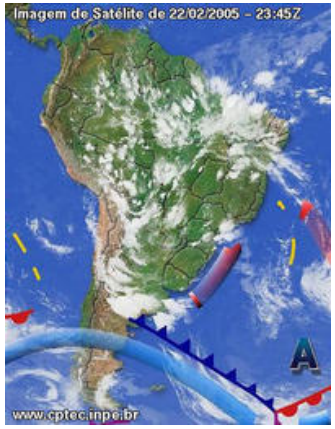


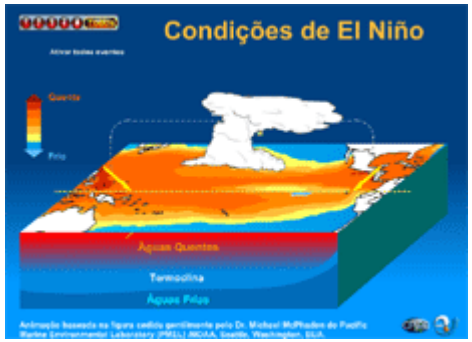
LCE 306 – Meteorologia Agrícola

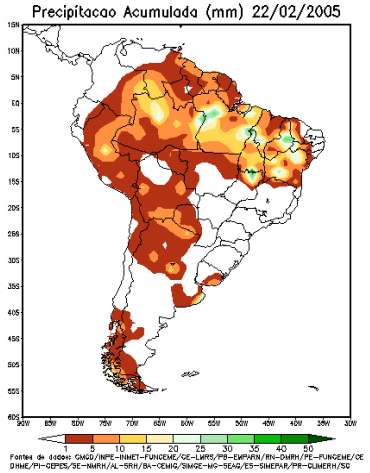
Prof. Paulo Cesar Sentelhas

Prof. Luiz Roberto Angelocci

Aula # 2

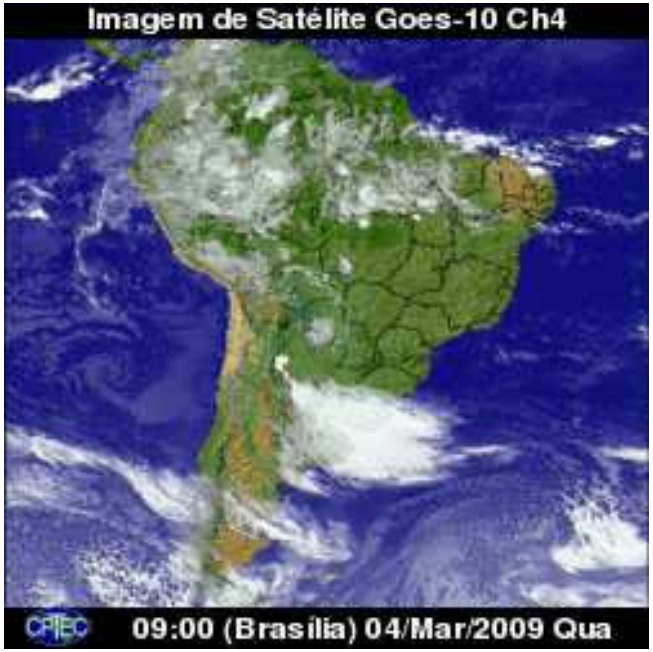
Definições e Conceitos





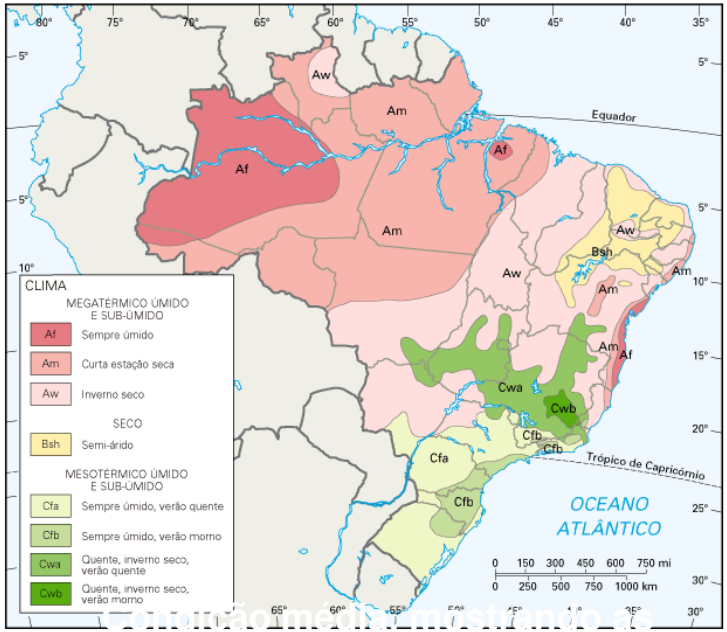
ESALQ/USP – 2009

Tempo e Clima



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, etc...

Para um dado local, o estado da atmosfera pode ser descrito tanto em *termos instantâneos*, definindo a **condição atual**, a qual é extremamente *dinâmica*, como também em *termos estatísticos*, definindo a **condição média**, a qual é por sua vez uma descrição *estática*.



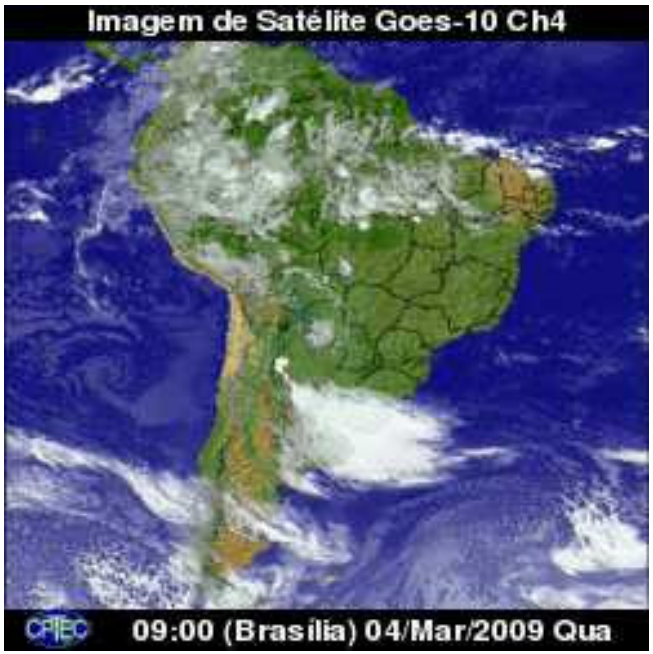
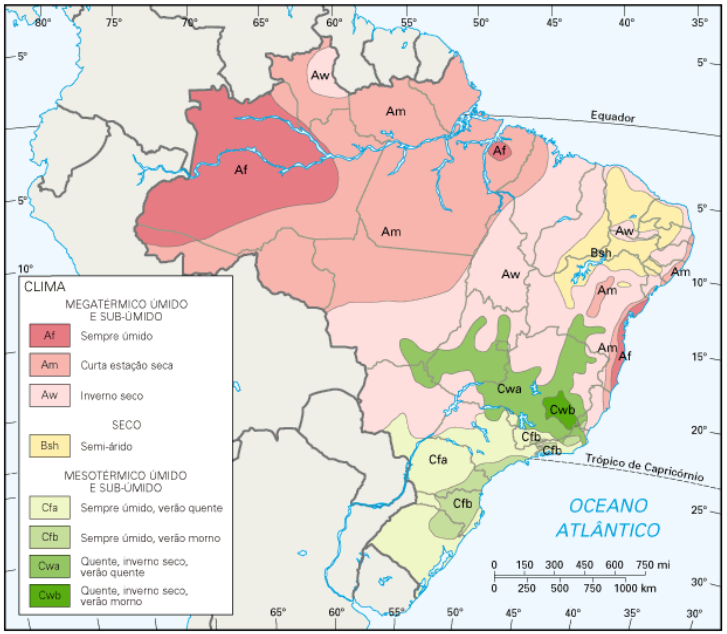


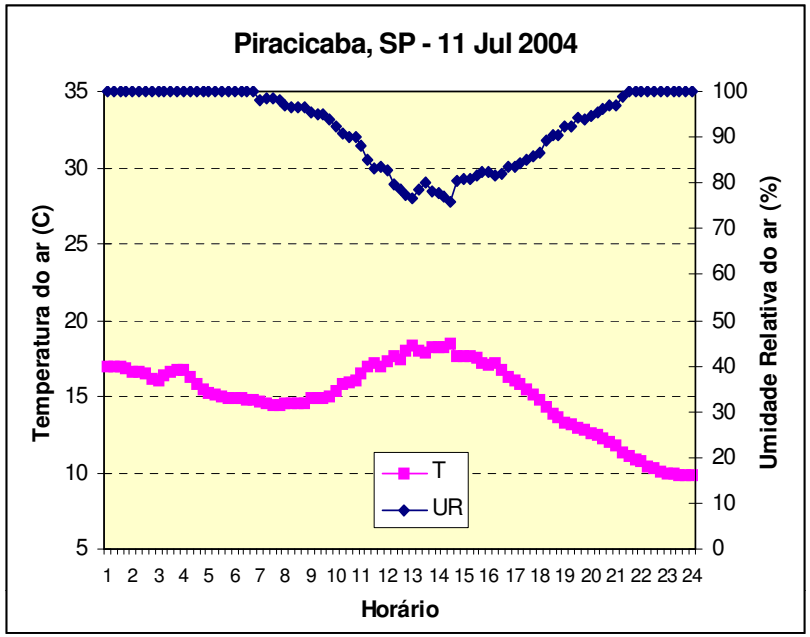
Imagem de Satélite Goes-10 Ch4
09:00 (Brasília) 04/Mar/2009 Qua

TEMPO

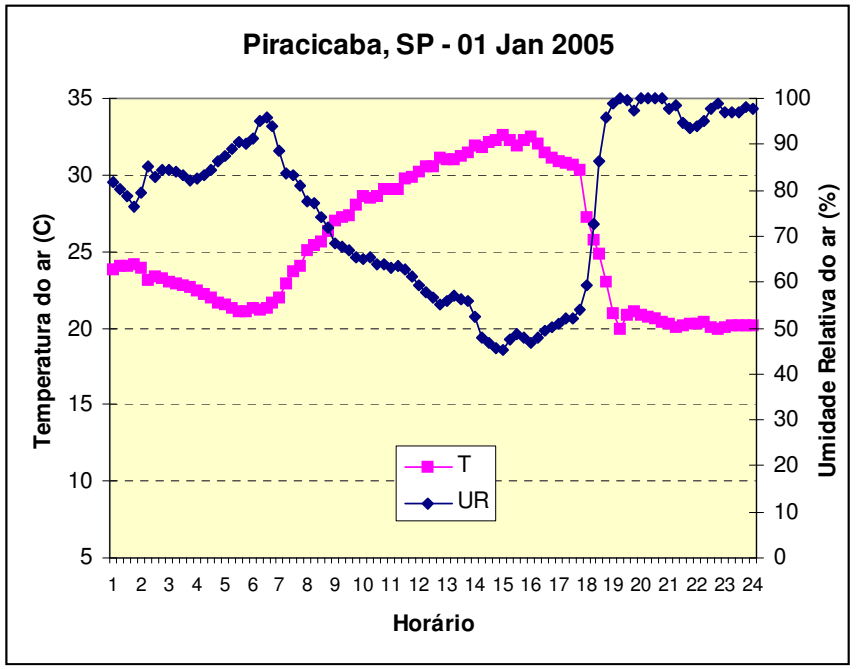
CLIMA


CLIMA
MEGATÉRMICO ÚMIDO E SUB-ÚMIDO
Af Sempre úmido
Am Curta estação seca
Aw Inverno seco
SECO
Bsh Semi-árido
MESOTÉRMICO ÚMIDO E SUB-ÚMIDO
Cfa Sempre úmido, verão quente
Cfb Sempre úmido, verão morno
Cwa Quente, inverno seco, verão quente
Cwb Quente, inverno seco, verão morno
Equador
Trópico de Capricórnio
OCEANO ATLÂNTICO
0 150 300 450 600 750 mi
0 250 500 750 1000 km

TEMPO

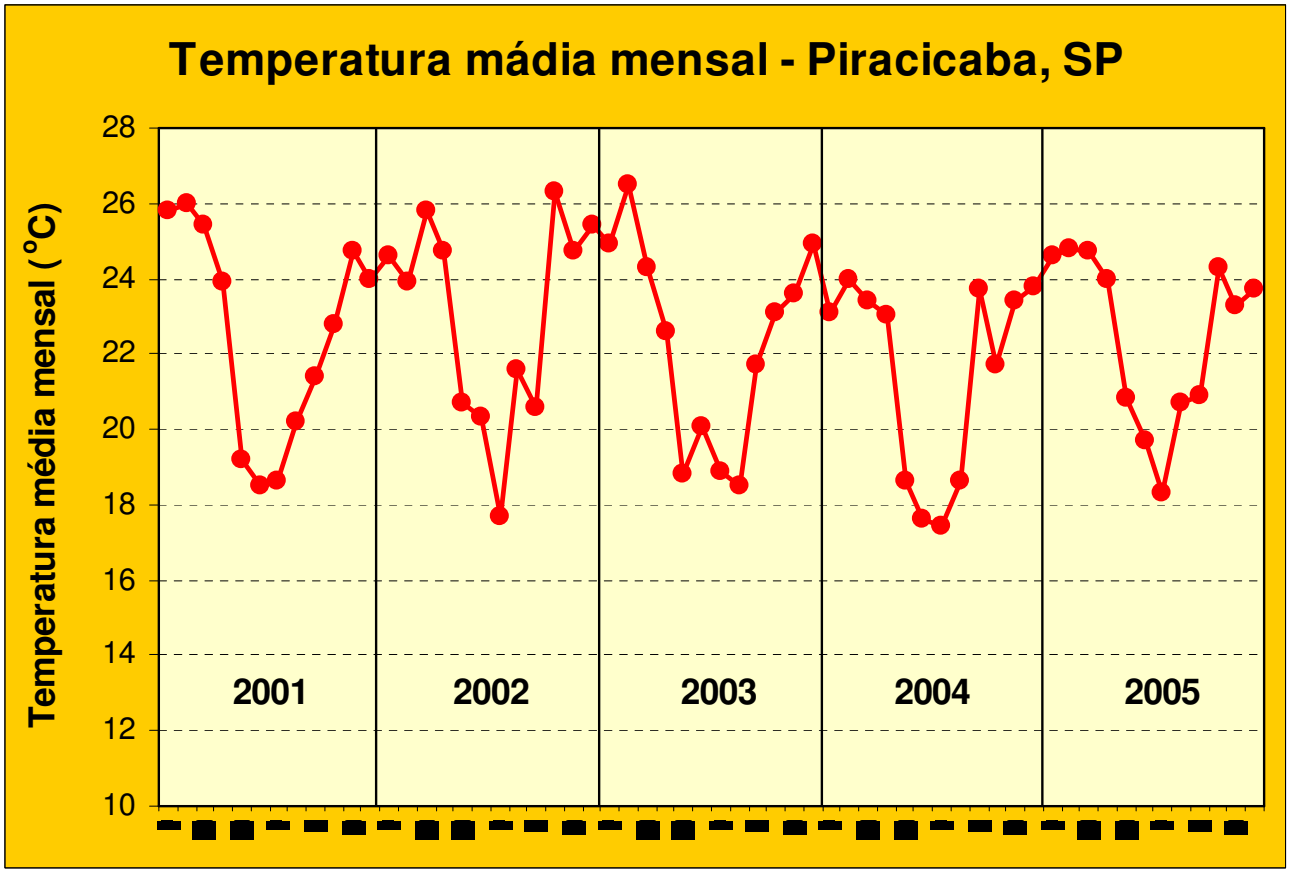


A variação da temperatura e da umidade relativa do ar, ao longo de um dia, mostra o grande dinamismo das condições do tempo.



