

# Temperatura do ar como Fator Agronômico

Conforto Animal, Número de Horas  
de Frio e Graus-dia

# Temperatura do ar como fator agrônômico

Os seres vivos, animais ou vegetais, requerem certas condições térmicas adequadas para seu pleno desenvolvimento, ou seja, para que seus processos metabólicos transcorram dentro da normalidade.

Desenvolvimento vegetal



Desenvolvimento de insetos



Produção animal

# Temperatura do ar e Produção Animal

Os animais de sangue quente (homeotermos) necessitam que a temperatura do ar e, conseqüentemente, a temperatura corporal estejam entre certos limites para que seus processos fisiológicos não sejam afetados negativamente, repercutindo no seu rendimento e na produção de carne, leite, ovos, lã, etc.



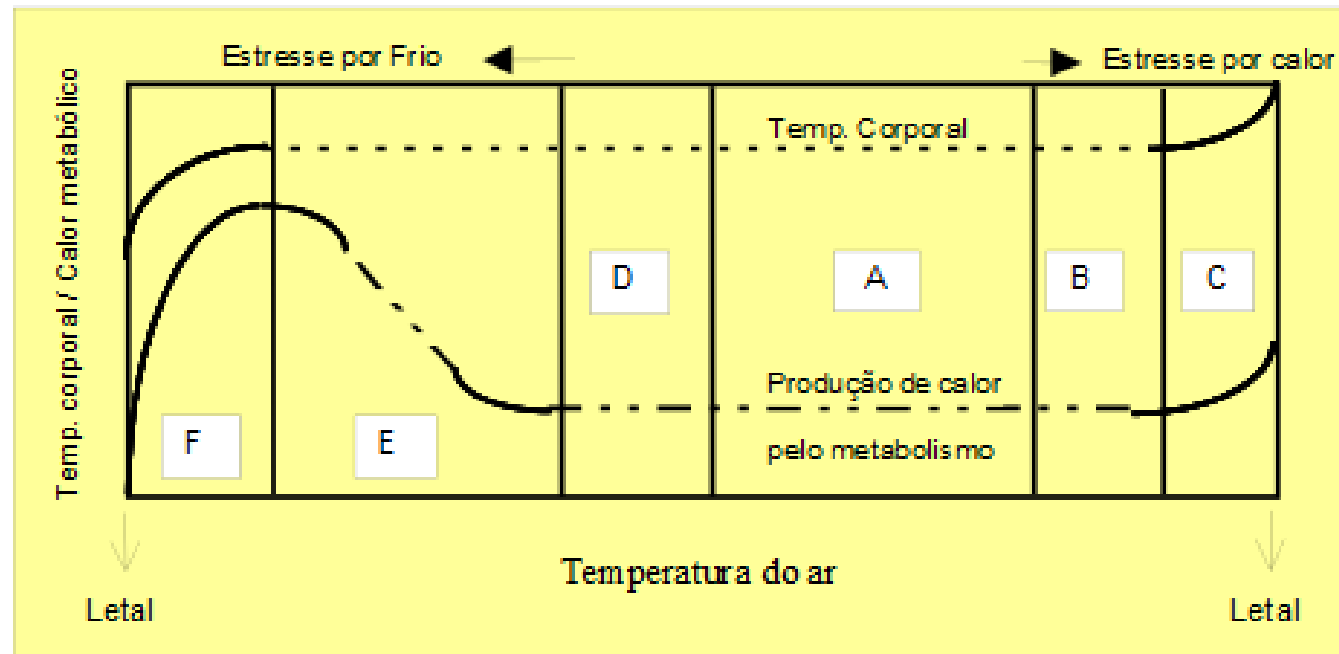
*A manutenção das temperaturas a níveis adequados mantém os animais saudáveis, produtivos e com maior longevidade*

## **Desempenho de vacas leiteiras Holandesas em diferentes condições térmicas. Adaptado de Müller (1989)**

| Variável                           |  | Tar = 18°C | Tar = 30°C |
|------------------------------------|--|------------|------------|
| Temperatura retal (°C)             |  | 38,6       | 39,9       |
| Temperatura da pele (°C)           |  | 33,3       | 37,9       |
| Frequência respiratória (resp/min) |  | 32,0       | 94,0       |
| Consumo de água (L/dia)            |  | 58,0       | 75,0       |
| Produção de leite (kg/dia)         |  | 18,4       | 15,7       |

Observa-se na tabela acima que no ambiente mais quente as vacas holandesas sofrem estresse ambiental, fazendo com que aumente a temperatura corporal. A resposta do animal é no sentido de aumentar a frequência respiratória e o consumo de água para eliminar calor corporal. Com isso, há um dispêndio de energia que resultará em redução de seu rendimento, representado pela produção de leite - cerca de 15% menor.

