

**Universidade de São Paulo
Departamento de Geografia
FLG 0253 - CLIMATOLOGIA I**

**TEMPERATURA DO AR, DO SOLO
E CONFORTO TÉRMICO**

Emerson Galvani

Outono de 2016

Temperatura do ar

Um dos atributos do clima mais fácil de sentir e avaliar qualitativamente, por exemplo:

Como você está se sentindo aqui nesse momento?

-Confortável? Frio? Quente e úmido? Muito frio? (anote)

-Mesmo sem instrumentos é possível avaliar a temperatura do ar de forma indireta e qualitativa,

Temperatura do ar

CALOR é definido como energia cinética **total** dos átomos e moléculas que compõem uma substância.

TEMPERATURA é uma medida da energia cinética **média** das moléculas ou átomos individuais.

Temperatura do ar

A distinção fica mais clara pelo seguinte exemplo. A temperatura de um copo de água fervente é a mesma que a da água fervente de um balde. Contudo, o balde de água fervente tem uma maior quantidade de calor que o copo de água fervente. Portanto, a quantidade de calor (energia) depende da massa do material, a temperatura não.

CONTROLES DA TEMPERATURA

a) **Radiação solar:**

A temperatura do ar é usualmente mais elevada nos trópicos e mais reduzidas em latitudes médias e altas,

É mais elevada em janeiro que em julho (no Hemisfério Sul),

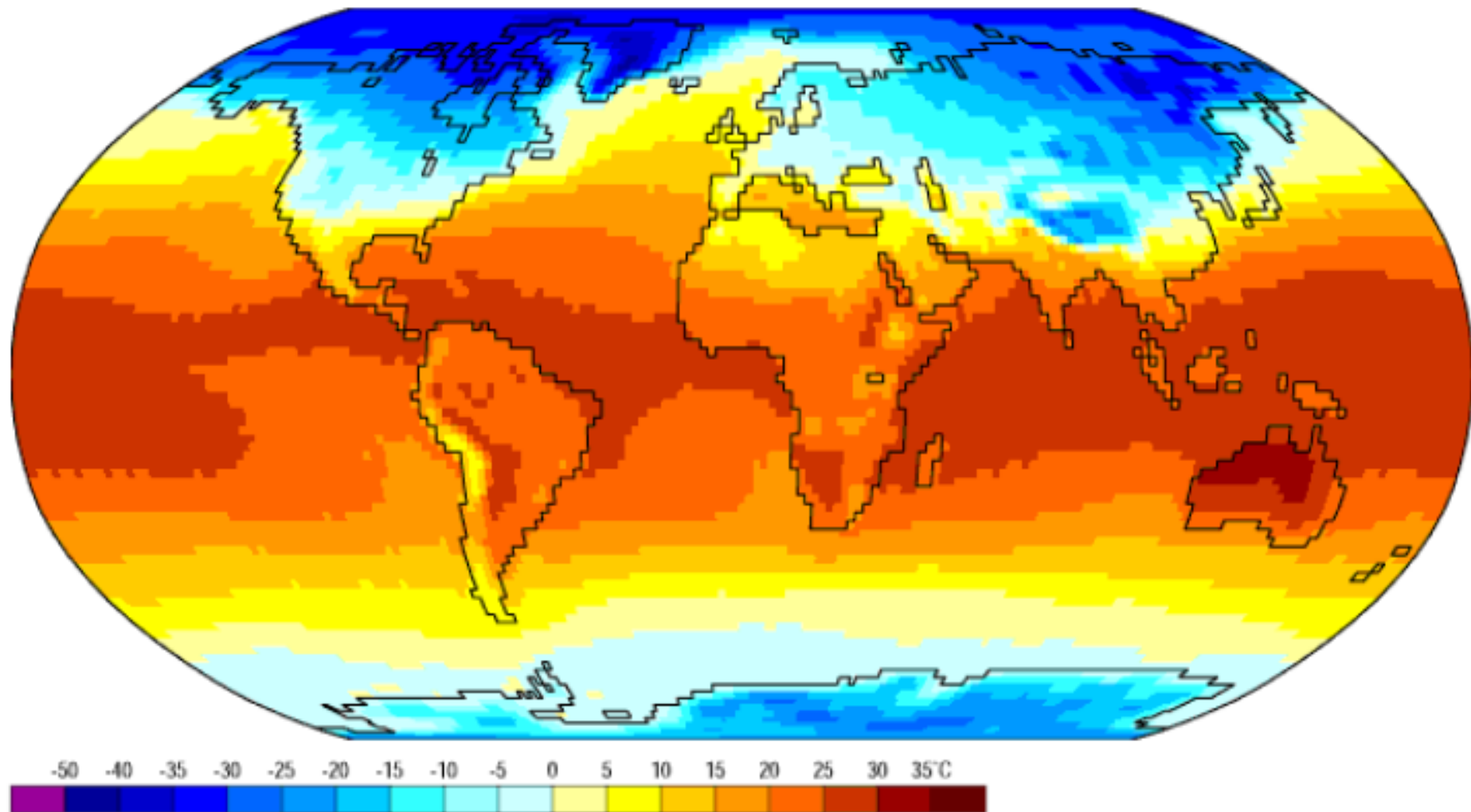
Mais elevada durante o dia que à noite,

Mais elevada em dias de céu claro do que nublado (durante o dia).

