

## **CAPÍTULO 6**

### **TEMPERATURA DO AR E DO SOLO**

#### **1. Temperatura**

A matéria compõe-se de moléculas constituídas por diferentes tipos de átomos. Esses átomos interagem eletricamente entre si e também obedecem às leis da mecânica, movimentando-se mais, ou menos, livremente, dependendo da fase em que a matéria se encontra, sólida, líquida, gasosa ou plasma. Essa agitação das moléculas será tanto maior quanto maior o nível de energia do sistema. À energia associada a esse movimento aleatório das moléculas dá-se o nome de calor, ou energia interna.

**Medida indireta e simples da energia interna de um sistema, proporcional ao seu estado vibratório**

#### **2. O Balanço da Radiação Solar**

**$R_n = \text{Ondas Curtas}$  (entram no sistema) -  $\text{Ondas Longas}$  (saem do sistema)**

#### **3. A partição da Radiação Líquida**

$$R_n = E + S + G + B \pm adv$$

$R_n$  = Radiação Líquida

$E$  = Fluxo de calor latente de evaporação

$S$  = Fluxo de calor sensível

$G$  = Fluxo de calor no solo

$B$  = Energia utilizada em sistemas biológicos

$adv$  = Energia transportada por advecção (vento)

#### **4. TEMPERATURA DO AR**

##### **4.1. Considerações sobre a temperatura do ar**

- É o solo que aquece o ar, por reemissão de ondas eletromagnéticas e por contato solo-atmosfera. O ar aquecido, tem menor densidade, e sobe por convecção. O ar é um péssimo condutor de calor.
- a medida da temperatura é relativamente simples.
  
- é uma grandeza intensiva, isto é independe da quantidade de matéria, volume ou massa, o que permite a comparação entre sistemas com diferentes estruturas ou extensão.
  
- Os PROCESSOS BIOFÍSICOS e BIOQUÍMICOS dependem da quantidade de energia do meio onde vivem. A temperatura é um parâmetro relacionado diretamente com a quantidade de energia de um corpo ou de um sistema, seu movimento molecular, afetando diretamente as reações e processos de manutenção dos seres vivos. A velocidade das reações aumentam, até um certo ponto, com o aumento da temperatura, ou do estado energético do meio onde a reação ocorre.
  
- TEORICAMENTE existem um ESTADO MÍNIMO, bem como um MÁXIMO, de energia que delimitam a faixa em que o organismo vivo apresenta um ótimo de desenvolvimento.

#### 4.2. Instrumentos de medida

##### a) Termômetros:

Termômetros comuns  
Termômetros de máxima  
Termômetros de mínima

##### b) Termógrafos:

Termógrafos bimetálicos

##### c) Instrumentos com sensores elétricos

- baseados na VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA de metais com a mudança de temperatura
- TERMOPARES: junções de fios de metais diferentes que geram corrente elétrica quando submetidos a temperaturas distintas.
- TERMISTORES: cristais cuja resistência à corrente elétrica depende da temperatura. Ex: Sensores de radiação infravermelha ( $8 < \lambda < 14 \mu\text{m}$ ): utilizados por exemplo para se conhecer a temperatura de organismos vivos (epiderme animal, limbo foliar, ...)