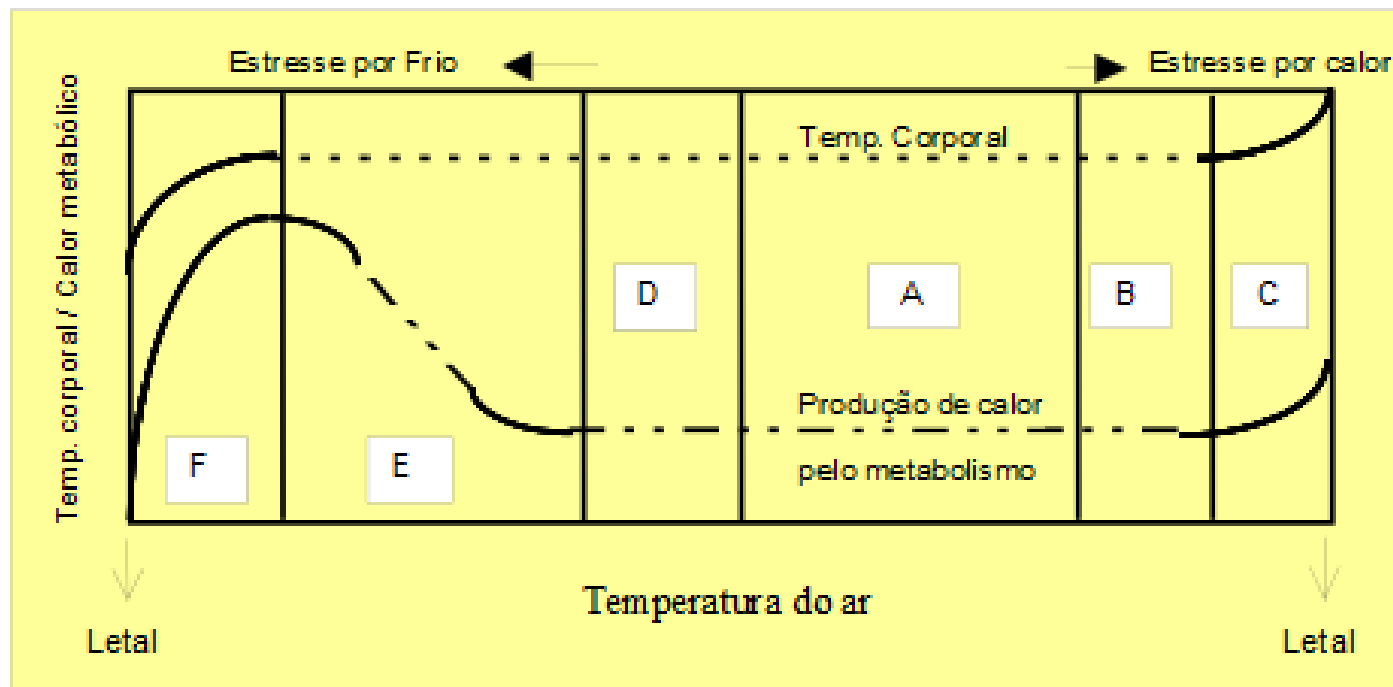
As condições de conforto térmico para os animais são fundamentais para que esses expressem suas potencialidades. No diagrama abaixo, as diferentes zonas de conforto são apresentadas, juntamente com as condições da temperatura corporal e da produção de calor pelo metabolismo.



**Zona A** – Zona de conforto térmico  $\Rightarrow$  nessa zona a produção é máxima.

**Zona B** – Zona sub-ótima por excesso de calor  $\Rightarrow$  inicia-se os processos de vasodilatação, aumento da frequência respiratória e do consumo de água, visando a eliminar calor e manter a temperatura corporal constante.

**Zona C** – Zona fatal (Hipertermia)  $\Rightarrow$  perda de calor é menor que a produção de calor pelo metabolismo corporal. A temperatura corporal aumenta até se atingir a temperatura letal, na qual o animal entra em coma e morre.



**Zona D** – Zona sub-ótima por falta de calor  $\Rightarrow$  iniciam-se os processos de vaso-constricção, aumento da ingestão de alimento e diminuição do consumo de água, de modo a produzir calor para a manutenção da temperatura corporal constante.

**Zona E** – Zona de deficiência térmica  $\Rightarrow$  inicia-se o processo de tremor corporal de para aumentar a produção de calor e manter a temperatura corporal constante. Isso faz com que haja redução brusca do rendimento dos animais.

**Zona F** – Zona fatal (Hipotermia)  $\Rightarrow$  mesmo com o aumento da produção de calor pelo metabolismo, o animal não consegue manter a temperatura corporal constante, havendo então redução dessa temperatura e, conseqüentemente, da atividade metabólica até o animal entrar em coma.