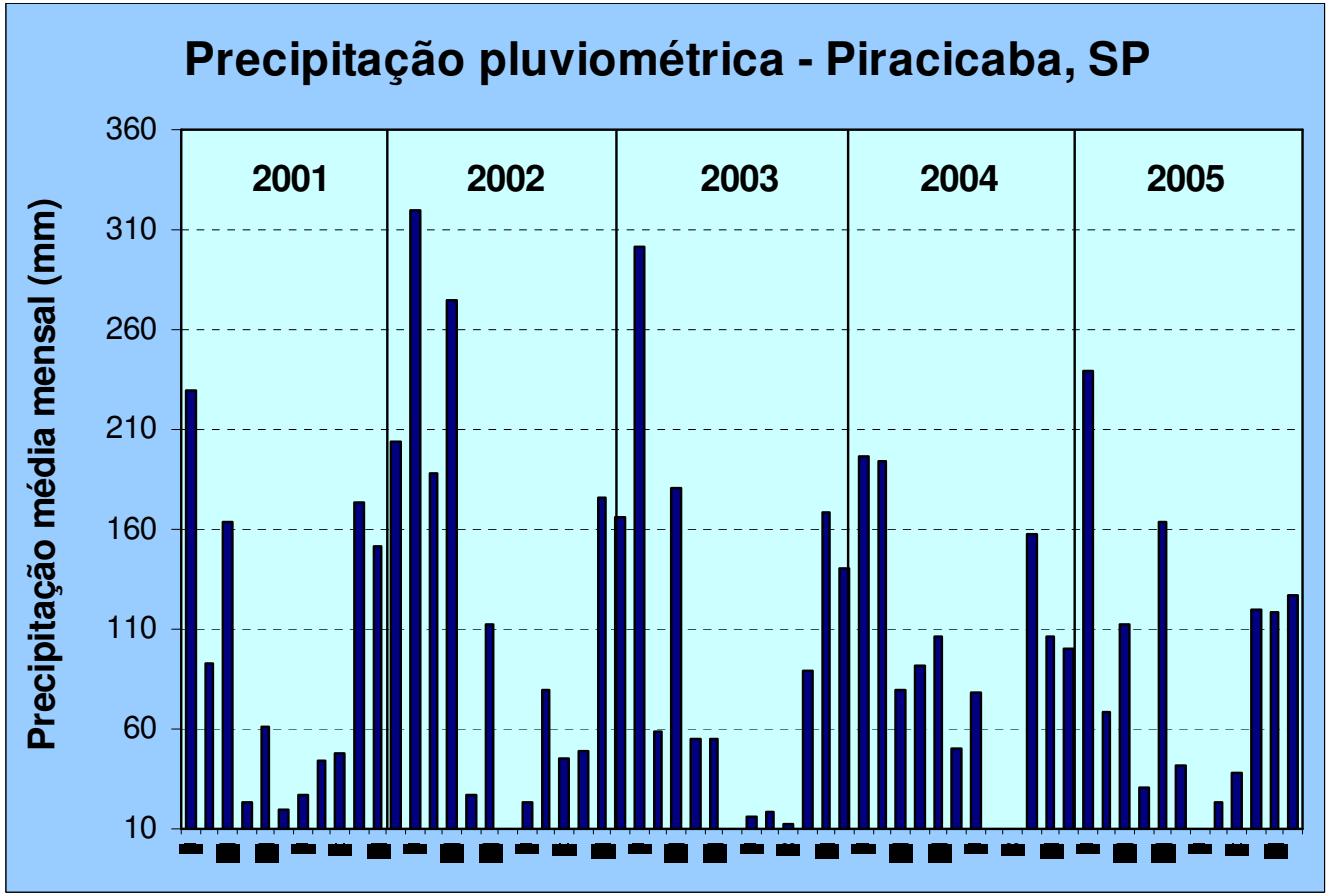
Observe que dependendo da época do ano essa variação ao longo do dia pode ser maior ou menor, o que na realidade é dependente dos fatores meteorológicos que estão atuando em cada um desses dias.

TEMPO



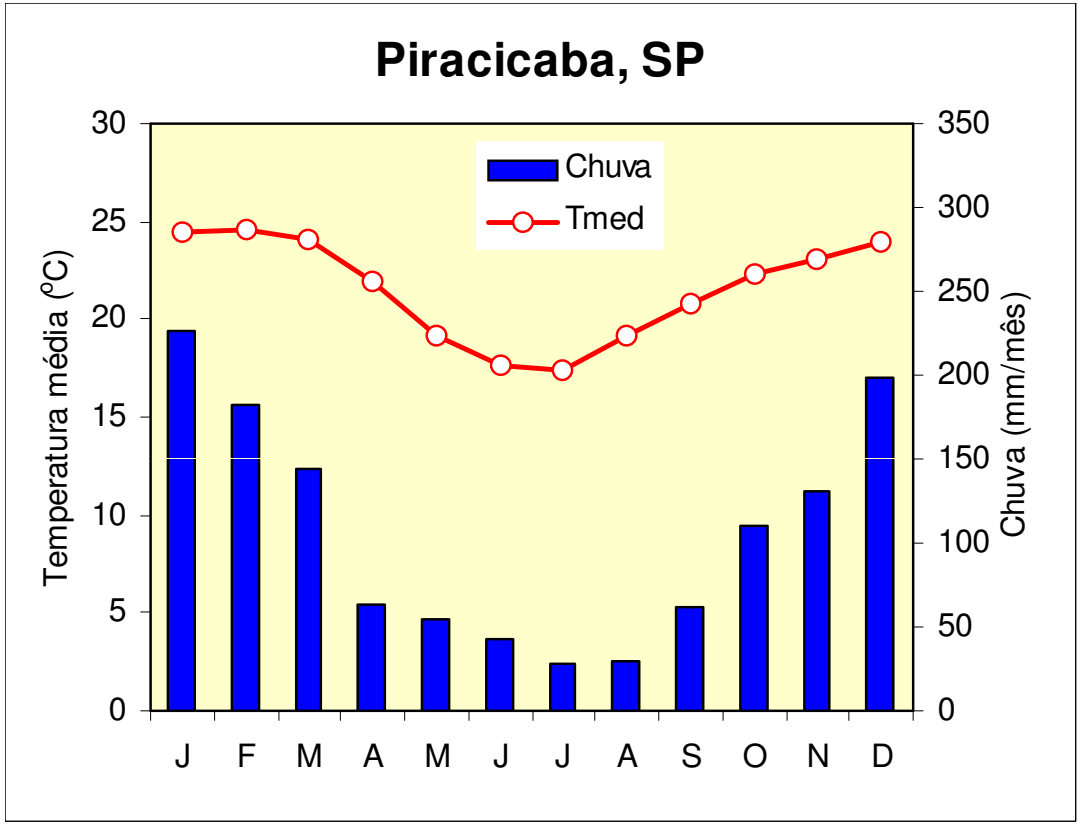
O mesmo acontece ao analisarmos as temperaturas médias mensais para uma série de anos consecutivos. Percebe-se que apesar de haver um padrão de variação, ocorre oscilação nas médias de um mesmo mês, de ano para ano. Isso também pode ser observado para a chuva...

TEMPO



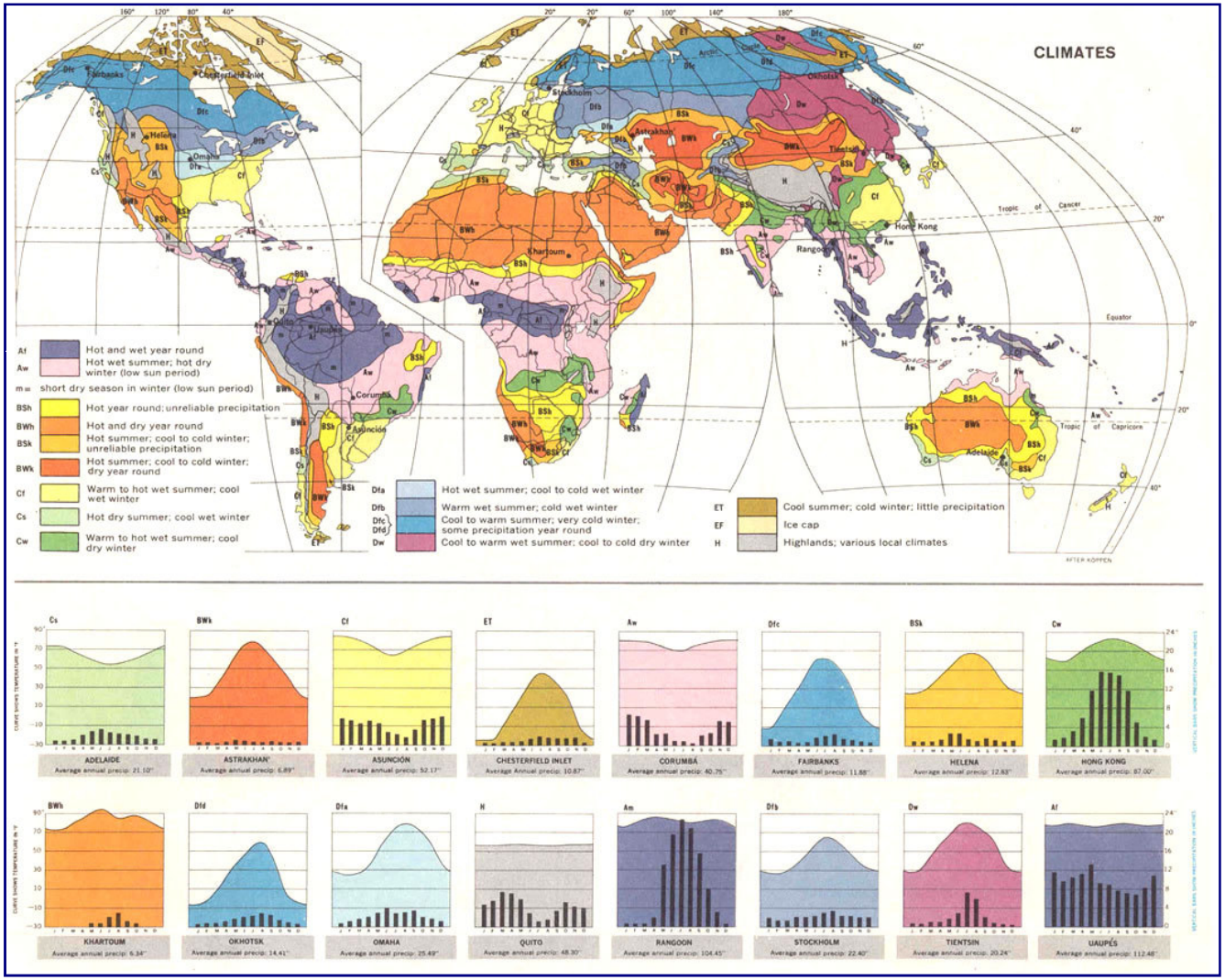
... em que apesar de se observar a oscilação estacional, os valores mensais variam sensivelmente de ano para ano, com o total anual oscilando de 1.104 mm em 2003 a 1.461 mm em 2002.

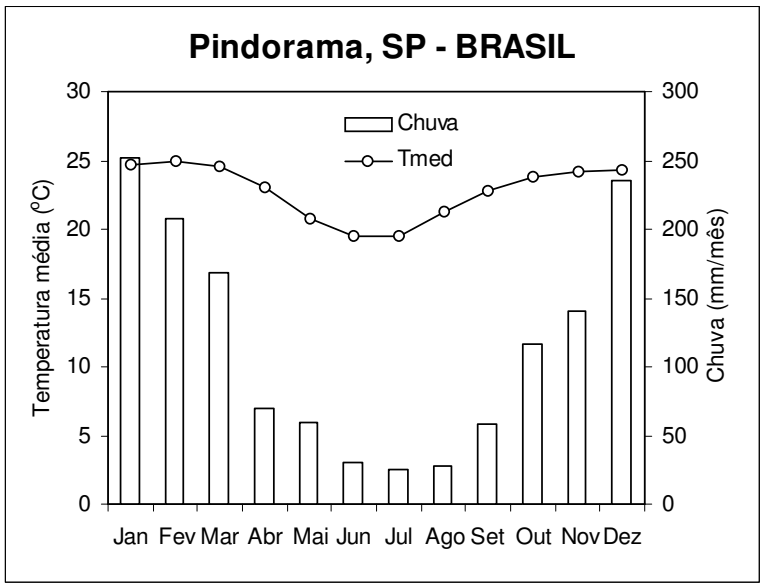
CLIMA

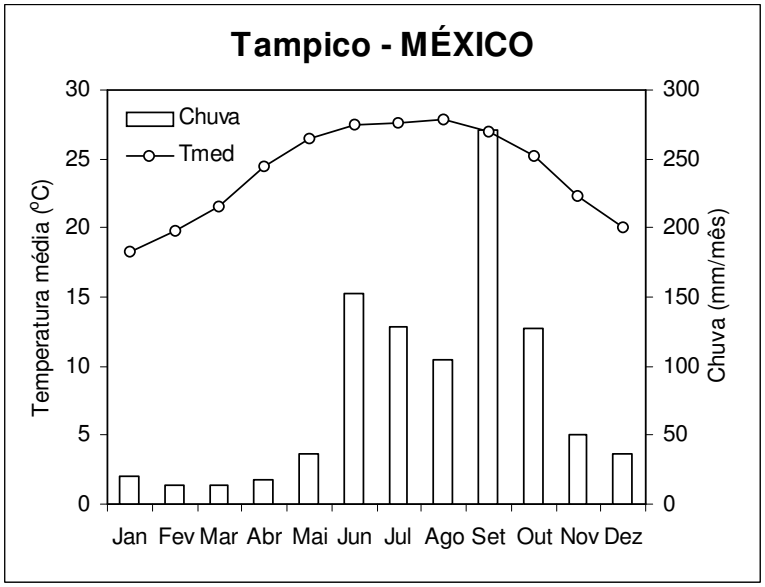


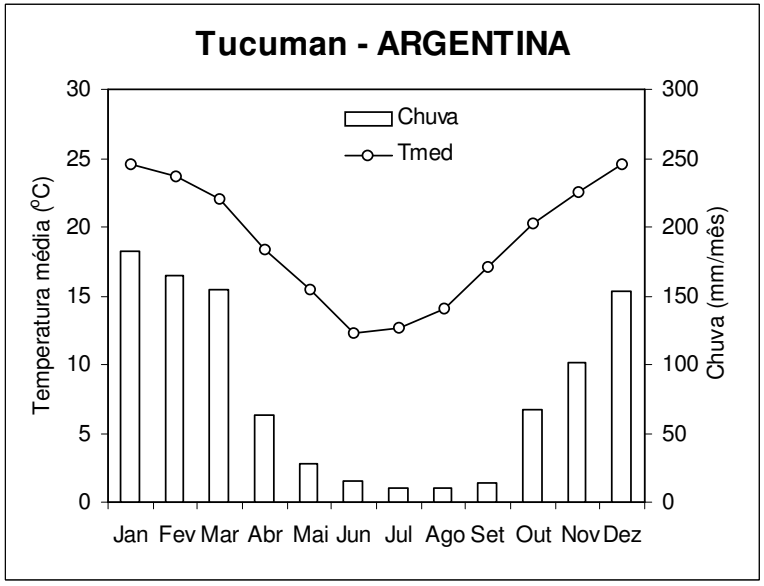
Já as médias das temperaturas médias mensais e dos totais médios mensais de chuva para um período igual ou superior a 30 anos, denominadas de **NORMAIS CLIMATOLÓGICAS**, mostra apenas a variabilidade estacional, porém com valores estáticos para cada mês, descrevendo assim o **CLIMA** do local.