Temperaturas médias globais

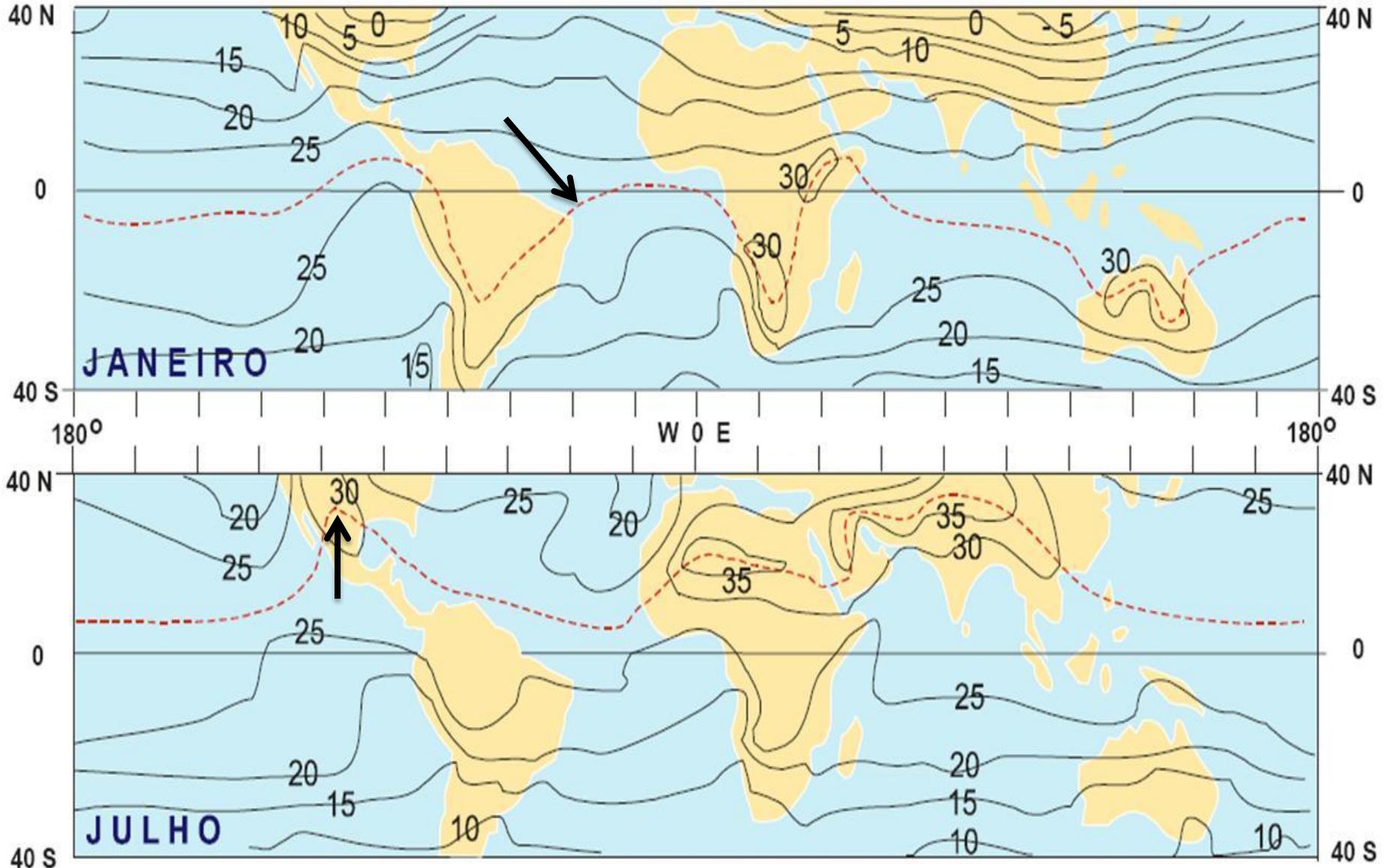
Air Temperature

Dec



Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

Posição do equador Térmico – janeiro e julho



Observe a isoterma de 30oC

Fonte: Varejão-Silva, 2006

CONTROLES DA TEMPERATURA

b) **correntes oceânicas**

Correntes oceânicas quentes que se dirigem para os pólos tem efeito moderador do frio. Um exemplo famoso é a corrente do Atlântico Norte, uma extensão da **corrente do Golfo** (quente), que mantém as temperaturas mais elevadas no oeste da Europa do que seria esperado para aquelas latitudes.

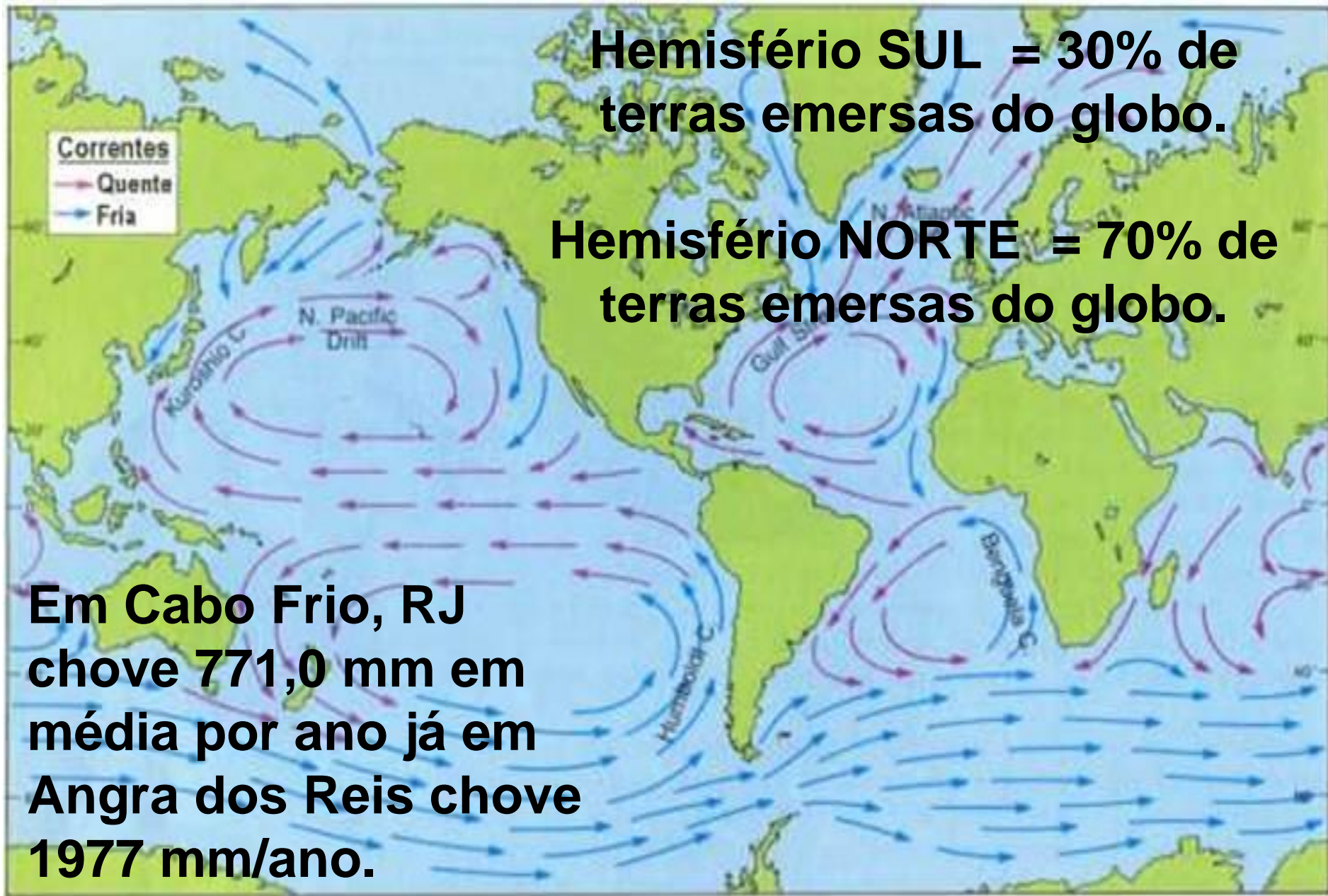
Este efeito é sentido mesmo no interior do continente devido aos ventos dominantes de oeste. Outro exemplo é caso de Cabo Frio, RJ.

CONTROLES DA TEMPERATURA

b) correntes oceânicas

Hemisfério SUL = 30% de terras emersas do globo.

Hemisfério NORTE = 70% de terras emersas do globo.



**Em Cabo Frio, RJ
chove 771,0 mm em
média por ano já em
Angra dos Reis chove
1977 mm/ano.**

CONTROLES DA TEMPERATURA

c) **Altitude**

A diferença de temperatura média anual entre São Paulo, a uma altitude de aproximada de 700 m e uma temperatura média de 20,2 °C, e Santos, a uma altitude de 5 m e com temperatura média anual de 24,8 °C pode ser entendida através de diferença de altitudes. A diminuição vertical média da temperatura na troposfera é de 6,5 °C por km.

Isso é o que denominamos de **gradiente adiabático atmosférico**, ou seja, redução da temperatura do ar por expansão do volume sem que ocorra troca de energia com o entorno.

CONTROLES DA TEMPERATURA

d) advecção de massas de ar,

A advecção de massas de ar se refere ao movimento de uma massa de ar de uma localidade para outra. A advecção de ar frio ocorre quando o vento sopra através das isotermas de uma área mais fria para outra mais quente, enquanto na advecção de ar quente o vento sopra através das isotermas de uma região mais quente para uma mais fria. Isotermas são linhas traçadas sobre um mapa, que unem pontos com mesma temperatura do ar.

CONTROLES DA TEMPERATURA

A advecção de massas de ar pode compensar ou mesmo sobrepor-se à influência da radiação sobre a temperatura podendo, por exemplo, causar a queda da temperatura num início de tarde, apesar do céu claro.

Por exemplo: em um final de tarde com entrada de brisa a temperatura pode reduzir alguns graus na RMSP.