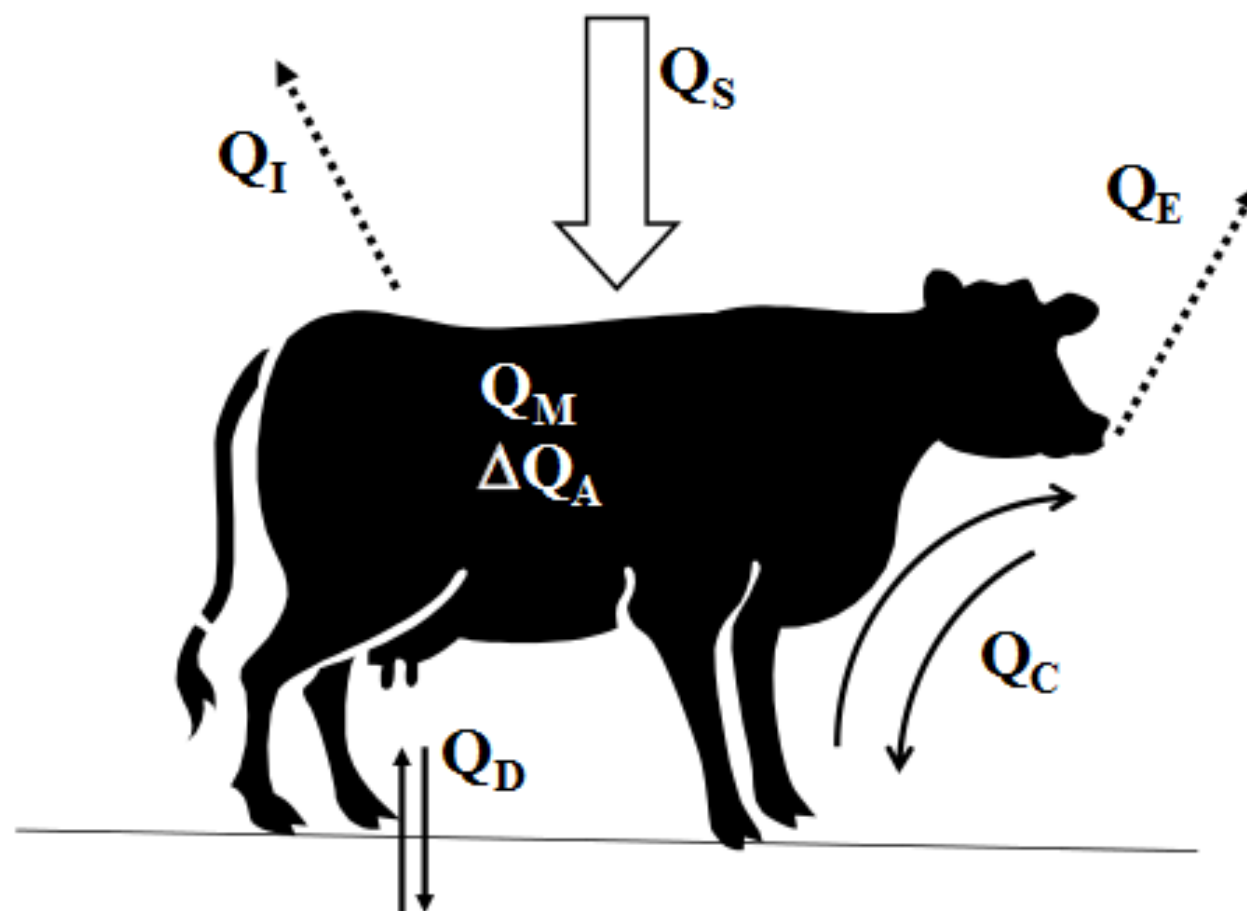
O exemplo a seguir ilustra as condições de ganho de peso de suínos submetidos a diferentes condições de conforto térmico ambiental. Observe que o ganho de peso diminui gradativamente com o aumento da temperatura até que passa a haver redução do peso, em decorrência dos processos descritos anteriormente, caracterizando condições das zonas B e C.

**Ganho/Perda de peso (kg/dia) de suínos submetidos a diferentes condições térmicas ambientais. Adaptado de Müller (1989).**

| <b>Peso (kg)</b> | <b>21°C</b> | <b>27°C</b> | <b>32°C</b> | <b>38°C</b> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>45</b>        | 0,91        | 0,89        | 0,64        | 0,18        |
| <b>90</b>        | 1,01        | 0,76        | 0,40        | -0,35       |
| <b>160</b>       | 0,90        | 0,55        | 0,15        | -0,15       |

## **Índice Biometeorológico de Conforto Higro-Térmico para Animais Homeotermos**

A importância da adequação climática do ambiente para a criação de animais reside em sua estreita ligação com a produtividade do empreendimento. O desempenho orgânico dos animais depende de sua relação com o ambiente, sendo que variações ambientais bruscas podem provocar desconforto, comprometendo a saúde e a produtividade dos animais. Os elementos climáticos que afetam o conforto animal são: temperatura, umidade, radiação solar, vento e chuva, pois interferem diretamente no balanço de energia do animal (veja figura a seguir).



Balanço de energia de um animal homeotermo:  $Q_S$  = radiação solar incidente;  $Q_I$  = radiação emitida + refletida;  $Q_E$  = calor perdido pela transpiração/respiração;  $Q_C$  = troca térmica por convecção;  $Q_D$  = troca térmica por condução;  $Q_M$  = calor metabólico; e  $\Delta Q_A$  = variação efetiva do calor armazenado no corpo. Adaptado de Assis (1995).

## Sistema Freestall



Com relação às edificações para criação de animais, a temperatura e a umidade do ambiente são os principais elementos meteorológicos a interferir no conforto animal, sendo normalmente considerados em índices biometeorológicos de conforto. Um desses índices é o THI (*Temperature-Humidity Index*), o qual é muito útil para avaliação de ambientes quanto às condições de conforto para os animais homeotermos.