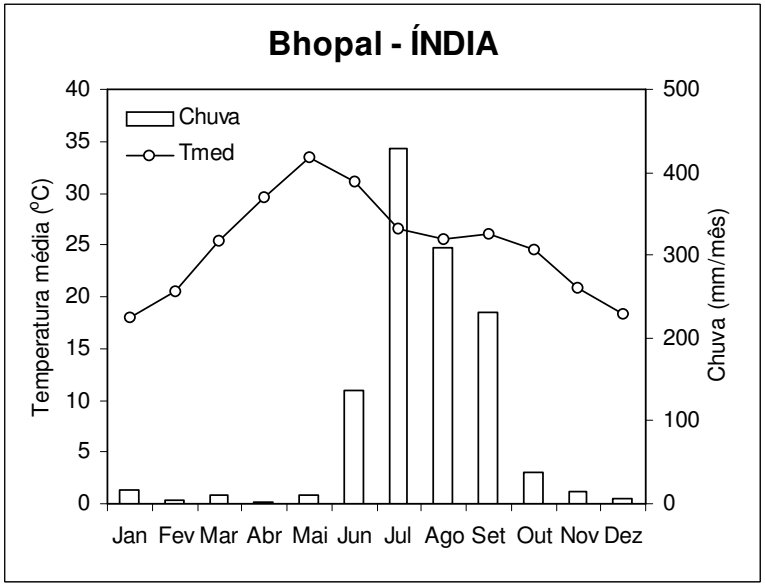
Como dito anteriormente, as **NORMAIS CLIMATOLÓGICAS** indicam as condições médias do estado da atmosfera do local e isso possibilita se caracterizar o seu **CLIMA** e a comparação entre localidades. Dê uma olhada nas figuras a seguir e veja as diferenças entre os climas de várias regiões do mundo e também do Brasil.

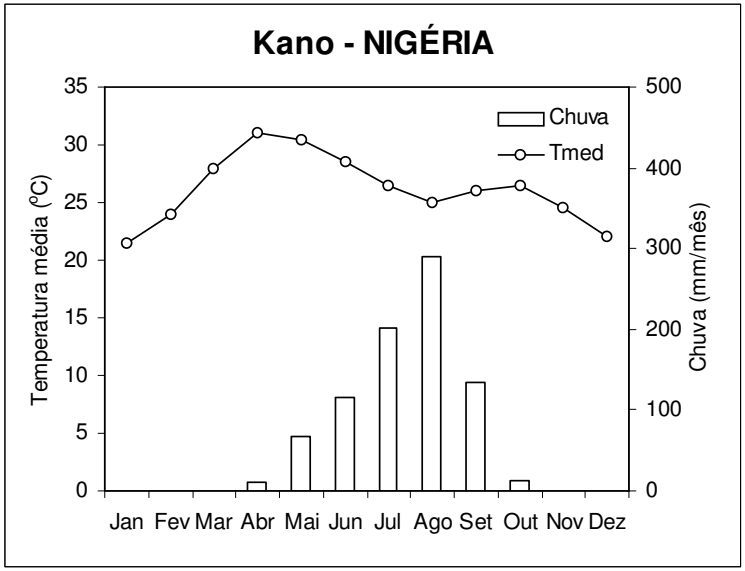


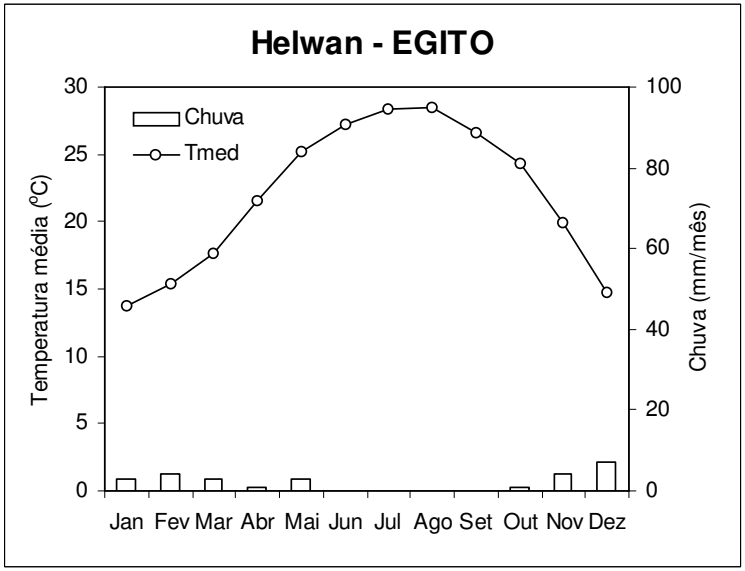

Pindorama, SP - BRASIL
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

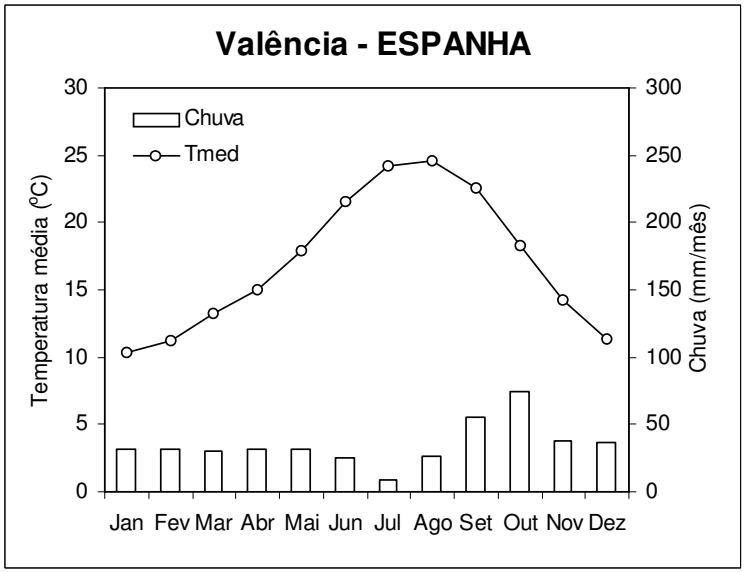

Tampico - MÉXICO
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

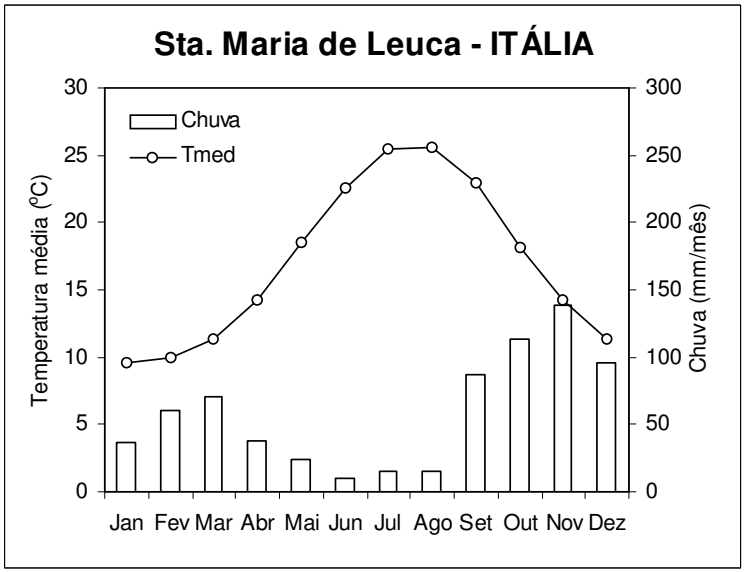

Tucuman - ARGENTINA
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

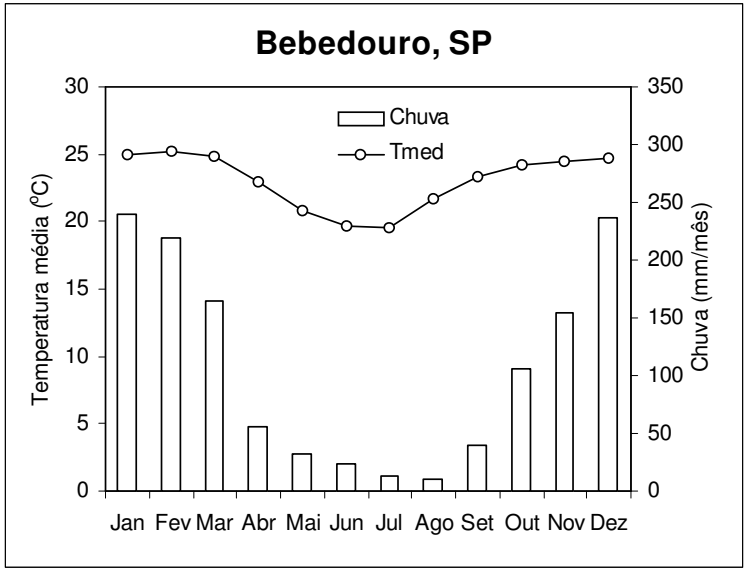

Bhopal - ÍNDIA
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30 35 40
0 100 200 300 400 500
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

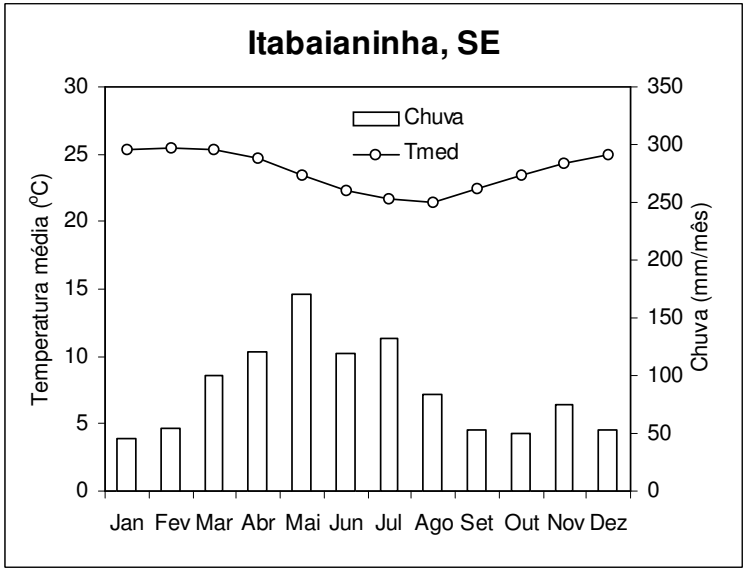

Kano - NIGÉRIA
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30 35
0 100 200 300 400 500
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

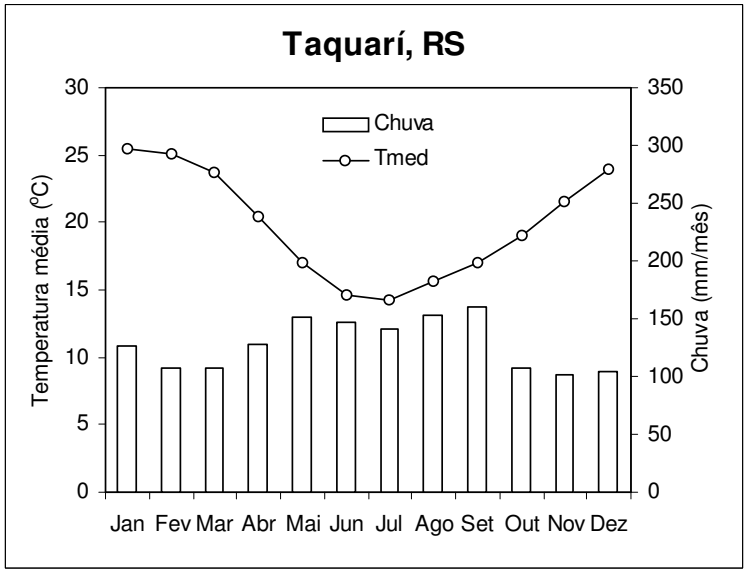

Helwan - EGITO
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 20 40 60 80 100
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

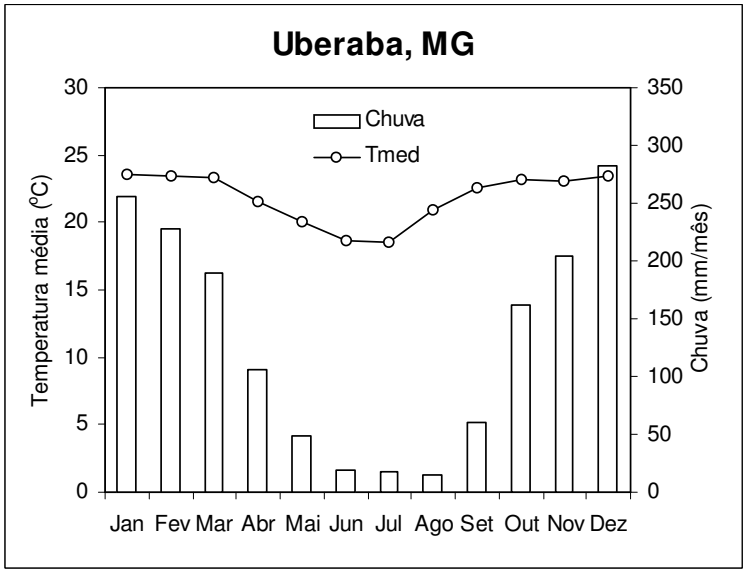

Valência - ESPANHA
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez


Sta. Maria de Leuca - ITÁLIA
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez


Bebedouro, SP
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300 350
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

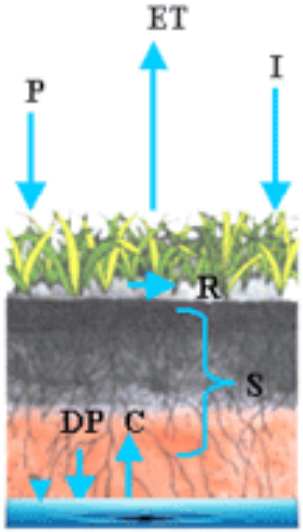

Itabaianinha, SE
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300 350
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez


Taquarí, RS
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300 350
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez


Uberaba, MG
Chuva
Tmed
Temperatura média (ºC)
Chuva (mm/mês)
0 5 10 15 20 25 30
0 50 100 150 200 250 300 350
Jan Fev Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

Balanço Hídrico como um instrumento para a caracterização do tempo e do clima

Computando-se o balanço entre a chuva e a água que retorna para a atmosfera pelos processos de evaporação do solo e de transpiração das plantas, têm-se o que denominamos balanço hídrico, que nos ajuda a definir as estações secas (com deficiências hídricas) e úmidas (com excedentes hídricos). Essa ferramenta é de suma importância para a agrometeorologia pois possibilita a determinação da disponibilidade de água no solo, informação chave para o planejamento e para as tomadas de decisão na agricultura.