CONTROLES DA TEMPERATURA

e) **aquecimento diferencial da terra e da água.**

Variações nas temperaturas do ar são muito mais elevadas sobre a terra que sobre a água. Razões:

- 1) o fato que a água é altamente móvel. Quando é aquecida, a turbulência distribui o calor através de uma massa bem maior. A variação diurna de temperatura na água alcança profundidade de 6 metros ou mais e a variação anual pode atingir de 200 a 600 metros. Por outro lado, o calor não penetra profundamente no solo ou rocha; ele permanece numa fina camada superficial, pois deve ser transferido pelo lento processo de condução.

CONTROLES DA TEMPERATURA

- 2) Como a superfície da terra é opaca, o calor é absorvido somente na superfície. A água, sendo mais transparente, permite que a radiação solar penetre à profundidade de vários metros.
- 3) O calor específico (a quantidade de calor necessária para aumentar de 1°C uma massa de 1g da substância) é quase 5 vezes maior para a água que para a terra. Assim, a água necessita bem mais calor para aumentar sua temperatura na mesma quantidade que a terra, para uma mesma quantidade de massa.
- 4) A evaporação (que é um processo de resfriamento) é bem maior sobre a água que sobre a superfície da terra.

CONTROLES DA TEMPERATURA

Variação na amplitude média anual da temperatura com a latitude

Latitude	Hemisfério Norte	Hemisfério Sul
0	0	0
15	3	4
30	13	7
45	23	6
60	30	11
75	32	26
90	40	31

Amplitude térmica (AT) é a diferença entre a temperatura máxima (Tmax) e mínima do ar (Tmin).

CONTROLES DA TEMPERATURA

f) **posição geográfica (continentalidade/maritimidade).**

Uma localidade costeira na qual os ventos dominantes são dirigidos do mar para a terra e outra na qual os ventos são dirigidos da terra para o mar podem ter temperaturas consideravelmente diferentes. No 1o caso, o lugar sofrerá a influência moderadora do oceano enquanto o 2o terá um regime de temperatura mais continental, com maior contraste entre as temperaturas de inverno e verão e entre dias e noites.

- No interior do continente: continentalidade e -
Próximas aos oceanos: maritimidade.

CONTROLES DA TEMPERATURA

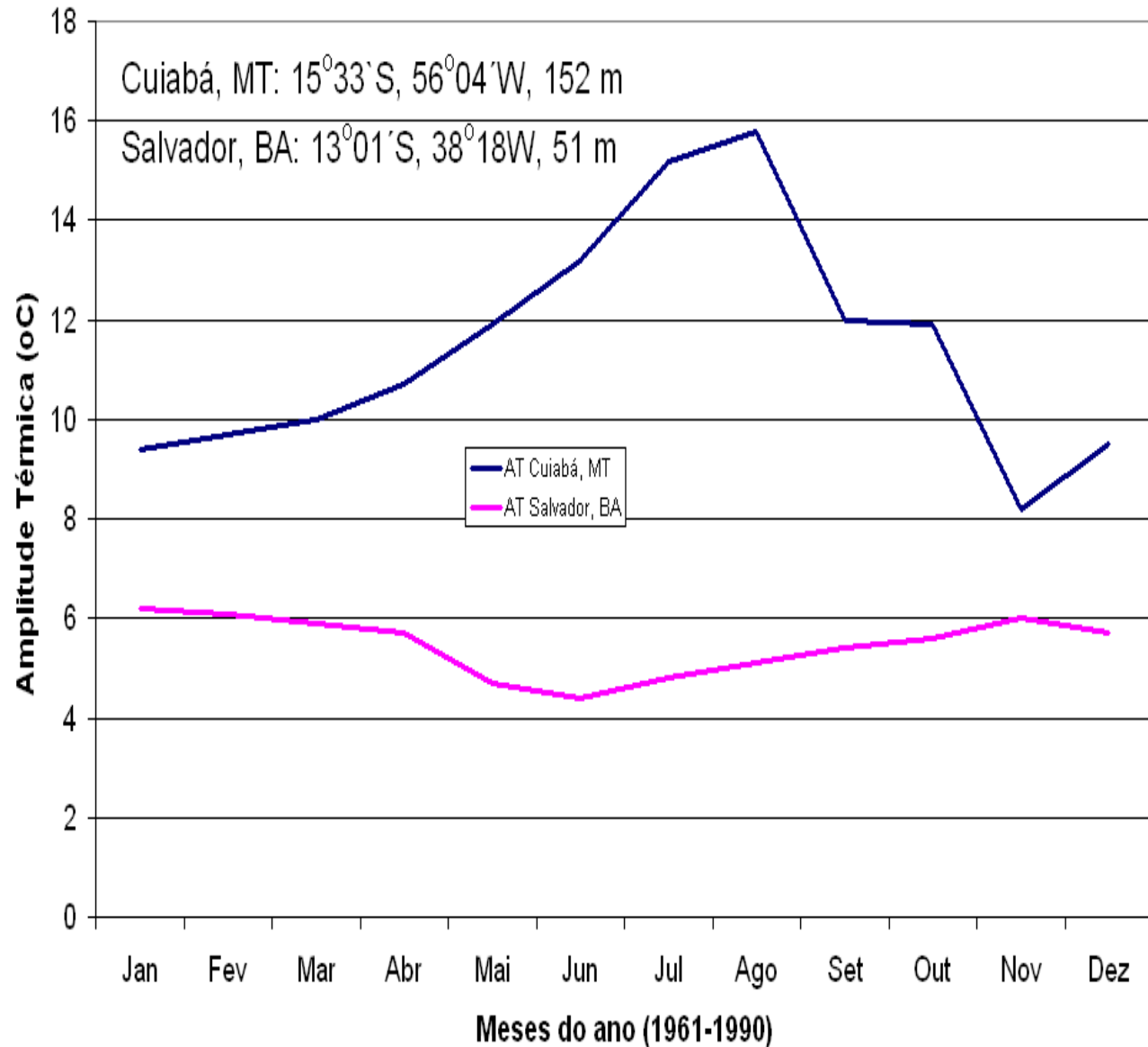
Exemplo: Salvador-BA, tem uma amplitude térmica anual no mês de julho de 4,8 °C enquanto que Cuiabá-MT apresenta amplitude de 15,2 °C.

Esse efeito é conhecido como maritimidade/continentalidade atuando, respectivamente, em Salvador e Cuiabá.

Recorde que as localidades estão em latitudes próximas e também em altitudes próximas (apenas 100 metros de diferença).

Temperatura do ar

Variação Temporal da Amplitude (Tmax-Tmin) (continentalidade/maritimidade)



Efeito da distância do mar (continentalidade) na variação da temperatura do ar (normais 1961-1990).

Controle posição geográfica conforme descrito.

CONTROLES DA TEMPERATURA

Sintetizando:

-A temperatura do ar é a resultante de um complexo e dinâmico balanço de controles dentre eles:

-Radiação solar

-Altitude

-Latitude

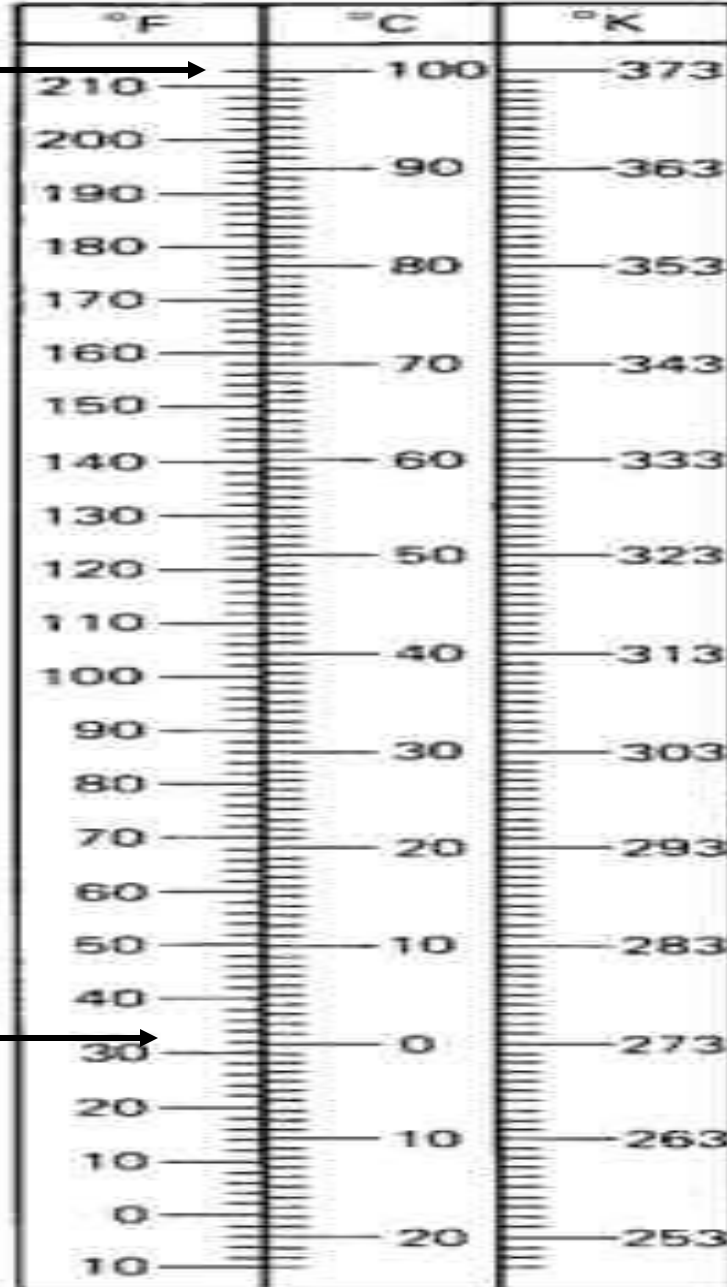
-Correntes marítimas – frias ou quentes

-Advecção de massas de ar

-Continentalidade/maritimidade;

ESCALAS DE TEMPERATURA DO AR

Ponto de
Ebulição



$$^{\circ}\text{F} = (1,8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

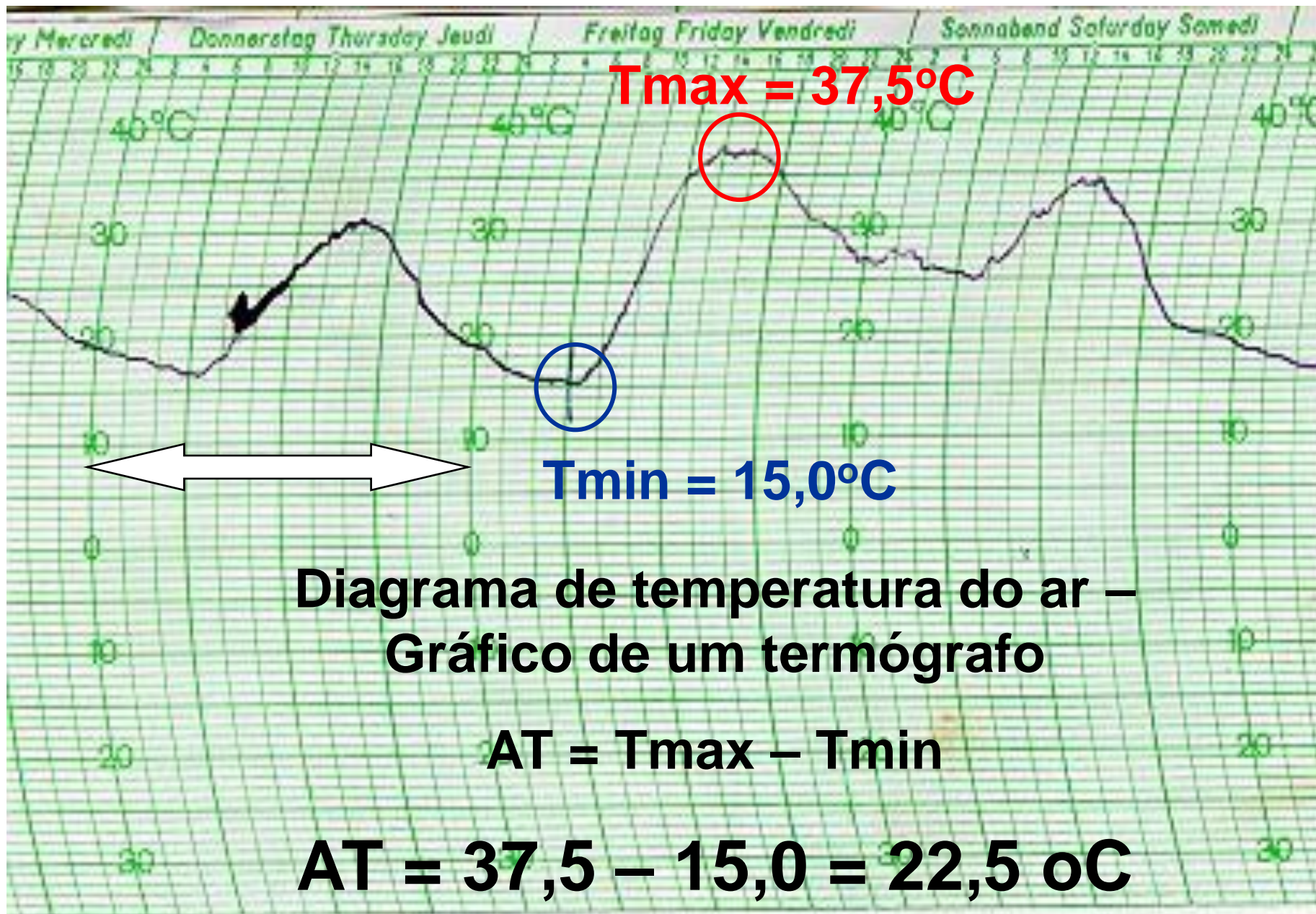
$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