O THI é dado pela seguinte expressão

$$\text{THI} = T_{ar} + 0,36 T_o + 41,2$$

sendo  $T_{ar}$  = temperatura média do ar no ambiente, em °C;  $T_o$  = temperatura do ponto de orvalho, em °C, função da pressão parcial de vapor ( $e_a$ ):

$$T_o = [237,3 * \text{Log} (e_a/0,611)] / [7,5 - \text{Log} (e_a/0,611)]$$

$$e_a = (UR\% * e_s) / 100$$

$$e_s = 0,611 \text{ EXP } [(7,5 * T_{ar}) / (237,3 + T_{ar})]$$

Portanto, para se determinar THI é necessário ter-se a temperatura e a umidade relativa do ambiente, ou então, as temperaturas do bulbo seco e do bulbo úmido, quando então determina-se  $e_a$  pela equação psicrométrica.

#### Exemplo de cálculo do THI

$$T_{ar} = 28^\circ\text{C} \Rightarrow e_s = 0,611 \text{ EXP } [(7,5 * 28) / (237,3 + 28)] = 3,78 \text{ kPa}$$

$$UR = 65\% \Rightarrow e_a = (65 * 3,78) / 100 = 2,46 \text{ kPa}$$

$$T_o = [237,3 * \text{Log} (2,46/0,611)] / [7,5 - \text{Log} (2,46/0,611)] = 20,8^\circ\text{C}$$

$$\text{THI} = 28 + 0,36 * 20,8 + 41,2 = 76,7$$

O THI deve ser qualificado para cada espécie animal de interesse econômico de modo a se determinar os níveis que correspondem à condição de desconforto ou de estresse. Para vacas leiteira de um modo geral, têm-se a seguinte classificação:

**THI  $\leq$  70  $\Rightarrow$  Condição de conforto**

**THI  $>$  72  $\Rightarrow$  Início da condição de desconforto**

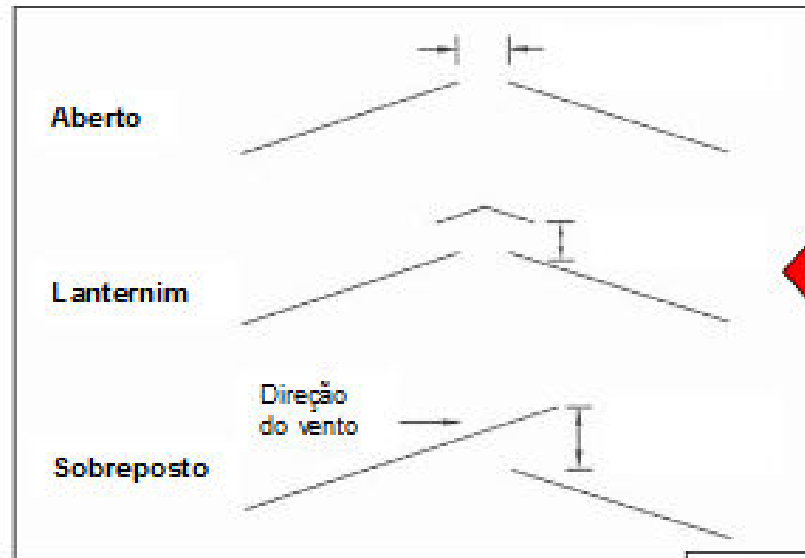
**THI  $>$  90  $\Rightarrow$  Condição de estresse severo**

**Efeito do ambiente, expresso em THI, na produção de leite (Produção relativa, em %) de diferentes raças de vacas. Adaptado de Tito (1998)**

| Tar (°C) | UR (%) | THI | Holandesa | Jersey | Pardo-Suíça |
|----------|--------|-----|-----------|--------|-------------|
| 24       | 38     | 68  | 100       | 100    | 100         |
| 24       | 76     | 72  | 96        | 99     | 99          |
| 34       | 46     | 82  | 63        | 68     | 84          |
| 34       | 80     | 86  | 41        | 56     | 71          |