**ATENÇÃO: Todos esses métodos necessitam de calibração.**

5. Algumas observações importantes sobre o comportamento da temperatura do ar

6. A marcha diária e anual da temperatura do ar

Figura 1. Efeito da Oceanidade/Continentalidade na temperatura do ar

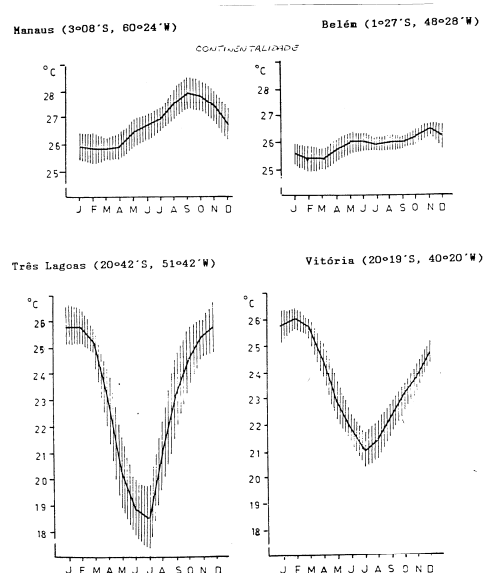


Figura 2. Efeito da Altitude na temperatura do ar

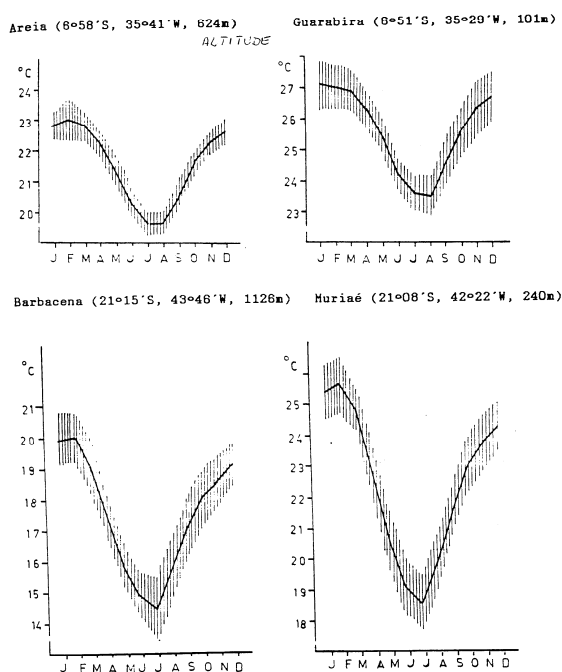


Figura 3. Marcha da temperatura do ar ao longo da semana para Viçosa de 22 a 29 de Fevereiro de 1982.

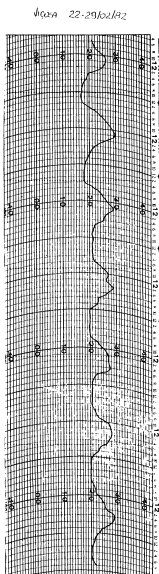


Figura 4. Curvas representativas dos valores médios mensais, calculados para o período de 1969 a 1972, da temperatura do ar (°C) e da energia solar incidente (cal/cm².dia) no Recife (8°11'S, 34°55' W).

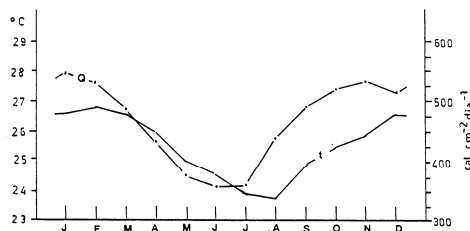
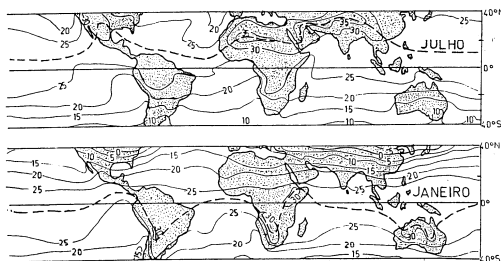


Figura 5. Distribuição da temperatura média do ar à superfície na região tropical em janeiro e julho. A linha tracejada indica a posição do equador térmico. Fonte: NIEUWOLT (1977).



### 7.0. Conceito de unidades termicas (GRAUS-DIA)

É o conceito de uma avaliação simplificada da energia que houve disponível planta num determinado dia: ACÚMULO DIÁRIO DE ENERGIA QUE SE SITUA ACIMA DA CONDIÇÃO MÍNIMA E ABAIXO DA CONDIÇÃO MÁXIMA EXIGIDA PELA PLANTA.

### 7.1. Temperaturas-base

São os valores de temperatura, mínima e máxima, requeridas para que uma determinada espécie vegetal se desenvolva. Abaixo e acima dessas temperaturas-base há paralização do desenvolvimento.

### 7.2. Constante térmica

Sob condição em que outros fatores (deficiência hídrica, deficiência nutricional, pragas e doenças) não afetam o desenvolvimento da planta, a exigência térmica de determinada espécie ou variedade, ou seja, o acúmulo de graus-dia para que ela complete o ciclo, deve ser aproximadamente constante.

Tanto as temperaturas-base como a constante térmica variam entre espécies e variedades

De uma maneira simplificada:

$$\Sigma GD = n \cdot GD^*$$

$$\therefore \Sigma GD = n \cdot (T^* - T_i)$$

$$GD^* = (T^* - T_i)$$

$T^*$  é a temperatura média diária ou mensal.