Ponto de
Fusão

Variação Temporal da Temperatura do Ar

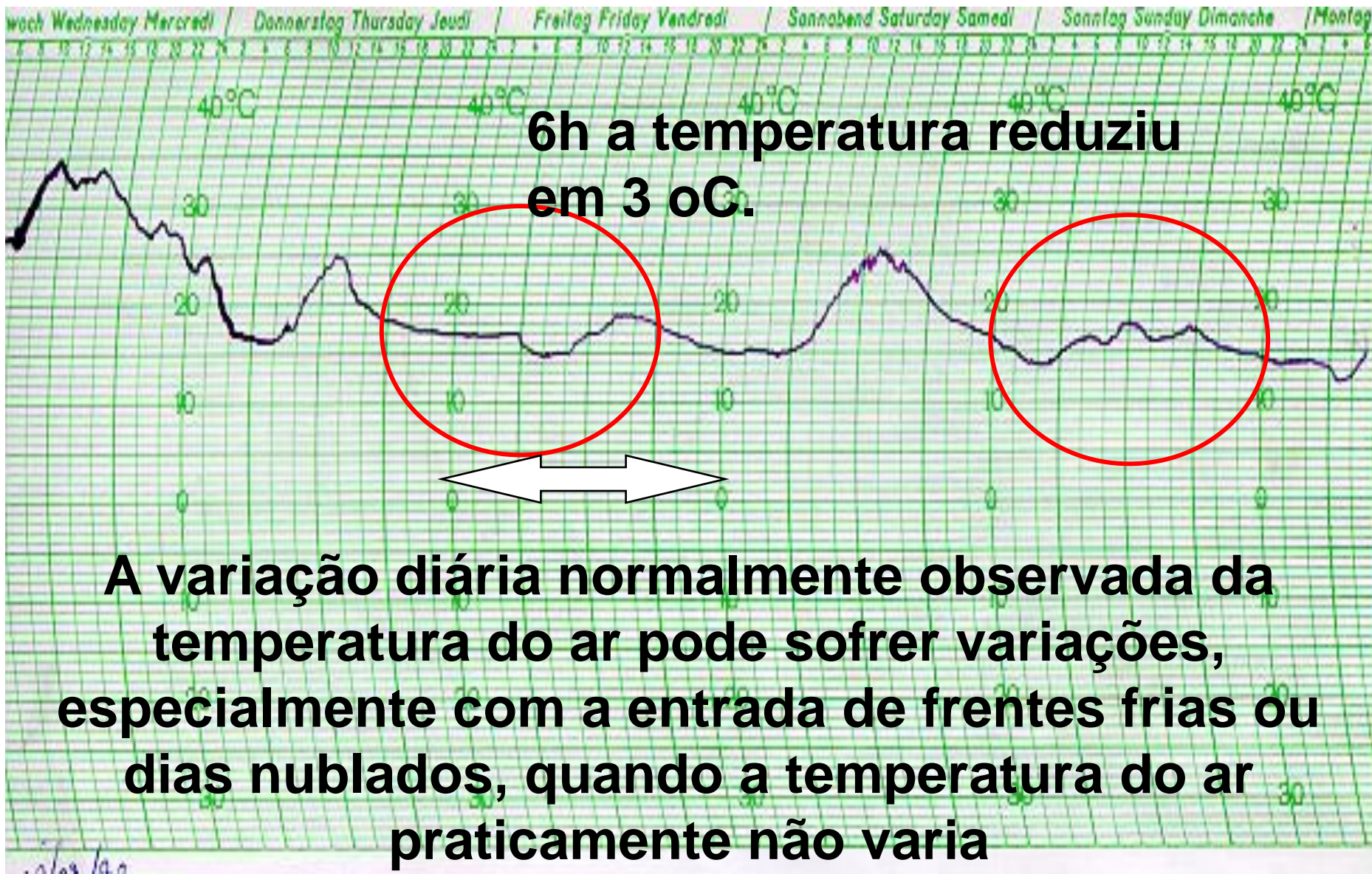
A temperatura do ar varia basicamente em função da disponibilidade de radiação solar na superfície terrestre. O valor máximo diário da temperatura do ar ocorre normalmente de 2 a 3h após o pico de energia radiante, o que se deve ao fato da temperatura do ar ser medida a cerca de 1,5 a 2,0 m acima da superfície. Já a temperatura mínima diária ocorre de madrugada, alguns instantes antes do nascer do sol. O diagrama abaixo mostra a variação diária da temperatura do ar.

Variação Temporal da Temperatura do Ar - Diária

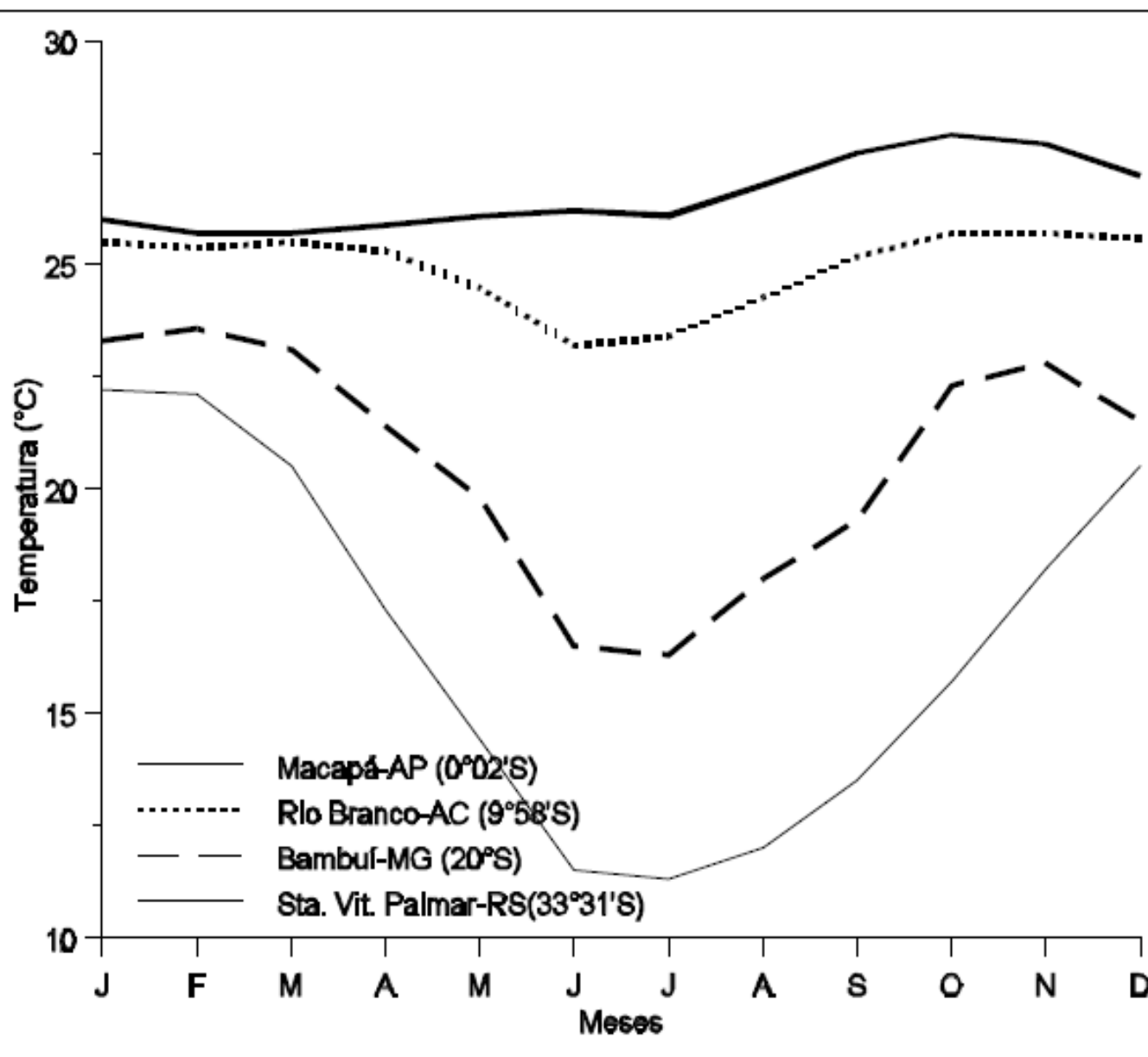


Temperatura do ar

Variação Temporal da Temperatura do Ar - Diária



Varição Temporal e latitudinal da Temperatura do Ar - Anual



Padrões de variações sazonais da temperatura do ar nas latitudes baixas e médias (normais 1961-1990). Fonte: Assunção, 2007.

Temperatura do ar

Medida da Temperatura do Ar

O padrão para a medida da temperatura do ar visa homogeneizar as condições de medida, com relação ao topo e microclima, deixando essa variável dependente unicamente das condições macroclimáticas, o que possibilita a comparação entre locais. Assim, mede-se a temperatura do ar com os sensores instalados em um abrigo meteorológico, a 1,5 – 2,0 m de altura e em área plana e gramada.