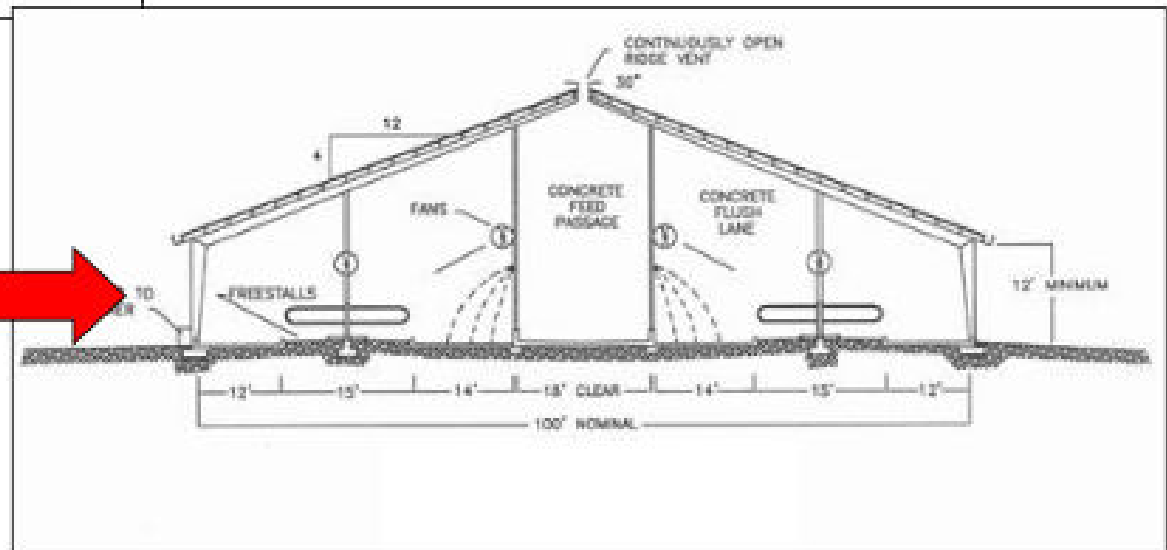
A tabela acima mostra como as condições ambientais afetam a produtividade dos animais. Até THI = 72, a redução de rendimento é muito pequena. Porém, acima desse valor a redução passa a ser acentuada, variando de acordo com as raças. A raça mais sensível ao estresse térmico ambiental é a holandesa, com a redução de rendimento chegando a 59%, seguida pela Jersey com 44%, e pela Pardo-Suíça (mais resistente), com apenas 29% de redução de produção.

Quando as condições ambientais em edificações zootécnicas são estressantes para os animais, em dada região, deve-se lançar mão de medidas para aumento do conforto, como ventilação, aspersão/pulverização de água sobre os animais e o uso de tetos que possibilitem a eliminação do ar quente por convecção.



Tipos de teto

Sistema freestall em que pode-se observar o tipo de teto (aberto) e a disposição dos ventiladores e dos asperssores



# Temperatura do ar e Dormência de Plantas de Clima Temperado

Espécies frutíferas de clima temperado, de folhas caducas (criófilas ou caducifólias) apresentam um período de repouso invernal, durante o qual as plantas não apresentam crescimento vegetativo. Esse repouso é condicionado pelas condições climáticas, que atuam sobre os reguladores de crescimento.



## Repouso

A temperatura do ar é o fator ambiental reconhecidamente importante no balanço hormonal das frutíferas de clima temperado, condicionando o repouso ou a dormência.