I = Irrigação

R = Escorrimento sup.

S = Armazenamento

C = Ascensão Capilar

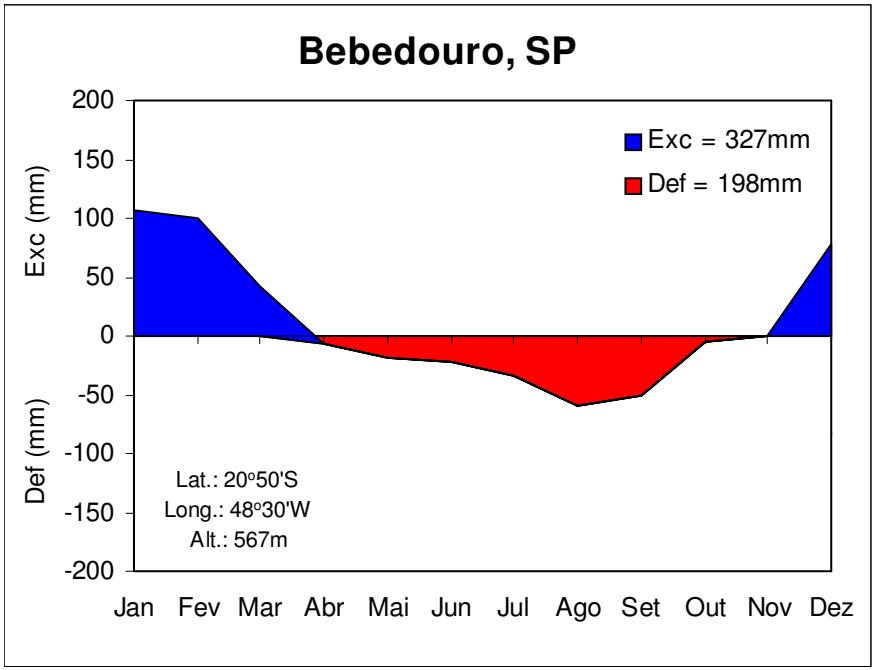
P = Precipitação

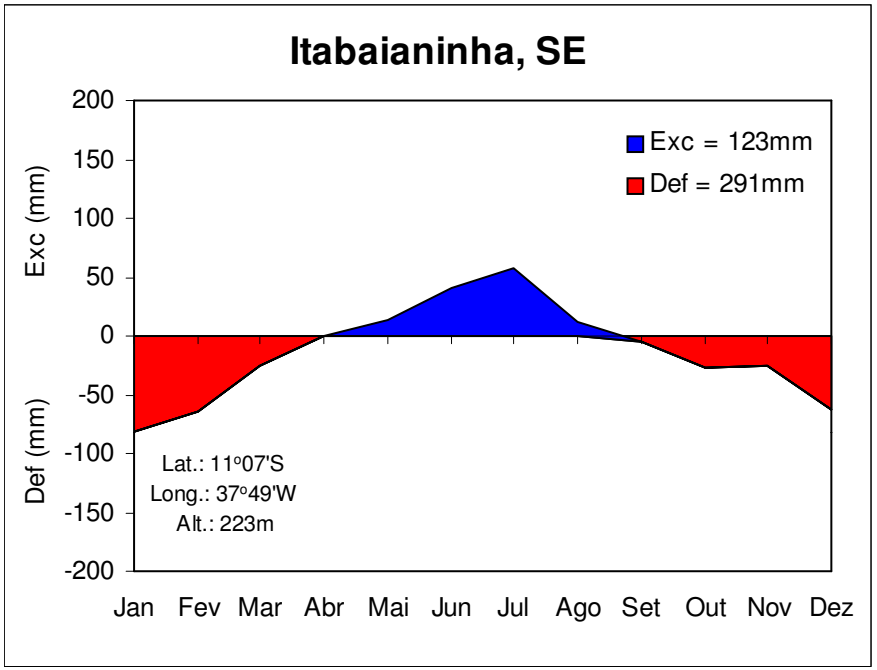
ET = Evapotranspiração

DP = Drenagem prof.

$$S = I + P + C - ET - DP - R$$

Balanço Hídrico Normal

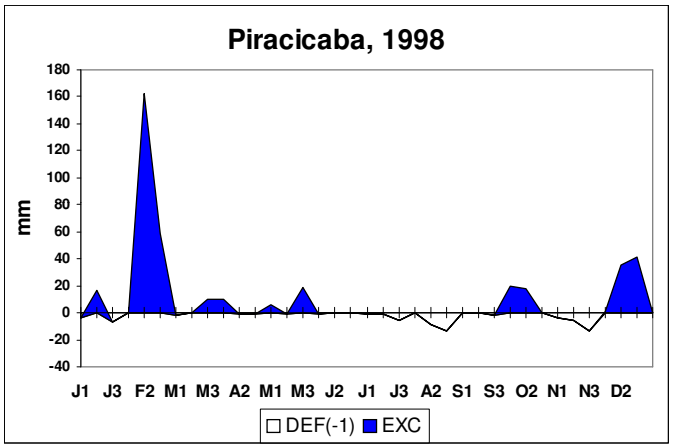


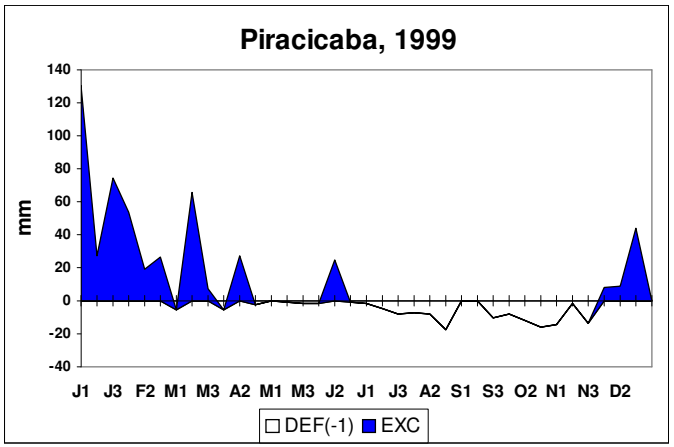


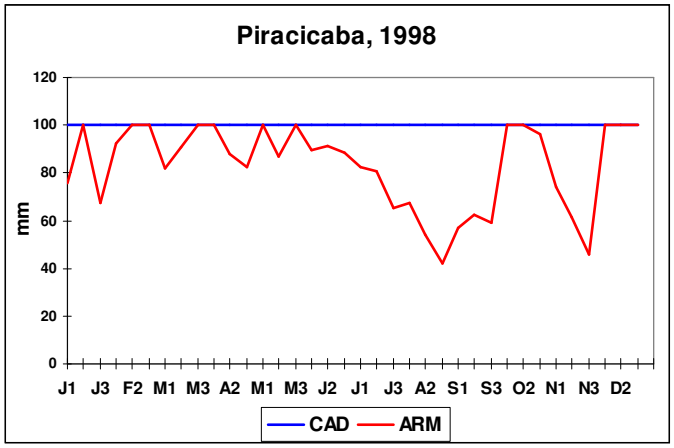
O balanço hídrico normal auxilia no planejamento agrícola, já que nos dá uma noção mais exata da variabilidade das condições hídricas ao longo de um ano **NORMAL.**

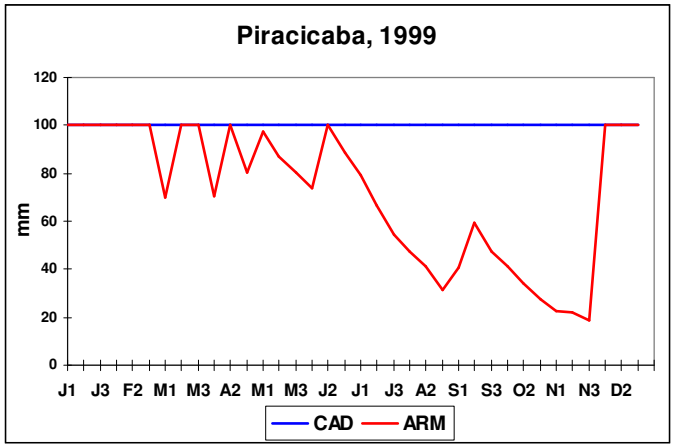
Balanço Hídrico Seqüencial

Já o balanço hídrico seqüencial, ou seja, feito com dados de uma seqüência de anos, nos fornece a condição que ocorreu naquele período específico, auxiliando na interpretação dos acontecimentos. O exemplo a seguir mostra o BH seqüencial de dois anos consecutivos para Piracicaba em que podemos identificar os períodos secos e úmidos, assim como a variação do armazenamento de água no solo (ARM) no decorrer dos meses. Observe que a estiagem do ano de 1999 foi mais acentuada do que a de 1998, o que com certeza teve conseqüências para as atividades agrícolas, especialmente para o início da safra das águas e para as culturas perenes, como os citros e o café









DEF = deficiência hídrica,
EXC = Excedente hídrico,
CAD = capacidade máxima de armazenamento de água pelo solo, e
ARM = armazenamento atual de água no solo.

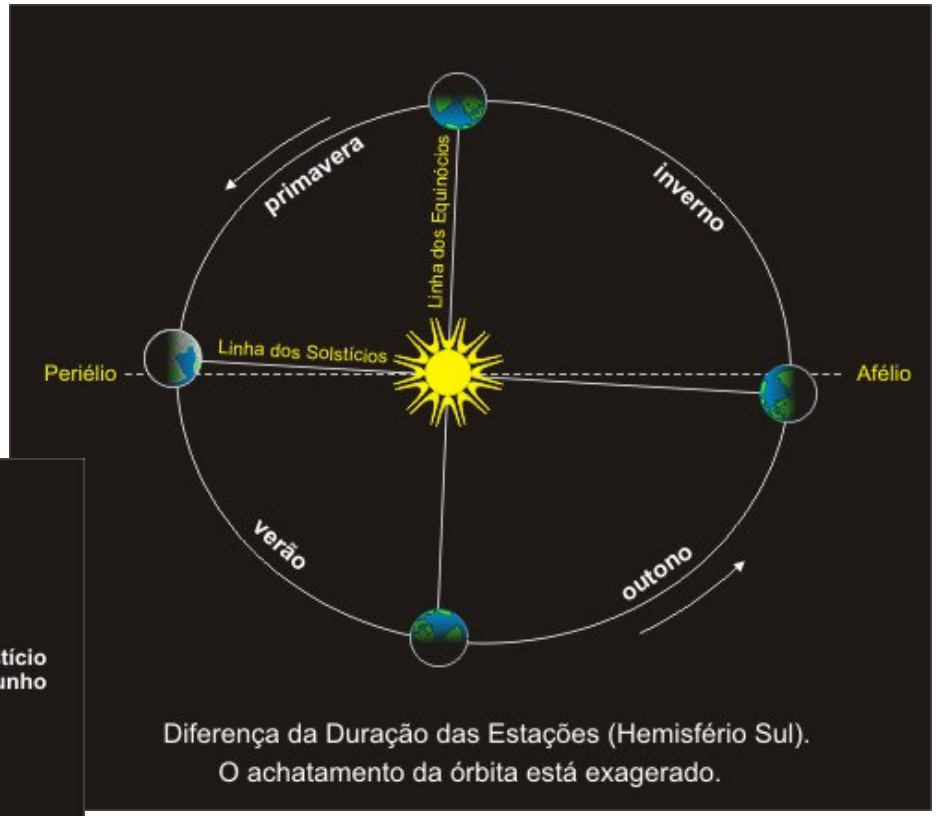
Fatores Meteorológicos / Climáticos

Fatores são agentes causais que condicionam os ***elementos meteorológicos / climáticos*** (radiação solar, temperatura do ar, chuva, velocidade e direção do vento, pressão atmosférica e umidade relativa do ar). A atuação dos diversos fatores, como latitude e altitude, faz com que os elementos meteorológicos variem no tempo e no espaço.

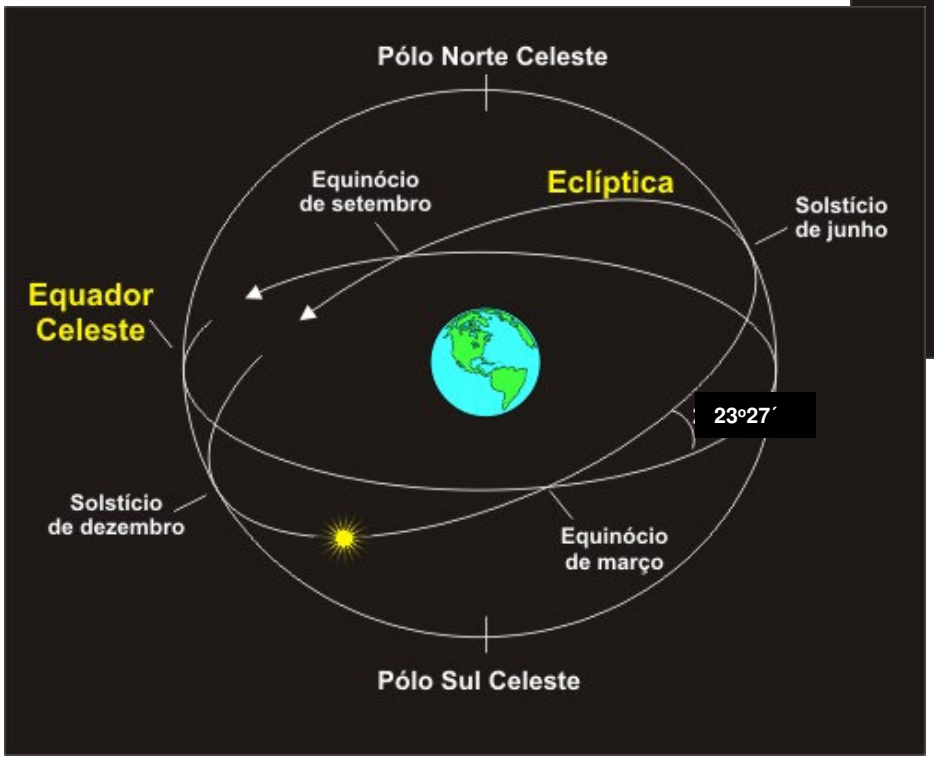
Alguns elementos meteorológicos podem atuar também como fatores, o que é o caso da ***radiação solar***, que pode ser tomada tanto como elemento, por ser uma variável que quantifica a disponibilidade de energia solar na superfície terrestre, como também pode ser considerada um fator, por condicionar a temperatura, a pressão e indiretamente outros elementos met./clim.

Escala temporal dos fenômenos atmosféricos

Os movimentos de ***Rotação*** e ***Translação*** da Terra constituem-se num dos mais importantes fatores a condicionar os elementos meteorológicos, fazendo com que esses variem no tempo, tanto na escala diária como na escala anual.