Temperatura do ar

Medida da Temperatura do Ar

Abrigo meteorológico utilizado em estações meteorológicas automáticas



Abrigos meteorológicos utilizados em estações meteorológicas convencionais



Temperatura do ar

Instrumentos de Medida

Termômetro de mercúrio

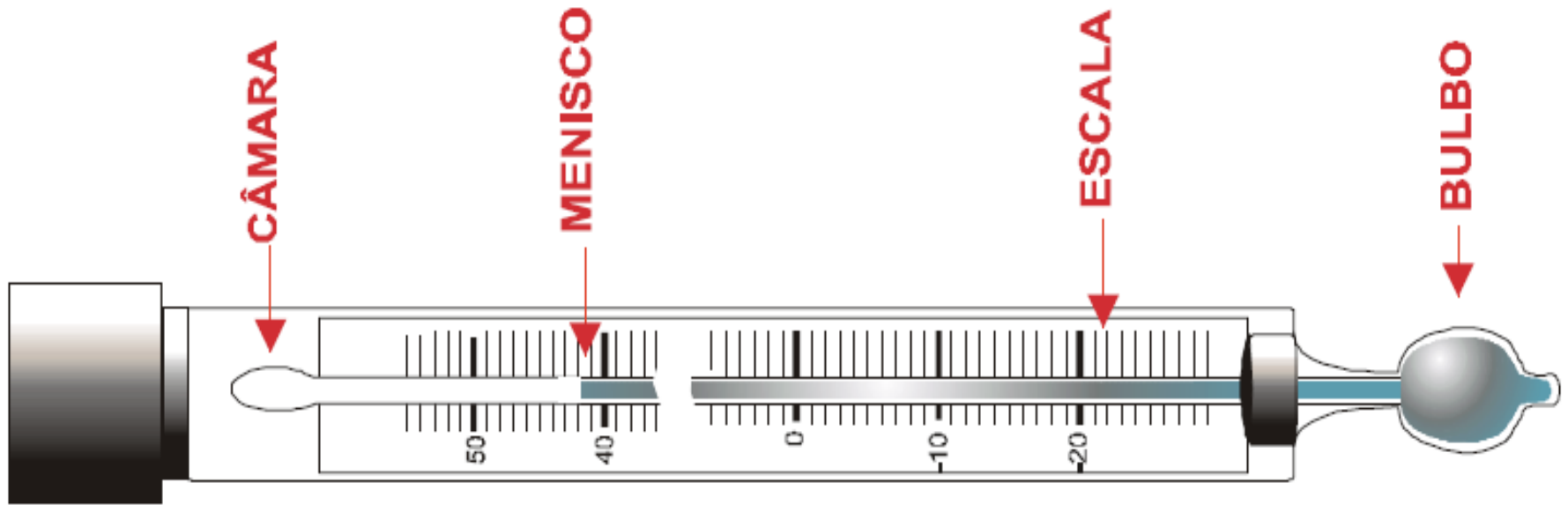
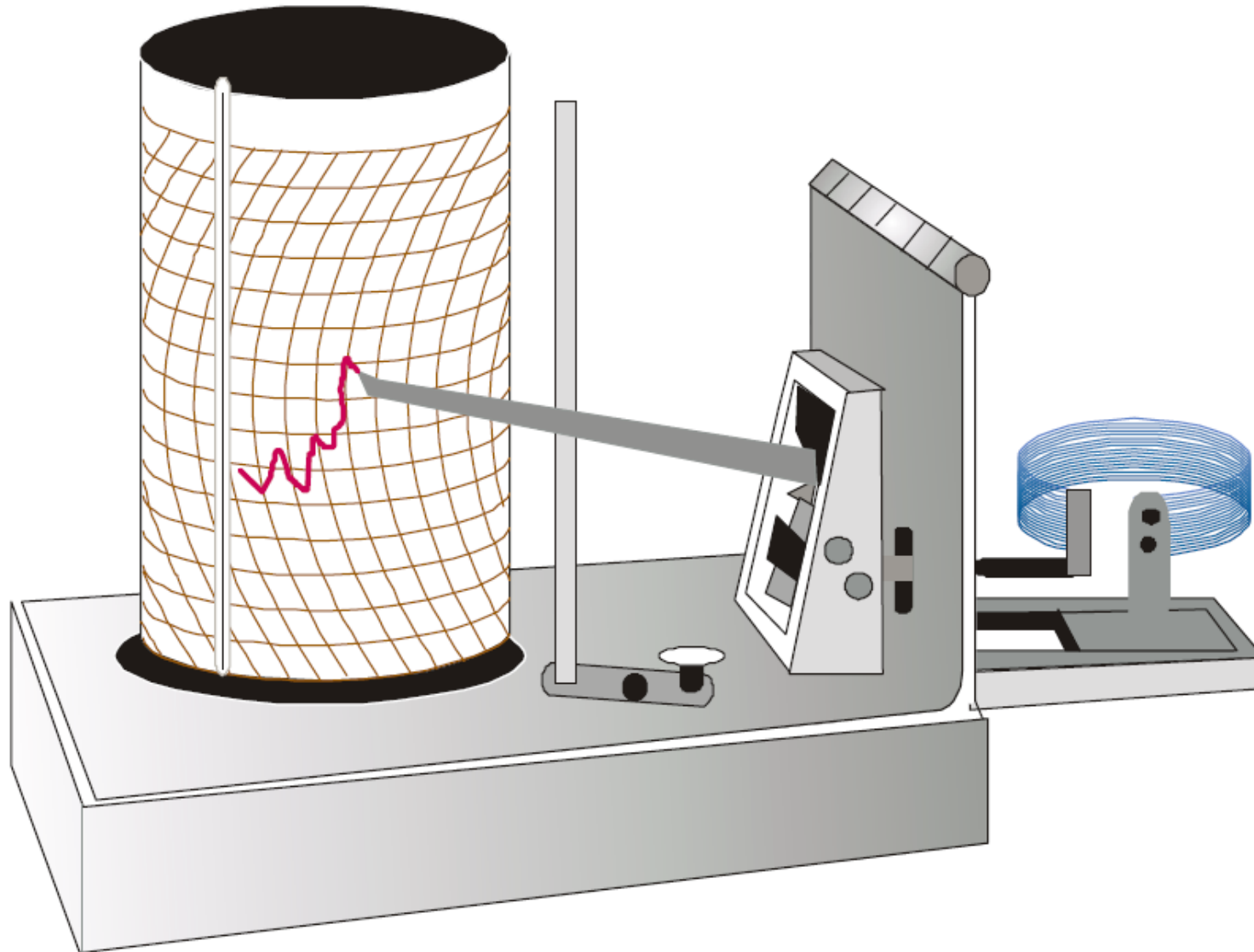
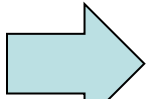


Fig. II.1 - Esquema de um termômetro convencional de mercúrio em vidro.

Temperatura do ar

Instrumentos de Medida – Termógrafo Bimetálico





Cálculo da Temperatura Média do Ar

Estação

Convencional:

INMET $T_{\text{med do ar}} = (Ta_{9h} + T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}} + 2.Ta_{21h}) / 5$

IAC $T_{\text{med do ar}} = (Ta_{7h} + Ta_{14h} + 2.Ta_{21h}) / 4$

Valores
Extremo

$$T_{\text{med do ar}} = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2$$

s

Termógrafo

$$T_{\text{med do ar}} = (\sum Ta_i) / 24$$



Ta_i é a temperatura do ar medida a cada intervalo de 1 hora e 24 é o total de observações feitas ao longo de um dia

Cálculo da Temperatura Média do Ar

Estação Automática :

Real $T_{med} \text{ do ar} = (\sum Ta_i) / n$



Ta_i é a temperatura do ar medida a cada intervalo de tempo e “n” é o total de observações feitas ao longo de um dia.

Temperatura do solo

A temperatura do solo é determinado pelo aquecimento da superfície pela radiação solar e transporte, por condução, de calor sensível para seu interior. Durante o dia, a superfície se aquece, gerando um fluxo de calor para o interior.

À Noite, o resfriamento da superfície, por emissão de radiação terrestre (ondas longas), inverte o sentido do fluxo, que agora passa a ser do interior do solo para a superfície.

Temperatura do solo - Medidas

São utilizados os geotermômetros, cujo o elemento sensor é o mercúrio, cujo princípio de medida é a dilatação de um líquido.