Macieiras em período de dormência



Macieiras em florescimento



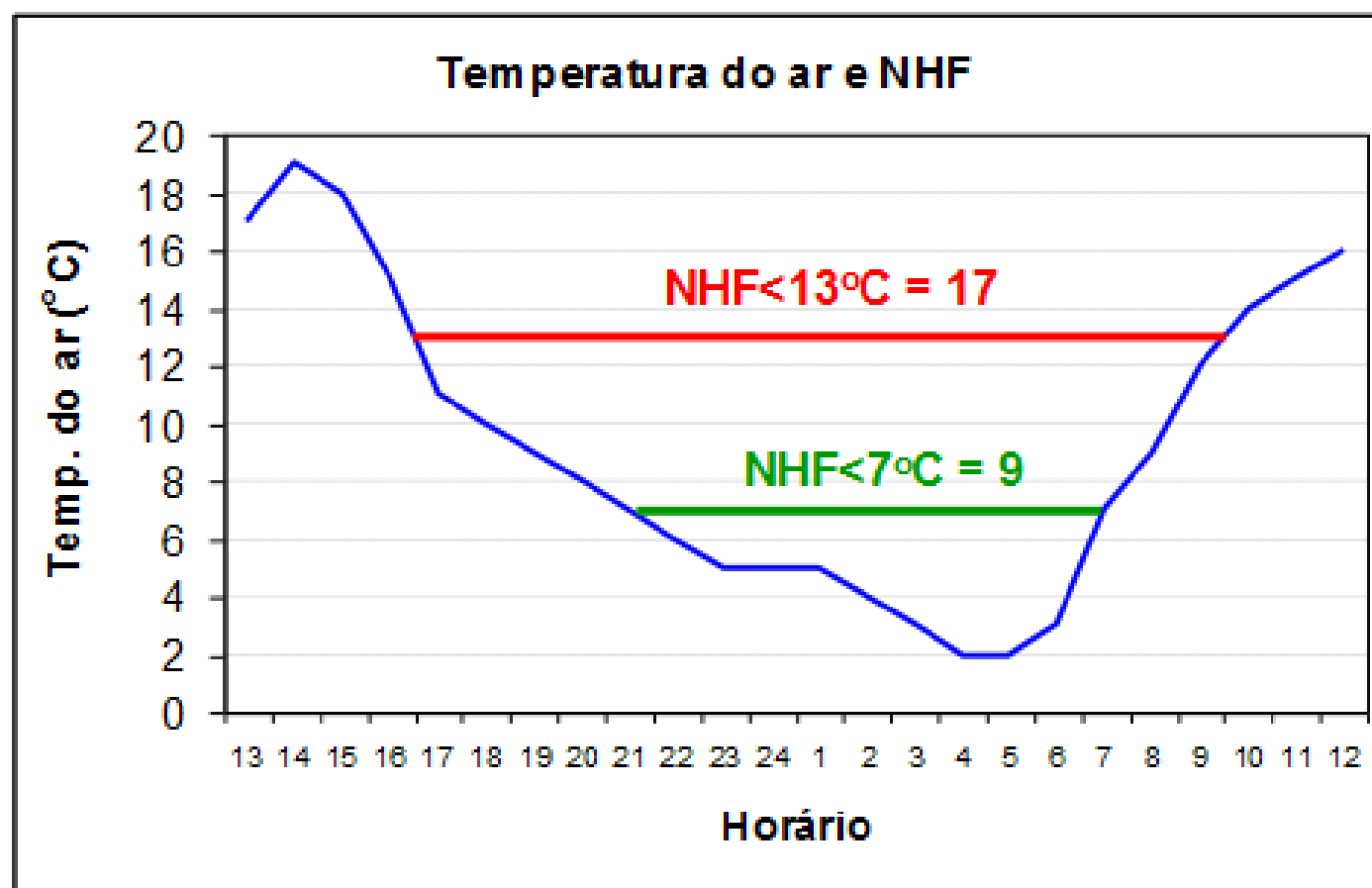
Videira em desenvolvimento vegetativo



## Ciclo Vegetativo/Reprodutivo

Um novo ciclo vegetativo/reprodutivo será iniciado somente após as plantas sofrerem a ação das baixas temperaturas, sendo que a quantidade de frio requerida para o término do repouso é conhecida como Número de Horas de Frio (NHF).

O **NHF** é definido como o número de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de determinada temperatura crítica durante certo período, durante o inverno. Essa temperatura crítica é considerada igual a **7°C** por ser aplicável à maioria das espécies criófilas, mais exigentes em frio. Para as espécies menos exigentes, pode-se considerar a temperatura crítica de **13°C**.



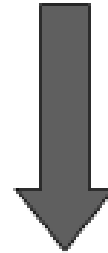
O **NHF** varia entre espécies e variedades, e quanto mais exigente for a espécie/variedade maior o valor de NHF, como pode-se observar no quadro abaixo:

| <b>Frutífera</b> | <b>NHF &lt; 7°C</b> |
|------------------|---------------------|
| Maçã             | 250 a 1.700 h       |
| Amora Preta      | 100 a 1.000 h       |
| Kiwi             | 250 a 800 h         |
| Pêssego          | 0 a 950 h           |
| Figo             | 0 a 200 h           |
| Uva              | 0 a 1.300 h         |
| Cereja           | 500 a 1.400 h       |
| Pêra             | 200 a 1.500 h       |
| Ameixa           | 300 a 1.800 h       |
| Noz Pecã         | 300 a 1.000 h       |

Fonte: [www.citygardening.net/chilling](http://www.citygardening.net/chilling)

Caso o inverno de determinado ano ou do local de cultivo não tenha **NHF** suficiente para atender à exigência da espécie/variedade, poderão ocorrer as seguintes anomalias nas plantas:

- a) Queda de gemas frutíferas;**
- b) Atraso e irregularidade na brotação e floração;**
- c) Ocorrência de florescimento irregular e prolongado.**



**O resultado dessas anomalias é a redução do rendimento e da longevidade da cultura**

Desse modo, antes de se implantar uma área comercial de uma frutífera de clima temperado deve-se conhecer o  $NHF < 7^{\circ}\text{C}$  médio normal do período de inverno do local, de modo a se avaliar a possibilidade de sucesso da cultura em função de sua exigência de frio ("chilling requirements"). Para isso, existem alguns métodos muito simples, como o apresentado por Pedro Jr. et al. (1979), para o Estado de São Paulo, em função da temperatura média mensal normal do mês de julho ( $T_{jul}$ ):

## Estimativa do NHF médio normal para o Estado de São Paulo

$$\text{NHF} < 7^{\circ}\text{C} = 401,9 - 21,5 \text{ Tjul}$$

$$\text{NHF} < 13^{\circ}\text{C} = 4482,9 - 231,2 \text{ Tjul}$$

### Exemplo da estimativa do NHF

Piracicaba, SP  $\Rightarrow$  Tjul = 17,9°C

$$\text{NHF} < 7^{\circ}\text{C} = 401,9 - 21,5 * 17,9 = 17,1 \text{ h}$$

$$\text{NHF} < 13^{\circ}\text{C} = 4482,9 - 231,2 * 17,9 = 344,4 \text{ h}$$

### Exemplo de aplicação do NHF no planejamento agrícola

Jundiaí  $\Rightarrow$  Tjul = 17,1°C  $\Rightarrow \text{NHF} < 7^{\circ}\text{C} = 401,9 - 21,5 * 17,1 = 34,3 \text{ h}$

Capão Bonito  $\Rightarrow$  Tjul = 16,2°C  $\Rightarrow \text{NHF} < 7^{\circ}\text{C} = 401,9 - 21,5 * 16,2 = 53,6 \text{ h}$

Itararé  $\Rightarrow$  Tjul = 13,6°C  $\Rightarrow \text{NHF} < 7^{\circ}\text{C} = 401,9 - 21,5 * 13,6 = 109,5 \text{ h}$

Cpos do Jordão  $\Rightarrow$  Tjul = 8,2°C  $\Rightarrow \text{NHF} < 7^{\circ}\text{C} = 401,9 - 21,5 * 8,2 = 225,6 \text{ h}$

É possível verificar, por meio desses dados, que nenhuma das localidades analisadas apresenta NHF suficiente para o cultivo da maçã, cereja e ameixa. Por outro lado, as condições de Itararé e Campos do Jordão possibilitam o cultivo de variedades de amora preta com menores exigências de NHF. Já o figo, o pêssego e a uva podem ser cultivados sem restrição, desde que se utilize as variedades que não exigem muitas horas de frio.