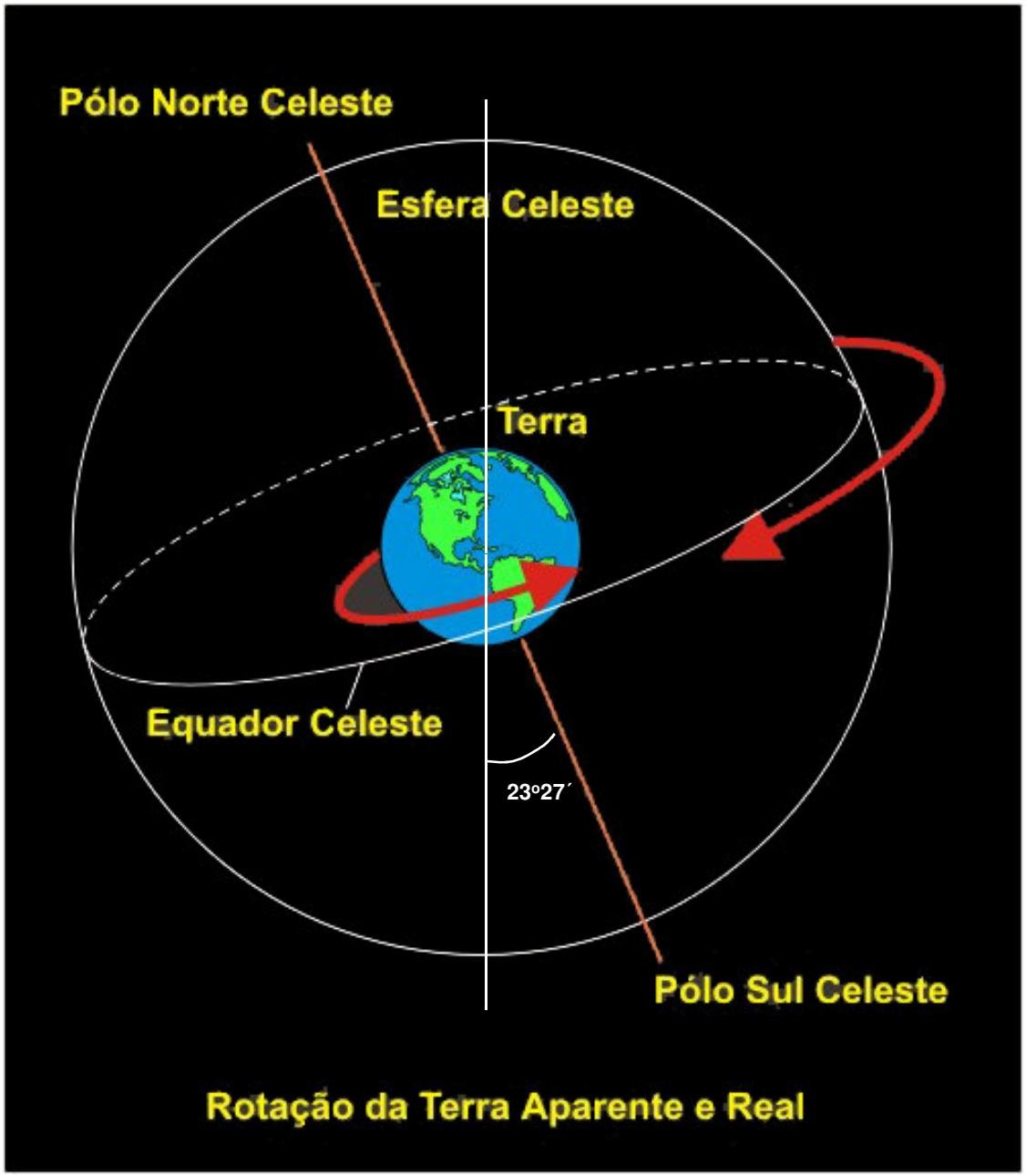


Diferença da Duração das Estações (Hemisfério Sul).
O achatamento da órbita está exagerado.

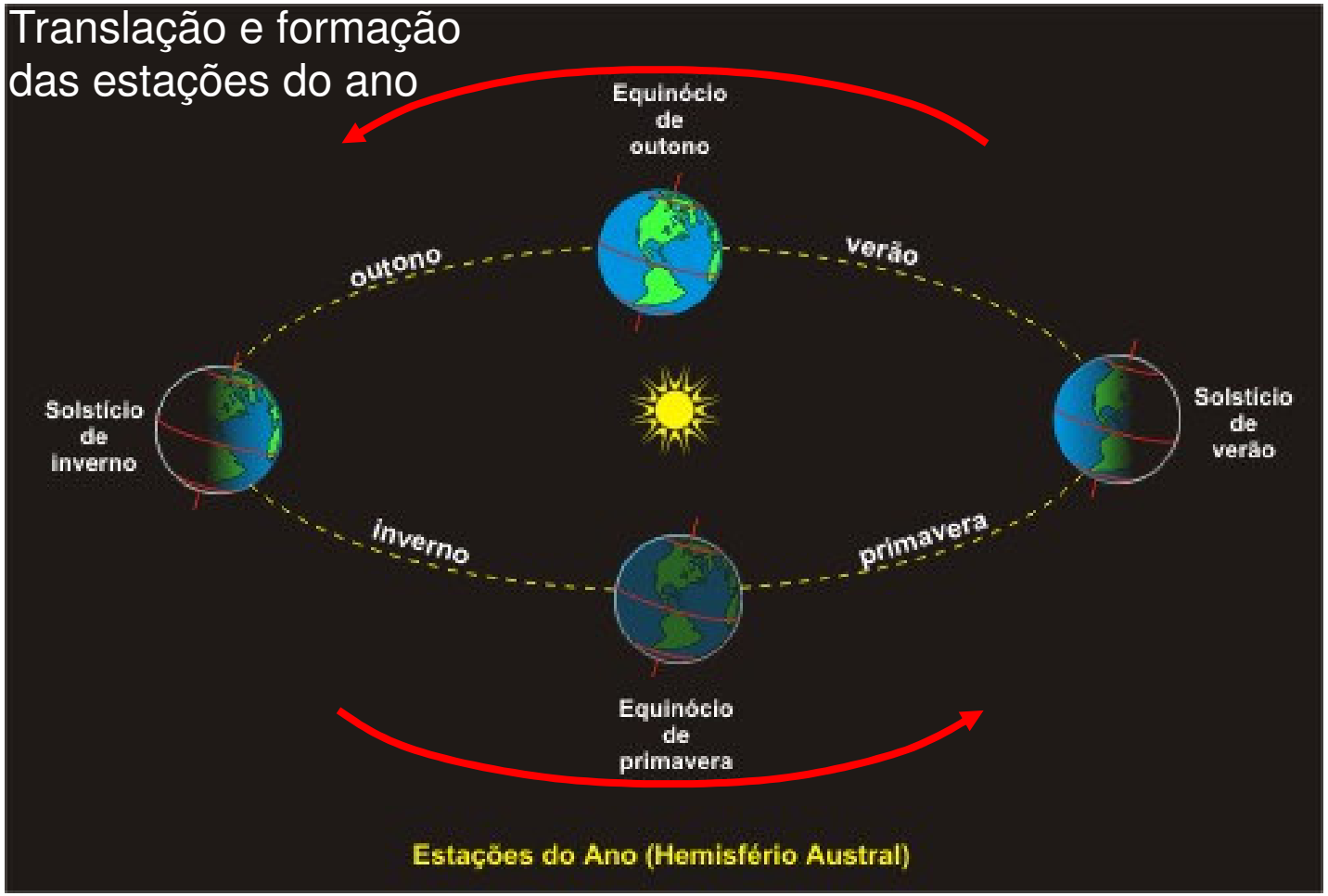


Afélio – quando a Terra se encontra mais distante do Sol (cerca de $1{,}52.10^8$ km) (04/07)

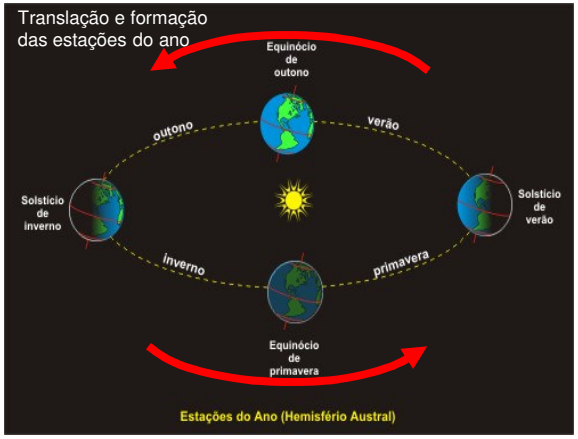
Periélio – quando a Terra se encontra mais próxima do sol (cerca de $1{,}47.10^8$ km) (03/01)



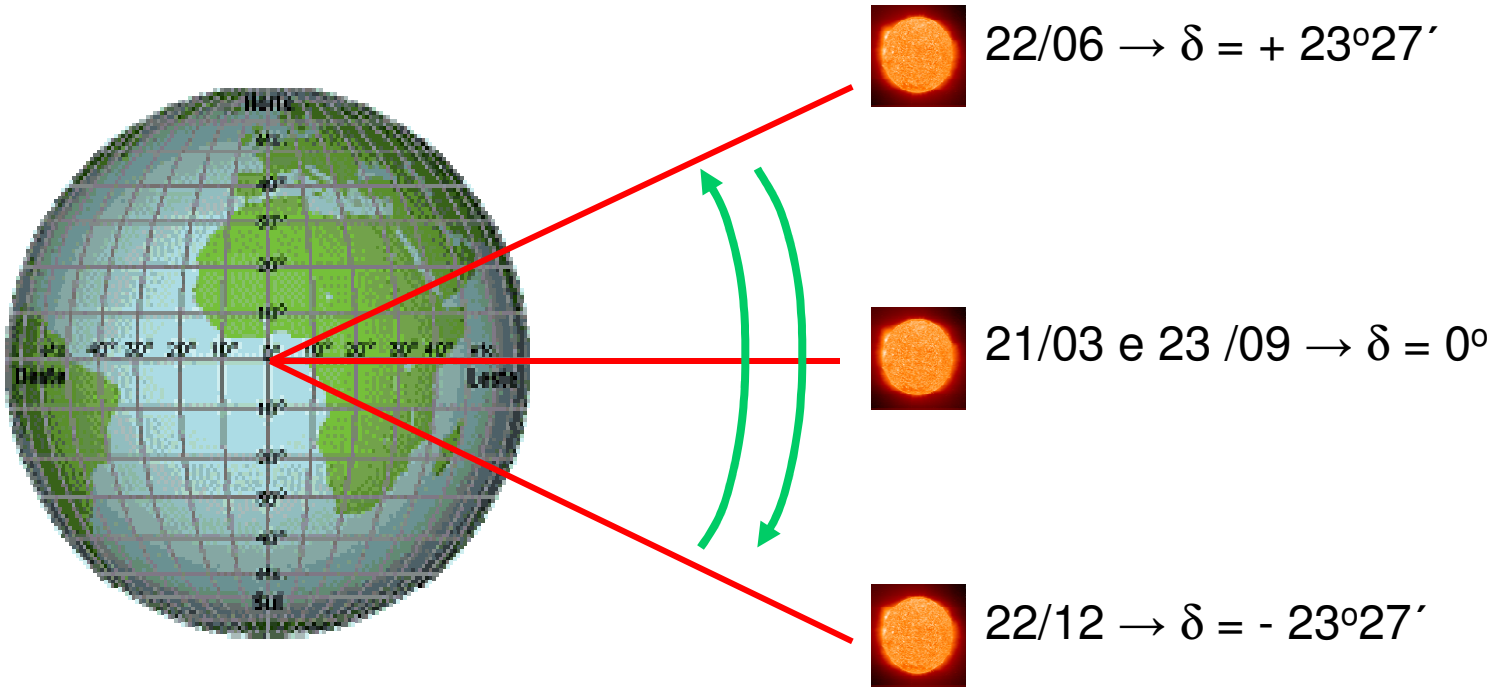
O movimento de ***Rotação*** da Terra em torno de seu próprio eixo faz com que qualquer local da superfície terrestre experimente uma variação diária em suas condições meteorológicas, especialmente na radiação solar e na temperatura do ar. Isso gera a ***escala diária*** de variação das condições meteorológicas. Além disso, a rotação da Terra nos dá a sensação de que o Sol se movimenta (aparentemente) no sentido *Leste-Oeste.*

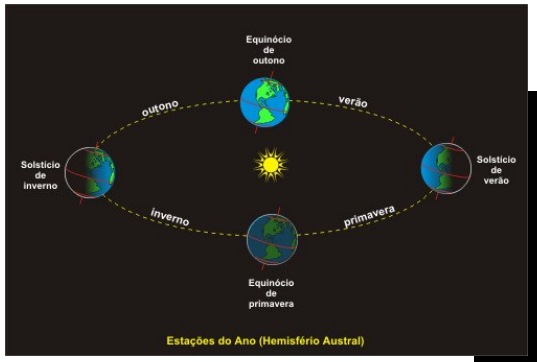


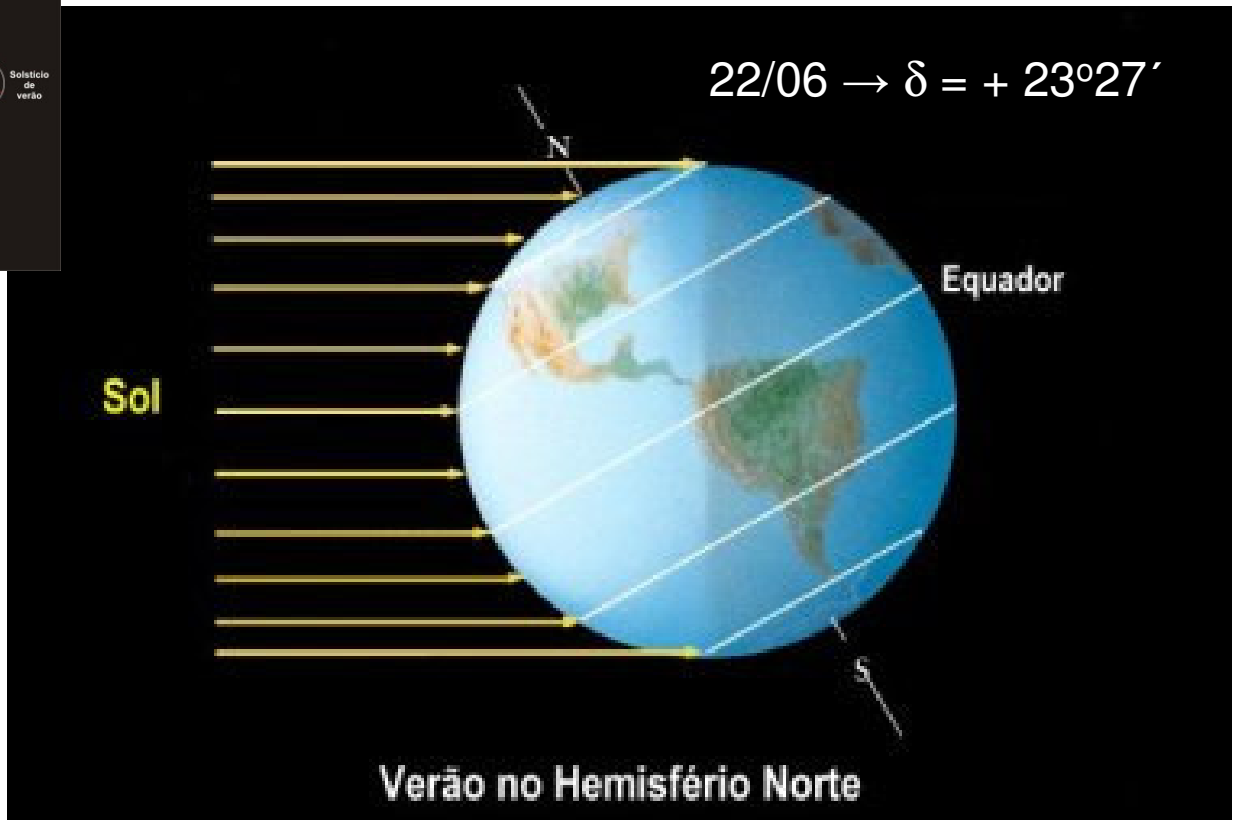
O movimento de ***Translação*** da Terra em torno do Sol provoca uma variação estacional (ou sazonal) na irradiância solar da superfície terrestre, gerando as estações do ano. Essa variação estacional se deve à **inclinação do eixo terrestre** em **23º27´** em relação à **normal ao plano da eclíptica**, fazendo com que um observador na superfície terrestre tenha a sensação de que o Sol se movimenta no sentido Norte-Sul ao longo do ano.