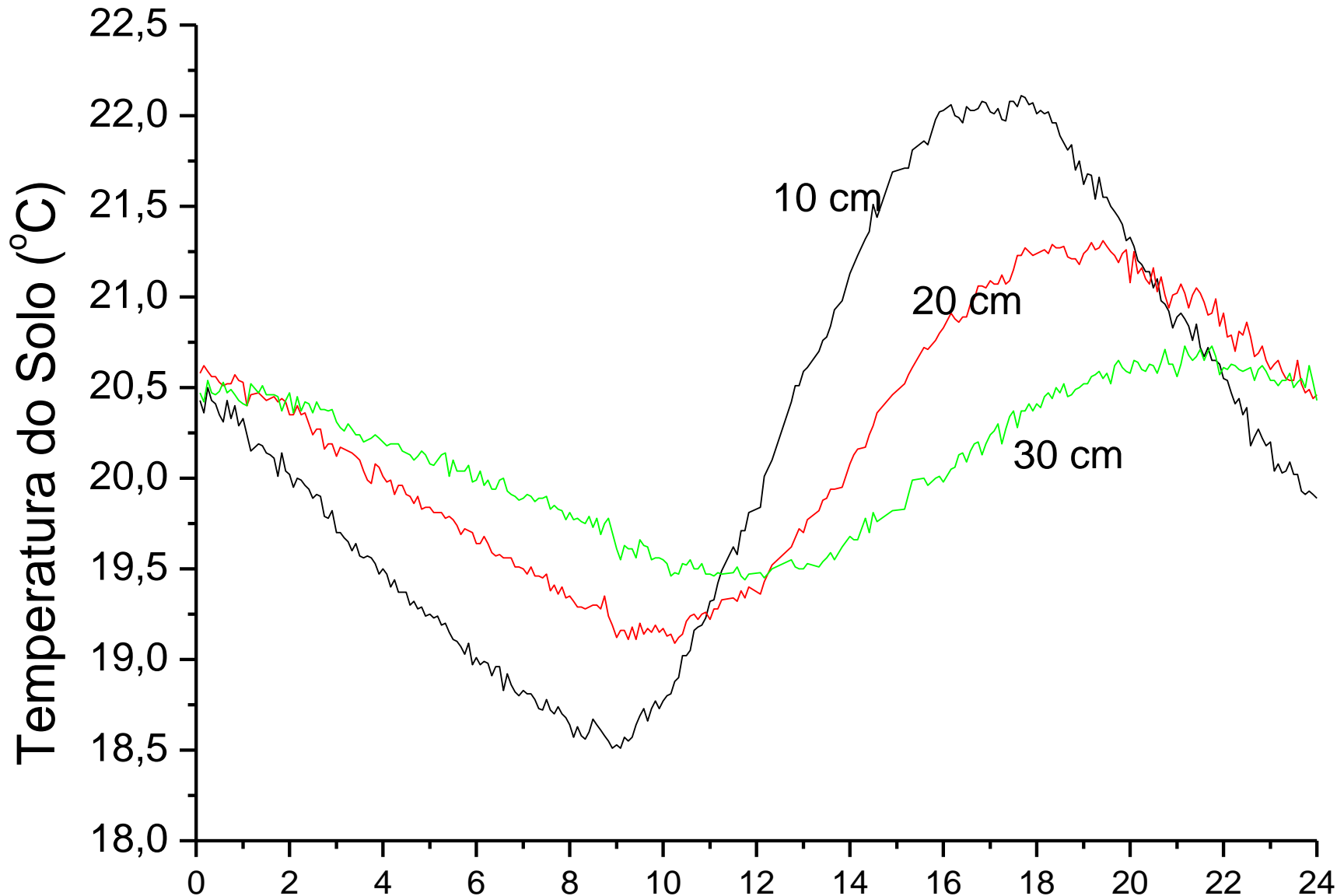
Geotermômetros instalados em *mulching*.

Galvani, 2013



Geotermômetros instalados em solo desnudo

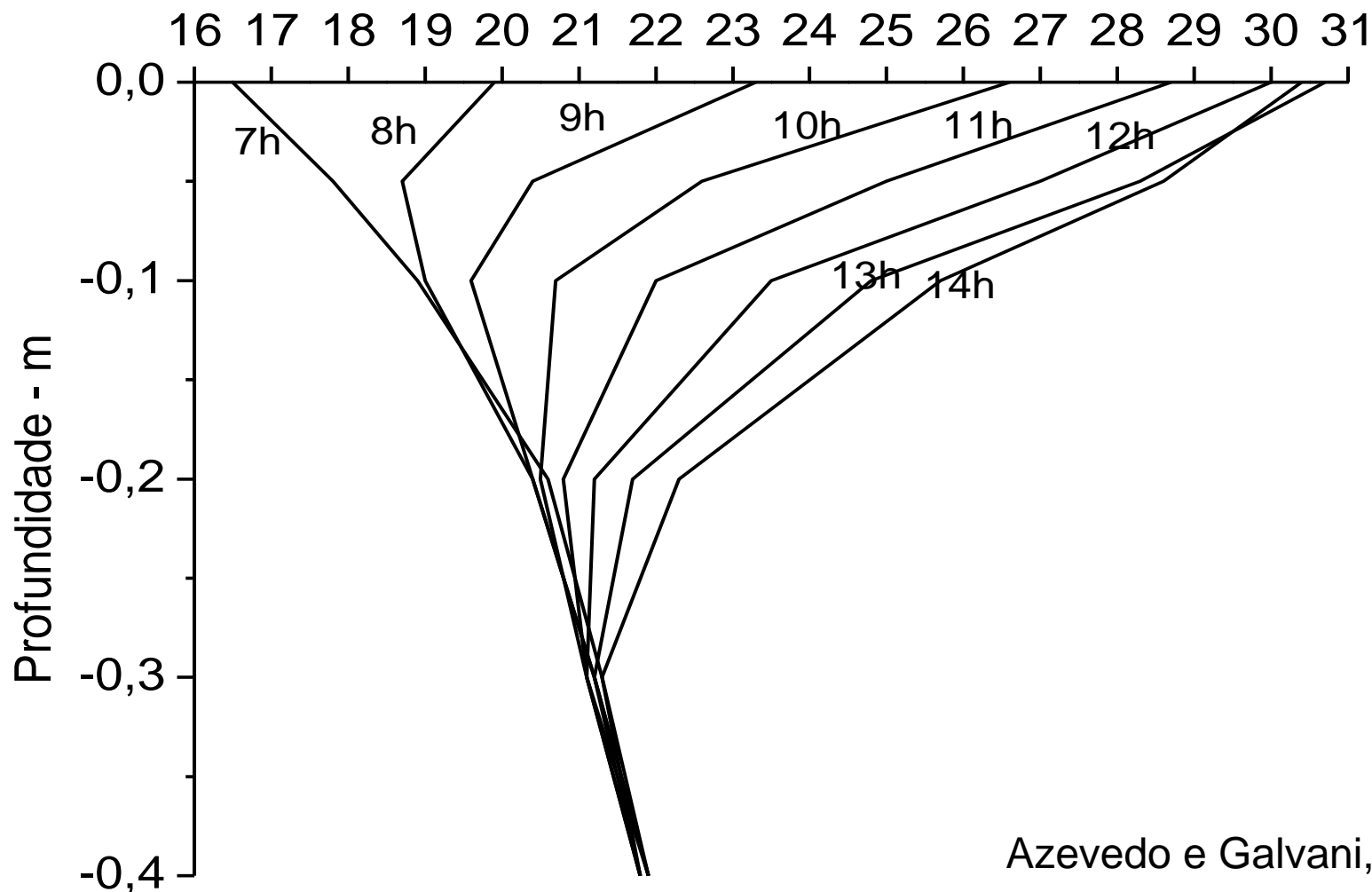
Temperatura do solo – Variação diária em três profundidades