# Temperatura do ar e Desenvolvimento Vegetal

Nos vegetais, a taxa das reações metabólicas é regulada basicamente pela temperatura do ar, afetando, desse modo, tanto o crescimento como o desenvolvimento das plantas. Como esses dois processos ocorrem simultaneamente, fica difícil distingui-los, porém, o desenvolvimento das plantas é regulado por essa variável meteorológica, a qual faz com que a duração das fases ou sub-períodos fenológicos e, conseqüentemente, o ciclo das culturas tenha variação inversamente proporcional a ela. Um dos primeiros estudos relacionando temperatura e desenvolvimento vegetal foi realizado por Reaumur, na França, por volta de 1735. Ele observou que o ciclo de uma mesma cultura/variedade variava entre localidades e também entre diferentes anos. Ao fazer o somatório das temperaturas do ar durante os diferentes ciclos, ele observou que esses valores eram praticamente constantes, definindo isso como **Constante Térmica da Cultura**.

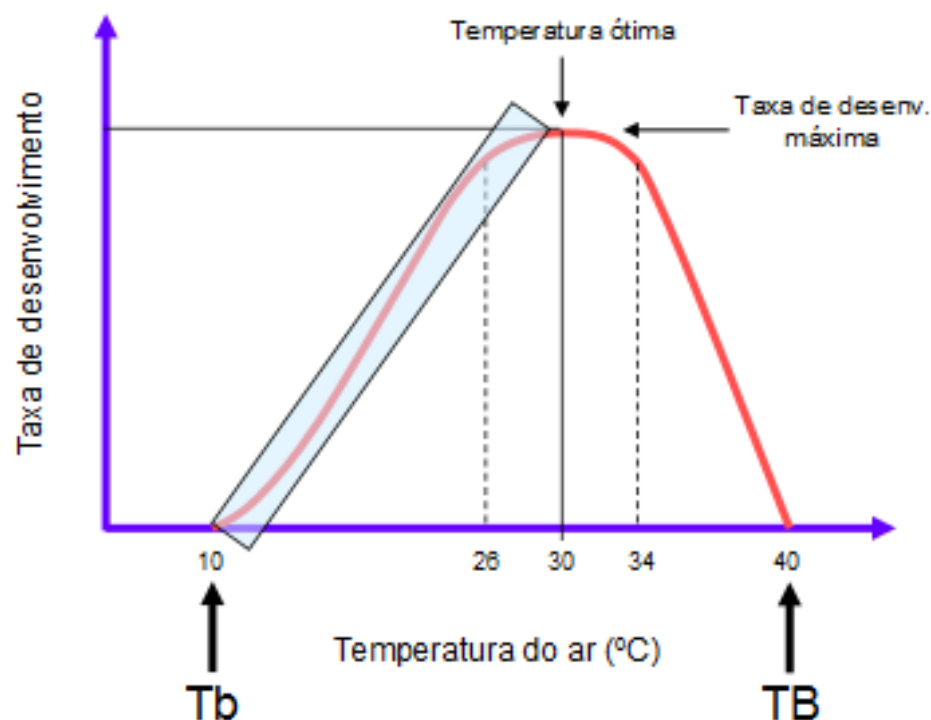
## Estádios fenológicos da cultura da batata



## Florescimento da cultura do café



Reaumur assumiu que a Constante Térmica representa a quantidade de energia que a espécie/variedade necessita para atingir um determinado estágio fenológico ou a maturação. Esse estudo foi o precursor do **Sistema de Unidades Térmicas** ou **Graus-Dia**, amplamente utilizado atualmente para fins de planejamento agrícola.



O conceito dos Graus-Dia (GD) baseia-se no fato de que a taxa de desenvolvimento de uma espécie / variedade vegetal está relacionada com a temperatura do meio. Esse conceito pressupõe a existência de temperaturas basais inferior –  $T_b$  e superior –  $T_B$ , respectivamente aquém e além das quais a planta não se desenvolve. Na figura ao lado pode-se observar tanto  $T_b$  como  $T_B$ . Além disso, é possível ver que existe uma temperatura ótima (entre 26 e 34°C) na qual a taxa de desenvolvimento é máxima. Como normalmente  $T_{med} < T_{ótima}$ , na prática assume-se que a relação entre a temperatura e o desenvolvimento vegetal é direta e linear.