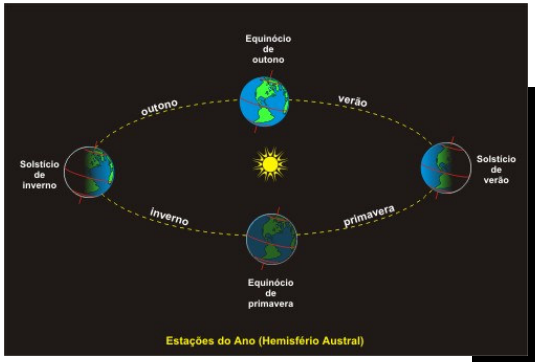
Esse movimento aparente se dá entre as latitudes de 23º27´N (+23º27´) e 23º27´S (-23º27´), que correspondem respectivamente aos Trópicos de Câncer e Capricórnio. O ângulo formado entre as linhas imaginárias do Equador e a que liga o centro da Terra ao Sol denomina-se **Declinação Solar (δ)**. δ indica a latitude na qual o Sol "está passando" num determinado instante no seu movimento aparente N-S.



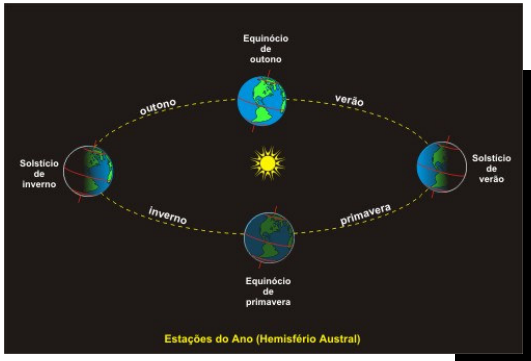


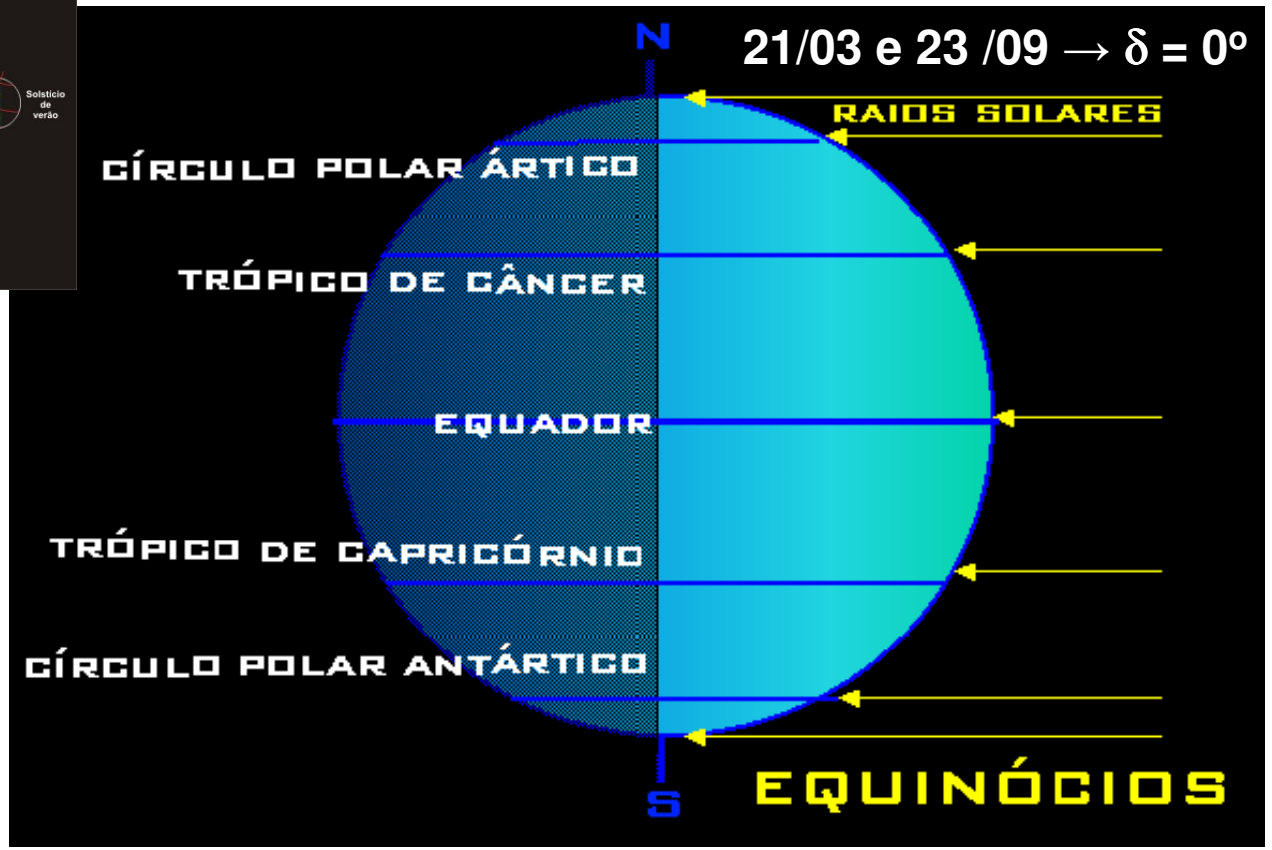


Efeméride: Solstício de inverno no Hemisfério Sul (de verão no HN) – ocorre normalmente no dia 22/06, sendo esse o início do inverno. Nessa data, o fotoperíodo é mais longo no HN (>12h) e mais curto no HS (<12h). Na linha do Equador, fotoperíodo é igual a 12h.



Efeméride: Solstício de verão no Hemisfério Sul (de inverno no HN) – ocorre normalmente no dia 22/12, sendo esse o início do verão. Nessa data, o fotoperíodo é mais longo no HS (>12h) e mais curto no HN (<12h). Na linha do Equador, fotoperíodo é igual a 12h.





Efeméride: Equinócios – ocorre em média nos dias 21/03 (de outono), sendo esse o início do Outono, e 23/09 (de primavera), sendo que nessa data se dá o início da Primavera. Nessas datas, o fotoperíodo é igual a 12h em todas as latitudes do globo terrestre.

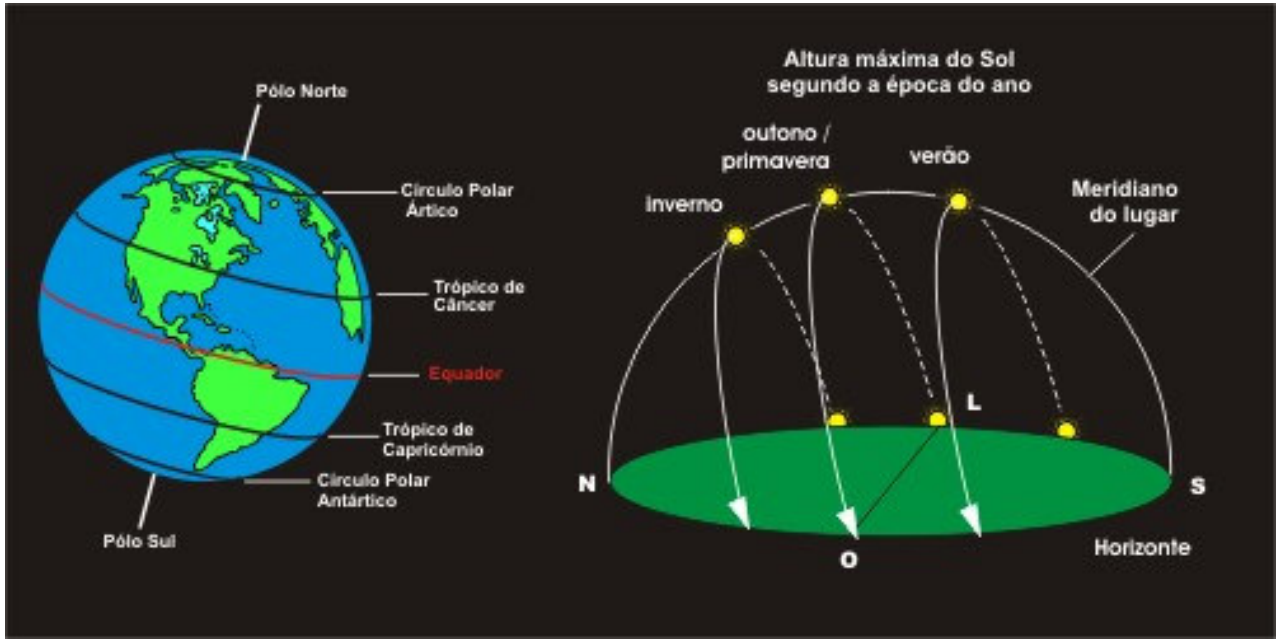
Além da variação temporal, o movimento aparente do Sol em relação à superfície da Terra origina também uma variação espacial tanto da *disponibilidade de radiação solar (Qo)* como do *fotoperíodo (N).*

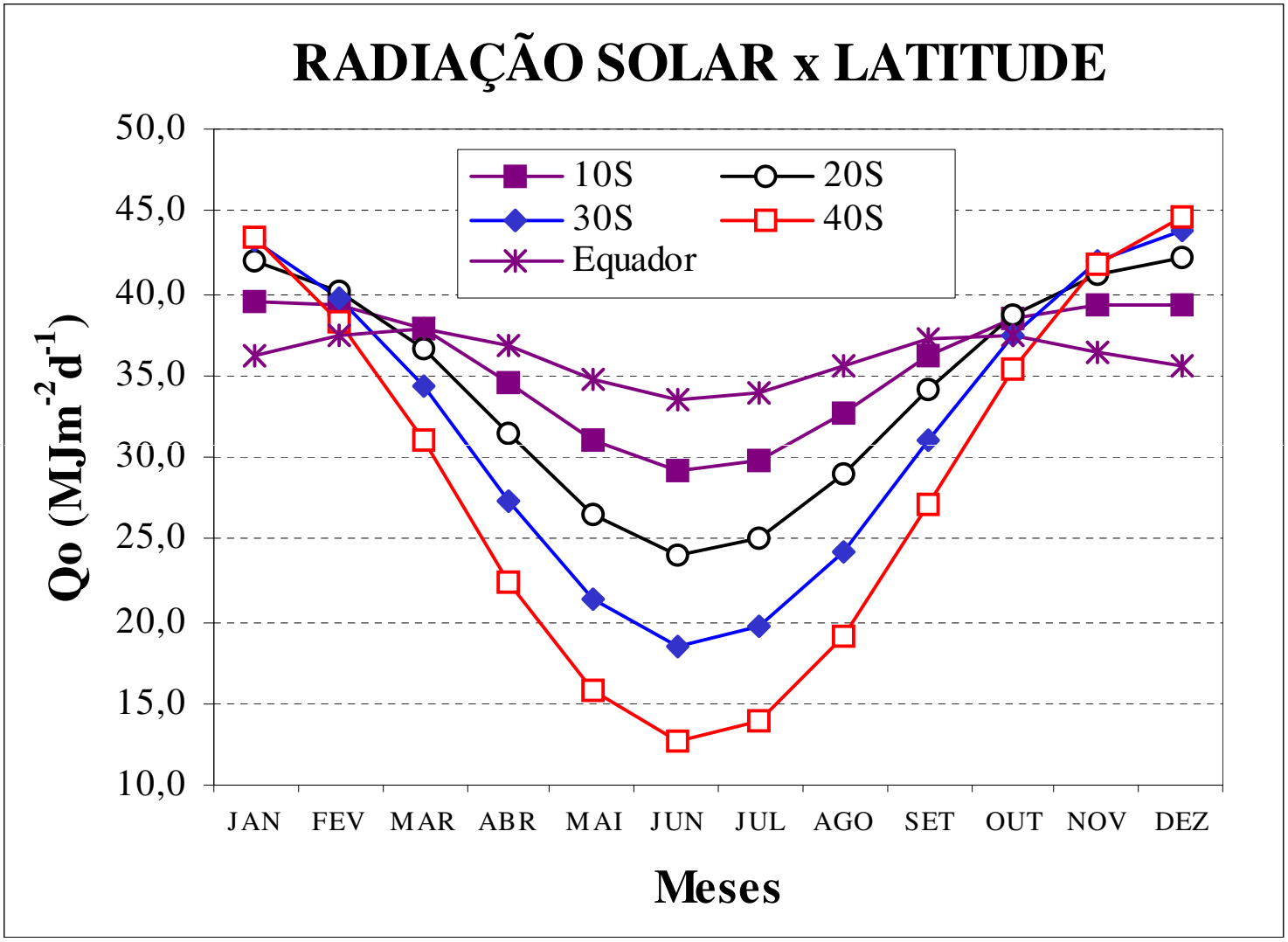
Quanto mais se afasta do Equador maior a variação estacional da irradiância solar e do fotoperíodo ao longo do ano, sendo esses os fatores mais importantes na formação do clima da Terra.