Temperatura do solo

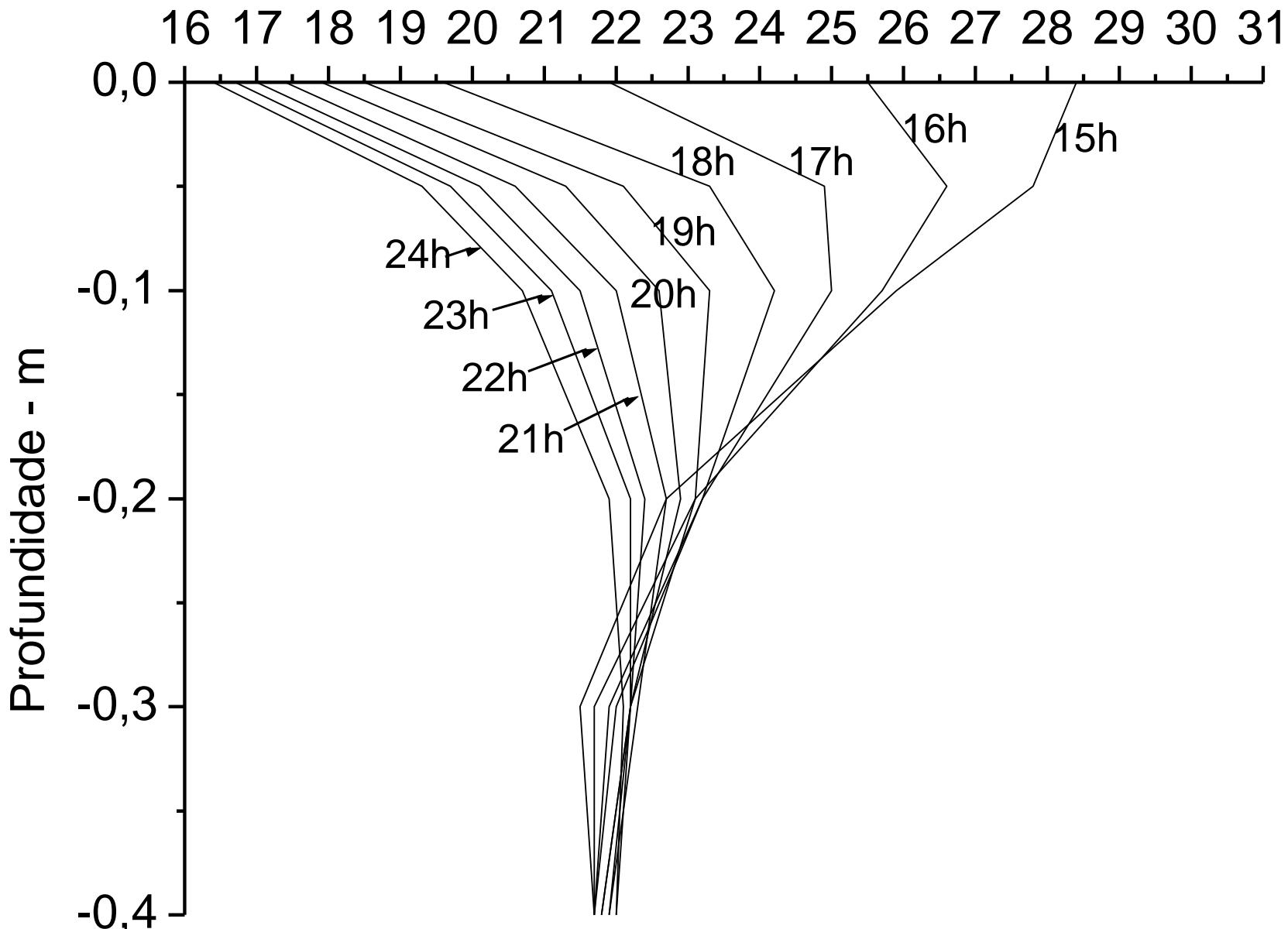
A variação da temperatura do solo ao longo do dia e da profundidade é estudada a partir da elaboração dos perfis de variação da temperatura, denominados de TAUTÓCRONAS

Temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$)



Temperatura do solo

Temperatura do solo (°C)



CONFORTO TÉRMICO HUMANO

Conforto Térmico

O conforto térmico e higrométrico expressa o bem estar do ser humano em função das condições do meio. O indivíduo pode sentir conforto ou desconforto em função de temperaturas elevadas ou reduzidas e também por ambientes muito úmidos ou secos. O homem é um ser homeotérmico, ou seja, a sua temperatura é mantida relativamente constante por processos metabólicos.

Conforto Térmico

A temperatura do corpo humano situa-se em torno de 37°C , sendo o limite inferior 32°C e o superior 42°C para a sobrevivência (FROTA; SHIFFER, 2001). No limite inferior na zona de conforto (frio) o organismo reage causando vasoconstrição, arrepio e tiritar (tremor); já no outro extremo da zona de conforto (calor) podem ocorrer vasodilatação e exudação (perda de água).

Efeito do vento na temperatura do ar - "windchill".

Temp. Real (°C)	Velocidade do Vento (km/h)										
	6	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20 °C	20	18	16	14	13	13	12	12	12	12	12
16	16	14	11	9	7	7	6	6	5	5	5
12	12	9	5	3	1	0	0	-1	-1	-1	-1
8	8	5	0	-3	-5	-6	-7	-7	-8	-8	-8
4	4	0	-5	-8	-11	-12	-13	-14	-14	-14	-14
0	0	-4	-10	-14	-17	-18	-19	-20	-21	-21	-21
-4	-4	-8	-15	-20	-23	-25	-26	-27	-27	-27	-27
-8	-8	-13	-21	-25	-29	-31	-32	-33	-34	-34	-34
-12	-12	-17	-26	-31	-35	-37	-39	-40	-40	-40	-40
-16	-16	-22	-31	-37	-41	-43	-45	-46	-47	-47	-47
-20	-20	-26	-36	-43	-47	-49	-51	-52	-53	-53	-53

Conforto Térmico

Índice de temperatura e umidade (THI)

$$\text{THI} = T_s - (0,55 - 0,0055 * \text{UR}) * (T_s - 14,5)$$

Sendo T_s a temperatura do ar em $^{\circ}\text{C}$, e UR a umidade relativa do ar.

O resultado de THI é dado em $^{\circ}\text{C}$ (Funari, 2006) e com ele e o uso da tabela a seguir avalia-se o Índice de Conforto Térmico (ICT).

Conforto Térmico

Classes	ICT (°C)	Característica
1	< ou = 5,9	Resfriamento muito elevado
2	6,0 - 8,9	Resfriamento elevado
3	9,0 - 11,9	Frio
4	12,0 - 14,9	Desconforto pelo frio
5	15,0 - 17,9	Leve desconforto pelo frio
6	18,0 - 20,9	Limite inferior da zona de conforto
7	21,0 - 23,9	Centro da zona de conforto
8	24,0 - 26,9	Limite superior da zona de conforto
9	27,0 - 29,9	Leve desconforto pelo calor
10	30,0 - 32,9	Desconforto pelo calor
11	> ou = 33,0	Aquecimento elevado

Fonte: Funari, 2006, Organizado: Armani, 2006.

Temperatura do ar e do solo - Sobre o tema ler:

Capítulo 04 do livro:

AYOADE, J.O. Introdução a Climatologia para os trópicos. 3ª ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1991. 332p. (tradução Professora Maria Juraci Zani dos Santos)

Capítulo 05 do livro:

-VAREJÃO SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. INMET: Brasília, 2000. 515p. (versão digital disponível em www.agritempo.gov.br clicar em publicações e em seguida livros).

Capítulo 02 do livro:

PEREIRA, A.R., SENTELHAS, P.C., ANGELOCCI, L.R. Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

Azevedo, Tarik Rezende de, Galvani, Emerson. Ajuste do ciclo médio mensal horário da temperatura do solo em função da temperatura do ar.

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 123-130, 2003.