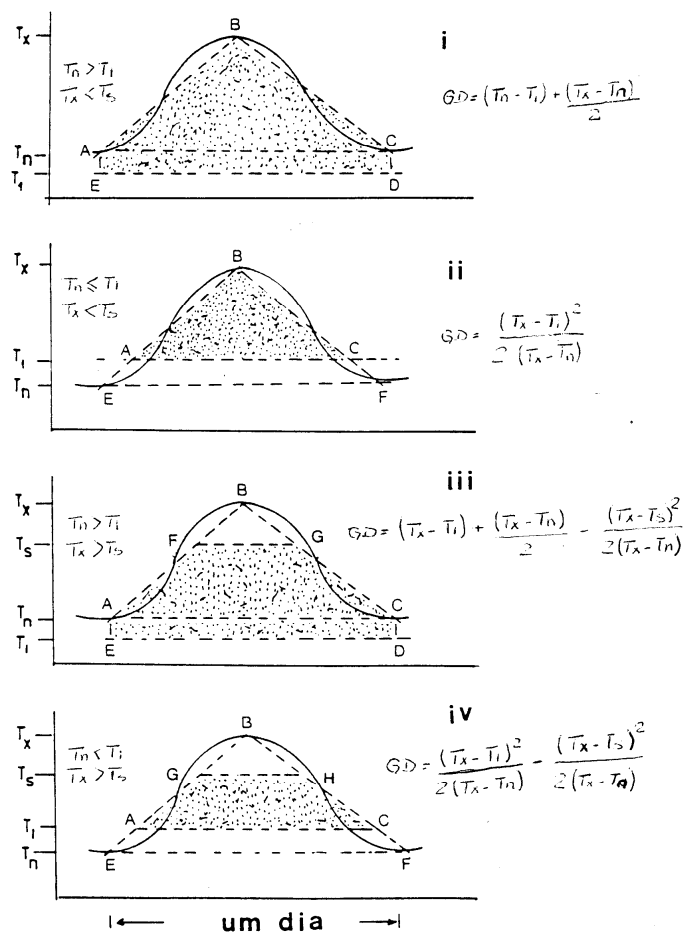
### 7.3. Exercício

Mês	Mínimas	Máximas	Médias	Dias/Mês	Dias	GD/dia	GD/mes	GD acum.	Dia Final
Jan	21,3	32,3	27,8	31	31				
Fev	21,3	32,4	27,9	28	28				
Mar	21,0	31,3	27,1	31	31				
Abr	21,1	30,4	26,7	30	30				
Mai	20,4	30,6	26,4	31	31				
Jun	19,4	30,0	25,8	30	30				
Jul	18,9	31,1	26,1	31	31				
Ago	20,5	31,6	27,3	31	31				
Set	21,3	32,9	28,3	30	15	6,8	102,0	102,0	
Out	22,8	34,7	29,7	31	31	8,2	254,2	356,2	
Nov	23,7	35,4	30,8	30	30	9,3	279,0	635,2	
Dez	22,4	32,6	28,2	31	31	6,7	207,7	842,9	
Jan	21,3	32,3	27,8	31	31	6,3	195,3	1038,2	
Fev	21,3	32,4	27,9	28	28	6,4	179,2	1217,4	
Mar	21,0	31,3	27,1	31	31	5,6	173,6	1391,0	
Abr	21,1	30,4	26,7	30	30	5,2	156,0	1547,0	19,4
Mai	20,4	30,6	26,4	31	31				
Jun	19,4	30,0	25,8	30	30				
Jul	18,9	31,1	26,1	31	31				
Ago	20,5	31,6	27,3	31	31				

Temperatura base inferior: 21.5 graus

Necessidade da cultura: 1492 GD

Figura 6. Casos possíveis e cálculos dos Graus-dia.



Mês	Mínimas	Máximas	Médias	Dias/Mês	Dias	CASO	GD/dia	GD/mes	GD acum.	Dia Final
Jan	21,3	32,3	27,8	31	31					
Fev	21,3	32,4	27,9	28	28					
Mar	21,0	31,3	27,1	31	31					
Abr	21,1	30,4	26,7	30	30					
Mai	20,4	30,6	26,4	31	31					
Jun	19,4	30,0	25,8	30	30					
Jul	18,9	31,1	26,1	31	31					
Ago	20,5	31,6	27,3	31	31					
Set	21,3	32,9	28,3	30	15	ii	5,6	84,0	84,0	
Out	22,8	34,7	29,7	31	31	i	7,3	224,8	308,8	
Nov	23,7	35,4	30,8	30	30	iii	19,7	592,3	901,1	
Dez	22,4	36,6	28,2	31	31	iv	7,9	246,1	1147,2	
Jan	21,3	32,3	27,8	31	31	ii	5,3	164,4	1311,5	
Fev	21,3	32,4	27,9	28	28	ii	5,4	149,9	1461,4	