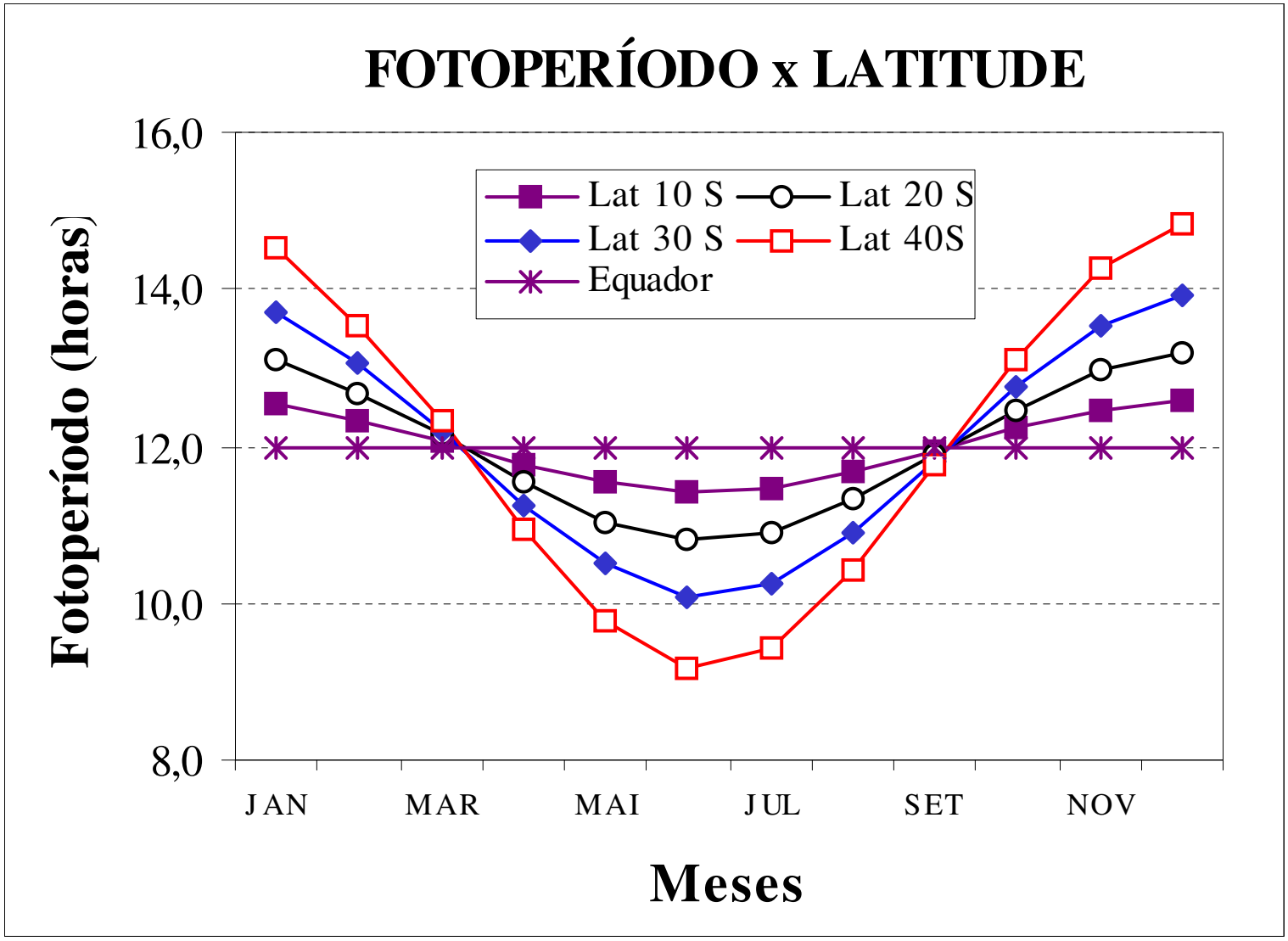
REGIÃO EQUATORIAL (N ≈ 12 h e Qo entre 33 e 38 $MJm^{-2}d^{-1}$)

LATITUDE DE 30º (N entre 10 e 14 h e Qo entre 18 e 44 $MJm^{-2}d^{-1}$)

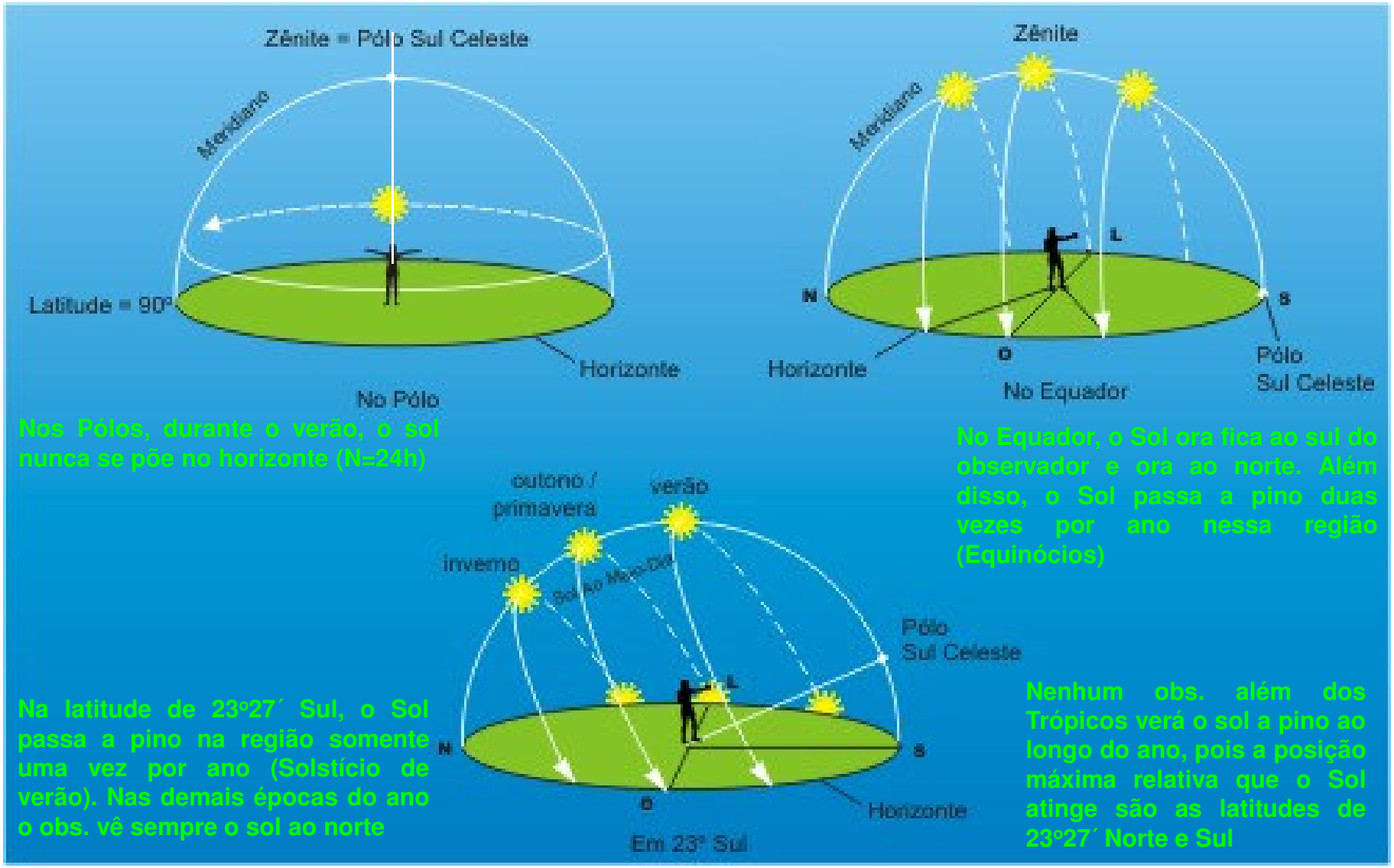
REGIÃO POLAR (N entre 0 e 24 h e Qo entre 0 e 48 $MJm^{-2}d^{-1}$)

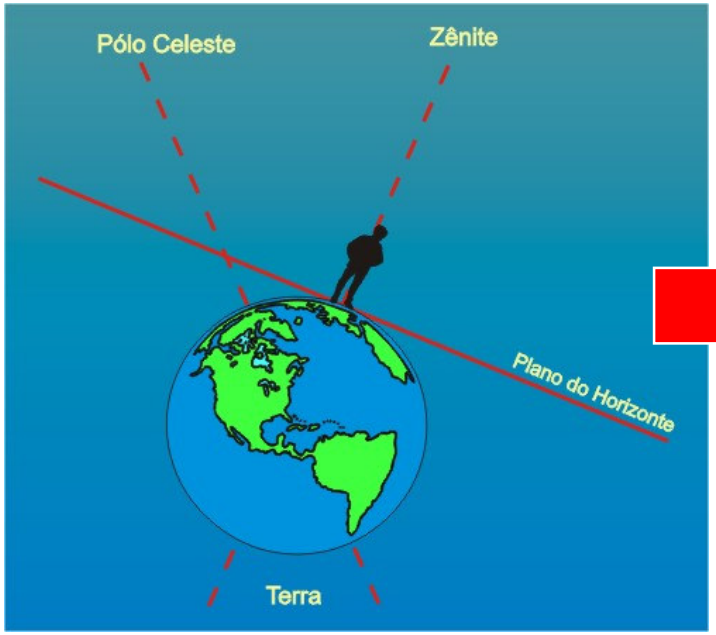


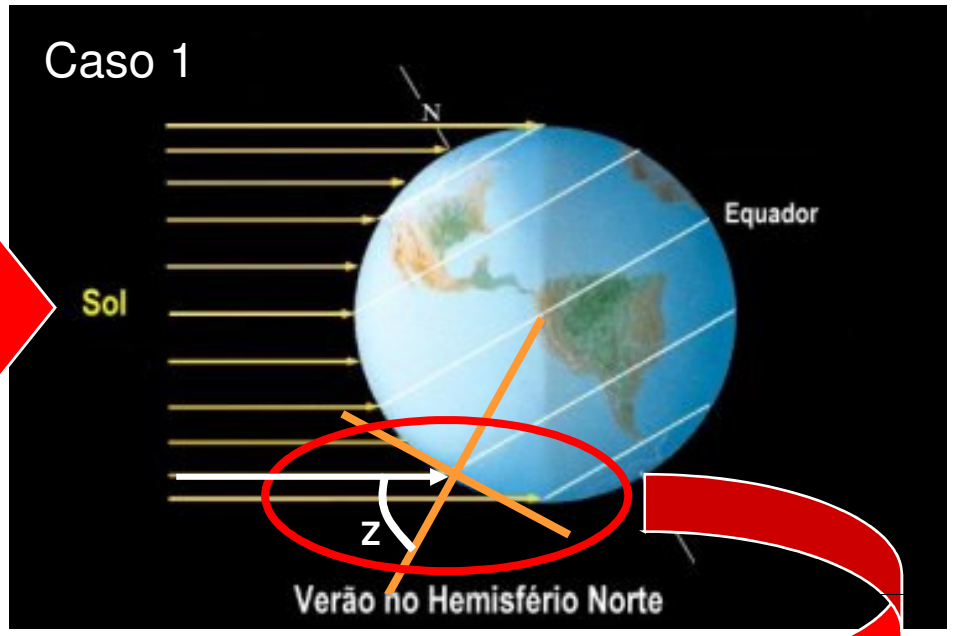

RADIAÇÃO SOLAR x LATITUDE
50,0
45,0
40,0
35,0
30,0
25,0
20,0
15,0
10,0
Qo (MJm-2d-1)
10S
20S
30S
40S
Equador
JAN
FEV
MAR
ABR
MAI
JUN
JUL
AGO
SET
OUT
NOV
DEZ
Meses


FOTOPERÍODO x LATITUDE
Fotoperíodo (horas)
16,0
14,0
12,0
10,0
8,0
Lat 10 S
Lat 20 S
Lat 30 S
Lat 40S
Equador
JAN
MAR
MAI
JUL
SET
NOV
Meses

Como um observador vê o sol (ao meio dia) em diferentes latitudes e épocas do ano

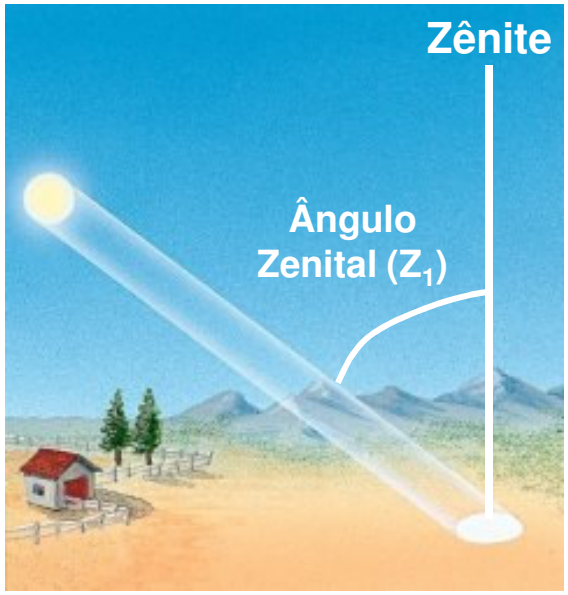




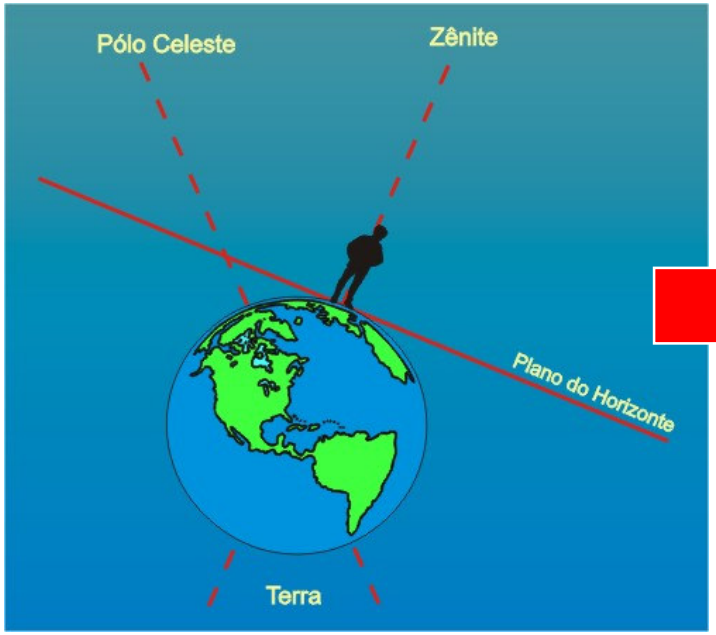


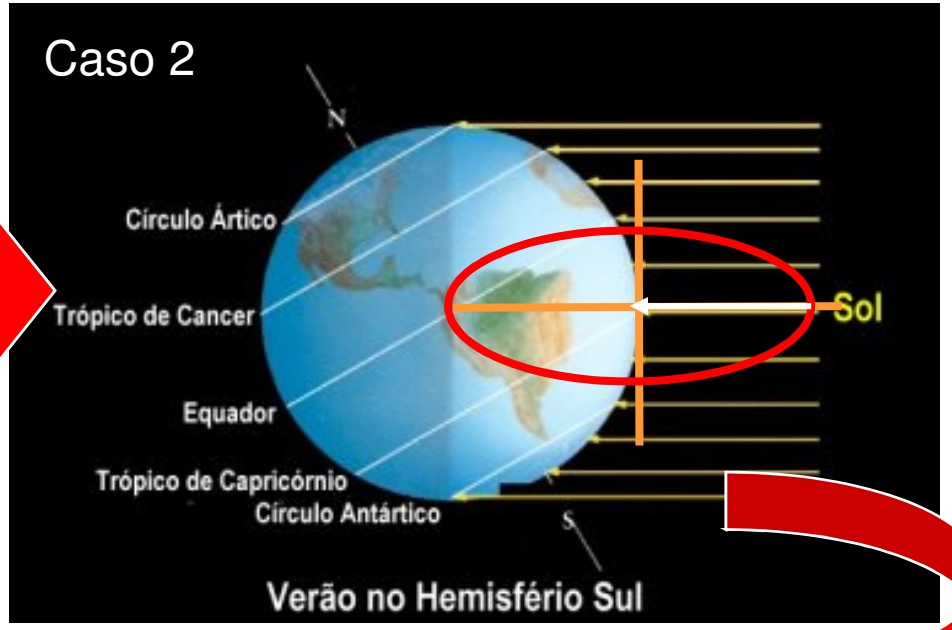
Ângulo Zenital (Z) – ângulo formado entre o Zênite e os raios solares. Varia de acordo com a latitude, a época do ano e a hora do dia.

