturas que pudessem ser implantadas na propriedade. A propriedade está localizada em uma região onde há grande produção de bovinos e o produtor quer diversificar sua propriedade. Você nunca havia visitado anteriormente a região e por isso tem poucas informações acerca das características locais. Como indicar o plantio de culturas para uma região que nunca visitou? Quais os critérios utilizaria para recomendação da cultura a ser implantada? Há aptidão agrícola para a região? Ou a recomendação é continuar somente com a produção bovina?

### Resolução da situação-problema

Apesar de não conhecer a região, isso não será um impeditivo para seu trabalho, afinal você sabe que existem diversas empresas de pesquisa e desenvolvimento que disponibilizam informações. Em sua pesquisa, você busca dados sobre o zoneamento agroclimático para o estado do Pará e descobre que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento disponibiliza todas as informações necessárias que servirão de embasamento para sua tarefa.

Ao acessar as portarias de zoneamento disponíveis para o estado, identifica que são indicadas para plantio as seguintes culturas: de abacaxi, açaí, arroz, banana, cacau, citros, coco, dendê, feijão, gergelim, girassol, mamão, milho, pimenta-do-reino, pupunha e soja. Entretanto as culturas de açaí, abacaxi, banana, cacau, citros, coco, feijão, gergelim, girassol, mamão, mandioca, mamona, maracujá, pimenta-do-reino, pupunha, não têm zoneamento para a cidade de Marabá e, portanto, não são indicadas para plantio.

Dentre essas culturas, as únicas indicadas para plantio em Marabá são: de arroz, dendê, milho e soja, que têm zoneamento e recomendação para o plantio.

Cabe agora entender quais recursos o proprietário da terra tem para disponibilizar e, a partir dessas informações, fazer a escolha dentre as culturas

indicadas. Leve em consideração fatores agronômicos, como a disponibilidade de cultivares na região, orçamento para custeio da lavoura, colheita e distribuição da produção. Também é recomendável adotar sistemas de integração lavoura-pecuária visando à diversificação de produtos da fazenda.

### Faça valer a pena

**1.** As informações são divulgadas anualmente pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no *Diário Oficial da União* para a vigência da safra indicada. Nessas portarias é possível encontrar um resumo do estudo, a lista de cultivares indicadas para cada região e a relação de municípios com os respectivos calendários de plantio.

Quanto a essas informações, pode-se dizer que se referem ao:

- a) Zoneamento agroclimático.
- b) Zoneamento do solo.
- c) Zoneamento do clima.
- d) Zoneamento comercial.
- e) Zoneamento rural.

**2.** Representa a junção de algumas características edafoclimáticas que, ao serem analisadas, permitem identificar áreas comuns que servirão de indicação para delimitar a potencialidade de implantação de culturas agrícolas e que são fundamentais para o trabalho do profissional da área agrícola.

Assinale a opção que representa a descrição apresentada:

- a) Classificação climática.
- b) Classificação do solo.
- c) Áreas de relevo.
- d) Zoneamento agroclimático.
- e) Zoneamento urbano.

**3.** Ao elaborar o zoneamento agroclimático para a cultura da aveia no estado do Paraná, foi detectada uma região na qual o fator hídrico é limitante, justamente na época de plantio da lavoura. No mapa de zoneamento, essa condição foi tratada como restrita.

Assinale a opção que representa a correta recomendação para implantação da cultura na condição citada:

- a) Plantio recomendado mediante irrigação suplementar.
- b) Plantio recomendado, porém necessita de adubação de correção.
- c) Plantio não recomendado devido ao estresse hídrico.
- d) Plantio não recomendado por falta de irrigação.
- e) Plantio não recomendado devido ao tipo de solo.

## Referências

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Fenologia**. [s.d.]. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_68\\_22122006154840.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_68_22122006154840.html). Acesso em: 1 mar. 2019.

ALMEIDA, T. S.; CALIJURI, M. L.; PINTO, L. B. Zoneamento agro-climático da cana-de-açúcar para o estado de Minas Gerais com base em regressões múltiplas. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 352-355, set. 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862013000300011&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862013000300011&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 28 fev. 2019.

BHERING, S. B. *et al.* Geotecnologias aplicadas ao zoneamento agroecológico do estado do Mato Grosso do Sul. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 171-187, jan./abr. 2014.

BRASIL. Secretaria de Política Agrícola. Instrução Normativa nº 2, de 9 de outubro de 2008. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 197, p. 71, 10 out. 2008.

CRUZ, G. *et al.* Levantamento de horas de frio nas diferentes regiões de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 22, n. 1, p. 44-47, mar. 2009.

EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico**: perguntas e respostas. [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-zoneamento-agroecologico/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 1 mar. 2019.

FAO. **Zonificación agro-ecológica**: guia general. Roma: FAO, 1997. 82 p. (FAO. Boletim de Suelos, 73)

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 478 p.

SEDIYAMA, G. C. *et al.* Climatological zoning for arabic coffee (*Coffea arabica* L.) in the state of Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/revista/cap14.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2019.

TEIXEIRA, A. H. de C. *et al.* Aptidão agroclimática da cultura da videira no Estado da Bahia, Brasil. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 107-111, abr. 2002. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662002000100019&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000100019&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 1 mar. 2019.



ISBN 978-85-522-1354-3



9 788552 213543 >