Mar	21,0	31,3	27,1	31	31	ii	4,7	144,5	1605,9	6,6
Abr	21,1	30,4	26,7	30	30	ii	4,3	127,8	1733,7	
Maio	20,4	30,6	26,4	31	31	ii	4,1	125,8	1859,5	
Jun	19,4	30,0	25,8	30	30					
Jul	18,9	31,1	26,1	31	31					
Ago	20,5	31,6	27,3	31	31					

**Temperatura base superior: 35.0 graus**

**Temperatura base inferior: 21.5 graus**

**Necessidade da cultura: 1492 GD**

#### 7.4. Críticas ao conceito de graus-dia

- A teoria supõe que a há somente uma temperatura base durante toda a vida da planta.
- Considera que as temperaturas diurna e noturna têm o mesmo efeito sobre a planta.
- Considera que a resposta da planta à temperatura é linear em toda faixa entre as temperaturas basais (máxima e mínima)
- não leva em conta os diferentes comprimentos de onda.

#### 7.5. Fatores ambientais que afetam constante térmica

- Fertilidade do solo: > N ⇒ prolongamento do ciclo  
> P ⇒ encurtamento do ciclo
- Adensamento das plantas: Plantas adensadas tendem a ter o ciclo prolongado, devido à menor disponibilidade térmica (< aquecimento do solo).
- Umidade do solo: < disponib. de água ⇒ < ciclo.

#### 8. Temperatura média: conceitos e cálculos

$$T^* = (T_{\max} + T_{\min})/2$$

$$T^* = ( 2.T_{00} + T_{12} + T_{\max} + T_{\min} ) / 5$$

onde  $T_{00}$  e  $T_{12}$  são as temperaturas coletadas às 00 h e 12 h GMT, 21 e 9 h (horário de Brasília)

## 9. Temperatura do solo

### 9.1. Considerações sobre a temperatura do solo

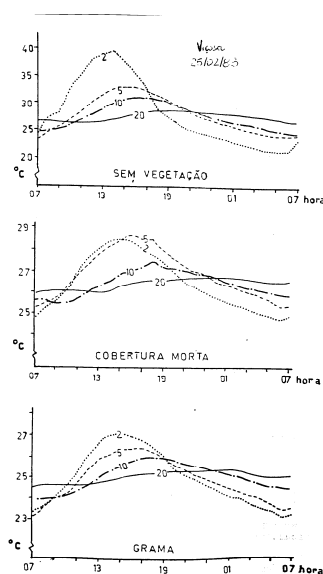
- é o solo que aquece o ar.
- fluxo de calor da superfície para o interior do solo e vice-versa se dá por condução.
- importante na germinação de sementes.
- teor de água do solo é importantíssimo sobre a temperatura e transferência de calor no interior do corpo do solo.

### 9.2. Instrumentos de medida

- Geotermômetros
- Termopares
- Termistores

### 9.3. A marcha diária da temperatura do solo

Figura 7. Marcha diária da temperatura do solo, para Viçosa (25/02/83).





**EXERCÍCIO**

1. Suponha uma cultura hipotética com necessidade de **1740** Graus-dia (Constante térmica), que tenha sido plantada em **15 de abril**. Em que dia se darão as maturações fisiológicas (quando terminará o ciclo) dessa cultura para os seguintes casos:

- a. Temperatura base mínima (Ti): 10°C  
Temperatura base máxima (Ts): 45°C
- b. Temperatura base mínima: 25°C  
Temperatura base máxima: 45°C
- c. Temperatura base mínima: 10°C  
Temperatura base máxima: 30°C
- d. Temperatura base mínima: 25°C  
Temperatura base máxima: 29°C

A localidade onde a cultura foi implantada apresenta as seguintes médias mensais, para a temperatura média diária, temperatura máxima diária e temperatura mínima diária:

Mês	Tm °C	Tmax °C	Tmin °C
Jan	27,8	32,3	21,3
Fev	27,9	32,4	21,3
Mar	27,1	31,3	21,0
Abr	26,7	30,4	21,1
Mai	26,4	30,6	20,4
Jun	25,8	30,0	19,4

Mês	Tm °C	Tmax °C	Tmin °C
Jul	26,1	31,1	18,9
Ago	27,3	31,6	20,5
Set	28,3	32,9	21,3
Nov	29,7	34,7	22,8
Out	30,8	35,4	23,7
Dez	28,2	32,6	22,4

2. A partir do gráfico apresentado na figura 3 determine a temperatura média do ar para Viçosa na semana de 22 a 29 de fevereiro de 1982. Compare com as temperaturas médias obtidas a partir das formulas apresentadas.