Irrad. Solar = Energia/(Area*Tempo)

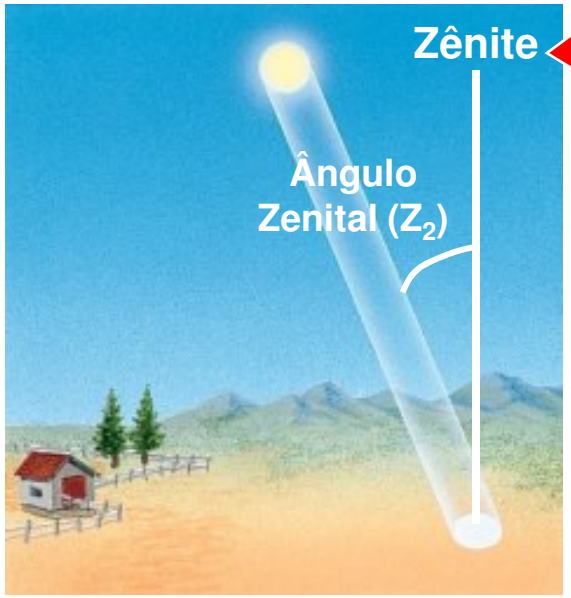


Zênite – linha imaginária que liga o centro da Terra e o ponto na superfície, prolongando-se ao espaço acima do observador

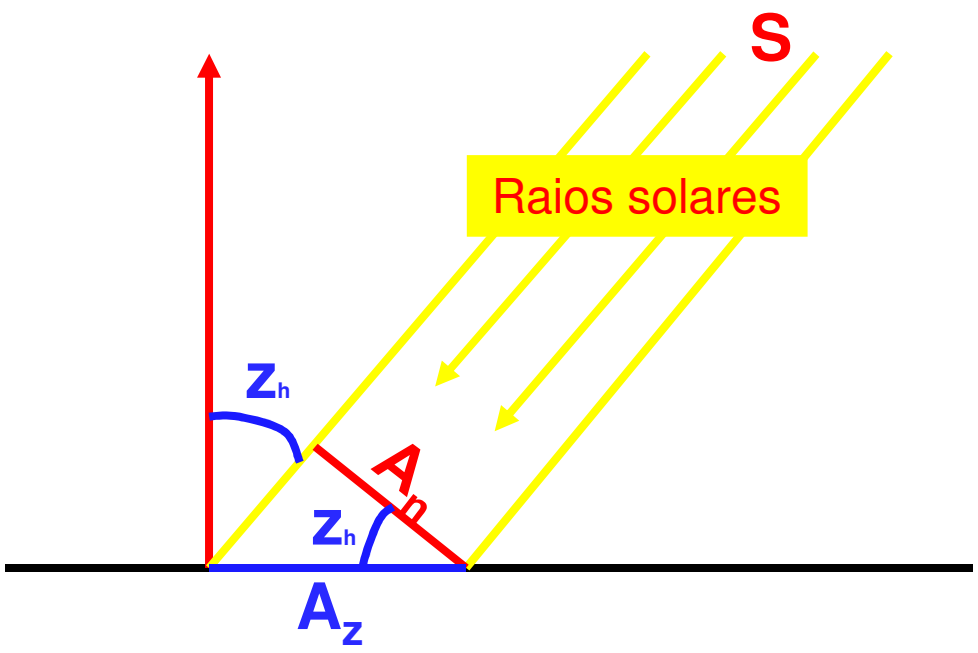




Ângulo Zenital, Z_2, é menor do que o ângulo Z_1 o que indica haver maior irradiância solar (energia/área*tempo) no Caso 2 do que no Caso 1. Isso se dá porque quando os raios solares se inclinam, a mesma quantidade de energia se distribui sobre uma área maior, resultando em um menor valor de irradiância solar. Isso deu origem a uma lei da radiação solar denominada Lei do Cosseno de Lambert.



Lei do Cosseno de Lambert



Intensidade = Energia/(Area*Tempo)

Energia = S

Área real = A_z

Área normal = A_n

Tempo = unitário

$I_n = S / A_n$

$I_z = S / A_z$

Igualando-se as as duas equações têm-se:

$I_n A_n = I_z A_z$ ou $I_z/I_n = A_n/A_z$

Do triângulo formado na Figura ao lado têm-se que:

$\cos Z_h = A_n / A_z$

Resultando em:

$$\mathbf{I_z = I_n \cos Z_h}$$

Desse modo, se:

$Zh = 0^o \rightarrow I_z = I_n$

$Zh = 90^o \rightarrow Iz = 0$

Lei do Cosseno de Lambert

$$I_z = I_n \cos Z_h$$

A Lei de Lambert possibilita o entendimento do porque da variação diária e estacional da irradiância solar, que por sua vez irá influenciar os demais elementos meteorológicos.

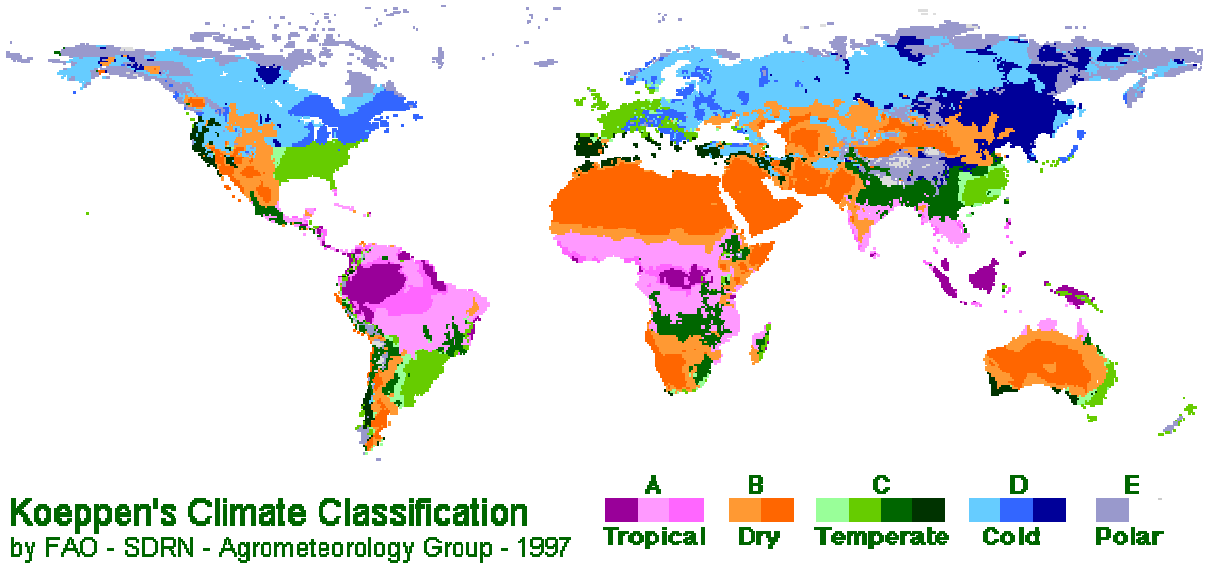
Devido ao movimento de rotação da Terra, o ângulo zenital varia ao longo do dia – nos horários do nascer e do pôr do Sol o ângulo zenital é igual a 90º e, portanto, a irradiância solar é igual a zero. Com a diminuição do ângulo zenital, com o passar das horas, a irradiância vai aumentando até atingir seu máximo ao meio dia, ou seja quando o sol passa pelo meridiano local ("passagem meridiana"). Depois Zh volta a aumentar, fazendo com que I_z diminua, chegando a zero no pôr do sol.

Devido ao movimento de translação da Terra em torno do Sol, o ângulo zenital varia também ao longo do ano. Se considerarmos uma localidade situada na latitude de 23º27´, o *ângulo zenital ao meio-dia* será de 0º ($I_{12h} = I_n$) para o solstício de verão, 23º27´ ($I_{12h} = 0{,}917 * I_n$) para os equinócios e 46º54´ ($I_{12h} = 0{,}683 * I_n$) no solstício de inverno.

Escala espacial dos fenômenos atmosféricos

Macro-escala

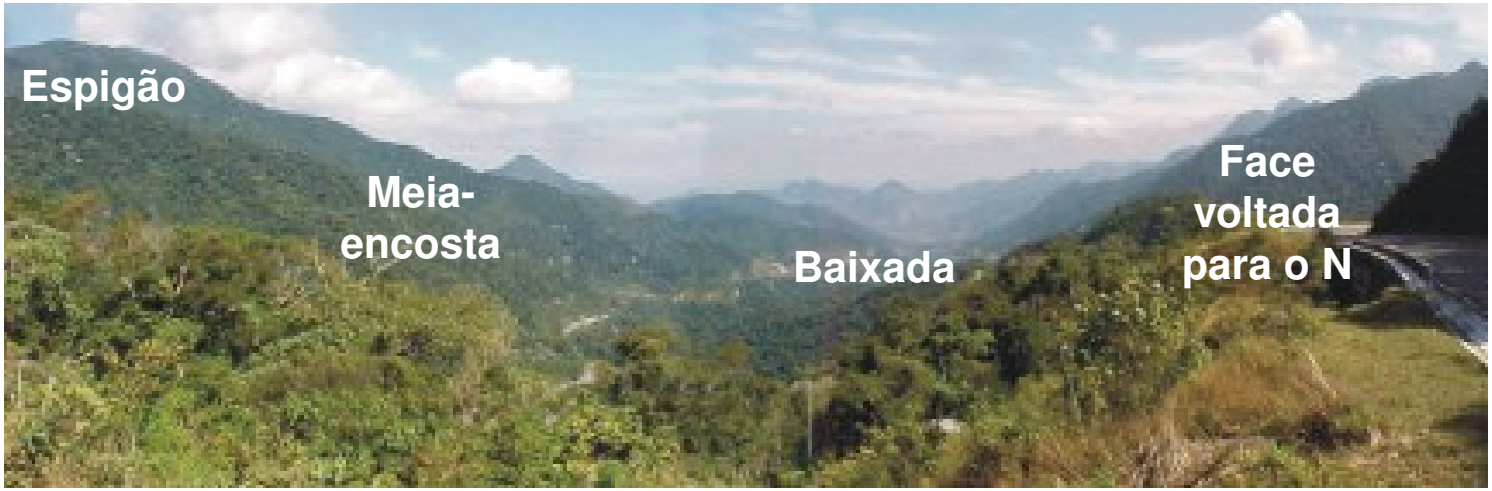
Trata dos fenômenos em escala regional ou geográgica, que caracteriza o macro-clima de grandes áreas, devido aos fatores geográficos, como a latitude, altitude, correntes oceânicas, oceanalidade/continentalidade, atuação de massas de ar e frentes. Esses fatores são denominados “macroclimáticos”. O macroclima é o primeiro a ser considerado no zoneamento agroclimático



Escala espacial dos fenômenos atmosféricos

Topo-escala

Refere-se aos fenômenos em escala local, em que a topografia condicona o topo-clima, devido às condições do relevo local: exposição e configuração do terreno. Esses fatores são denominados de “topoclimáticos” e são de grande importância no planejamento agrícola.



Escala espacial dos fenômenos atmosféricos

Micro-escala

Mata em regeneração

É aquela que condiciona as condições meteorológicas (microclima) em uma pequena escala, ou seja, pela cobertura do terreno ou pela adoção de alguma prática de manejo (irrigação, adensamento de plantio, cultivo protegido, etc). Cada tipo de vegetação ou estrutura gera um microclima diferenciado. Culturas anuais semeadas no sistema convencional tem um microclima diferente daquelas cultivadas no sistema de plantio direto. A presença de mato nas entrelinhas e o adensamento das culturas perenes também interferem no microclima. O uso de ambientes protegidos (coberturas plásticas) altera o microclima, reduzindo a radiação solar e aumentando a temperatura diurna.

Mata virgem

Cultura de arroz

Colheita de cana

Viveiro coberto com tela

Estufas plásticas

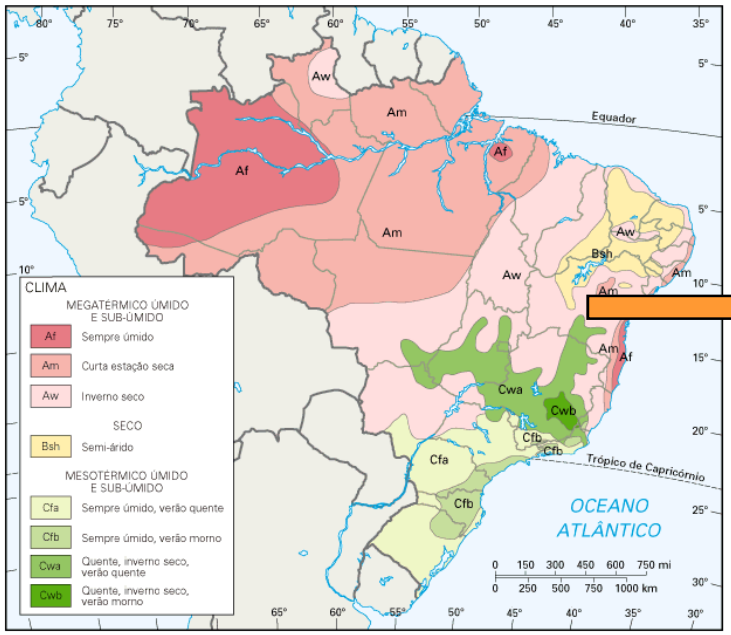
Arborização

Sistemas Agroflorestais

Pastagem

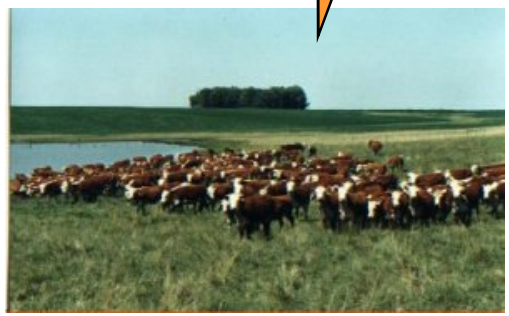
Cada uma dessas condições de cobertura do terreno irá gerar um microclima diferente, que por sua vez depende também do macro e do topoclima.

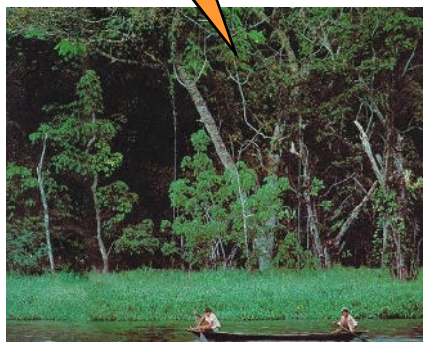
Escala espacial dos fenômenos atmosféricos



Portanto, em um mesmo MACROCLIMA podem ocorrer diferentes TOPOCLIMAS...

...e dentro de um mesmo TOPOCLIMA podem haver diversos MICROCLIMAS





Teste rápido #2

1) Conceitue tempo, clima, normal climatológica, elementos e fatores meteorológicos. Qual a ligação de cada um deles com as atividades agropecuárias?

2) O que significa solstício e equinócio? Quando eles ocorrem? O que significa declinação solar e quais seus valores nas principais efemérides?

3) Comente sobre as três escalas espaciais dos fenômenos atmosféricos. Como elas interagem com as atividades agrícolas?

4) Como a lei do cosseno de Lambert está relacionada com as variações diária e sazonal da radiação solar na superfície terrestre, em um dado local?