- ⇒ Cada espécie/variedade vegetal possui suas temperaturas basais, as quais ainda podem variar em função da fase fenológica da planta.
- ⇒ O conceito dos Graus-Dia leva em consideração apenas o efeito da temperatura do ar no desenvolvimento vegetal. Outros fatores, como deficiência hídrica, não são levados em consideração, pois dependendo da fase em que ocorre, o déficit hídrico pode levar a um retardamento ou antecipação do ciclo.
- ⇒ Para as condições brasileiras, especialmente no Centro-Sul do Brasil, as temperaturas médias não atingem níveis tão elevados e, assim, não ultrapassam TB. Portanto, no cálculo de GD leva-se em consideração apenas a temperatura média (Tmed) e a basal inferior da cultura (Tb):

a) Caso  $T_b < T_{min}$     ⇒     $GD = (T_{med} - T_b)$     ( $^{\circ}C \cdot dia$ )

b) Caso  $T_b \geq T_{min}$     ⇒     $GD = (T_{max} - T_b)^2 / 2 \cdot (T_{max} - T_{min})$  ( $^{\circ}C \cdot dia$ )

c) Caso  $T_b > T_{max}$     ⇒     $GD = 0$

- ⇒ Para que a cultura atinja uma de suas fases fenológicas ou a maturação é necessário que se acumule a constante térmica (CT), que será dada pelo total de GD acumulados ao longo desse período:

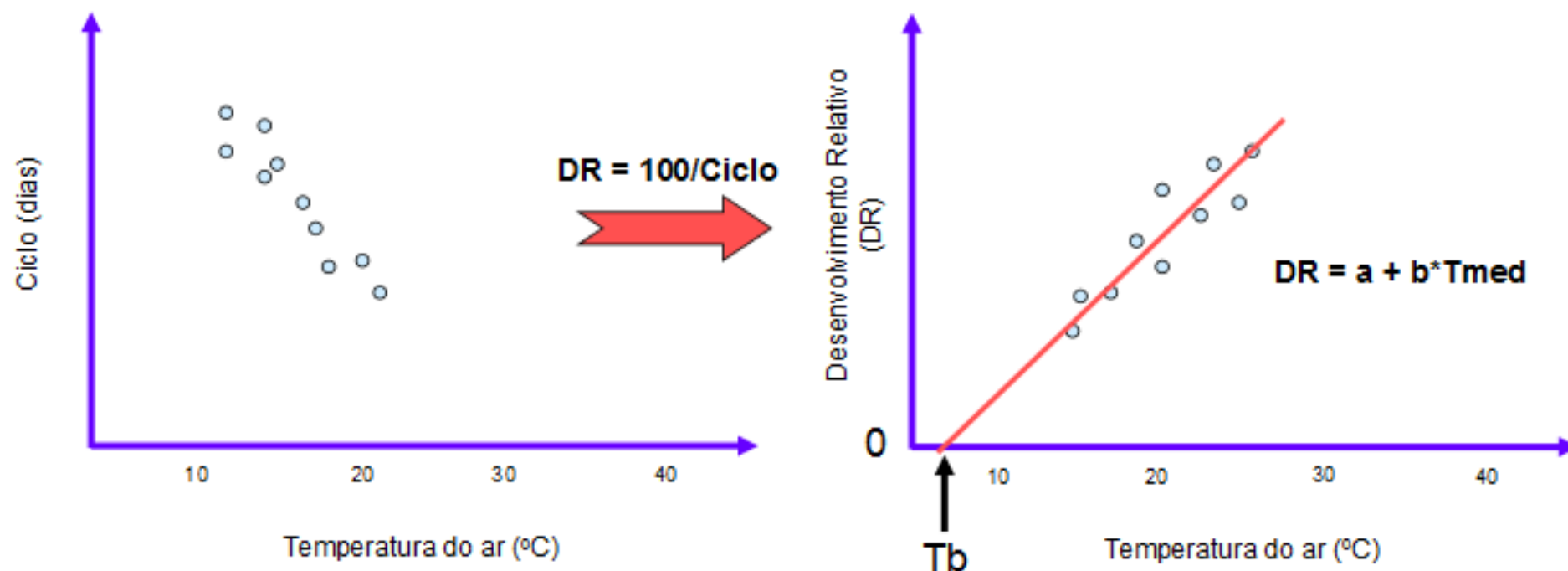
$$CT = \sum GDi$$

- ⇒ Assim como para Tb e TB, cada espécie/variedade vegetal possui suas CTs para as diferentes fases de desenvolvimento e para o ciclo total. A seguir são apresentados valores de CT e Tb para algumas culturas.

| Cultura       | Variedade/Cultivar | Período/Sub-período       | Tb (°C) | CT (°Cd) |
|---------------|--------------------|---------------------------|---------|----------|
| Arroz         | IAC 4440           | Semeadura-Maturação       | 11,8    | 1985     |
|               |                    | Semeadura-Emergência      | 18,8    | 70       |
|               |                    | Emergência-Floração       | 12,8    | 1246     |
|               |                    | Floração-Maturação        | 12,5    | 402      |
| Abacate       | Raça Antilhana     | Floração-Maturação        | 10,0    | 2800     |
|               | Raça Guatemalense  | Floração-Maturação        | 10,0    | 3500     |
|               | Híbridos           | Floração-Maturação        | 10,0    | 4200     |
| Feijão        | Carioca 80         | Emergência-Floração       | 3,0     | 813      |
| Girassol      | Contisol 621       | Semeadura-Maturação       | 4,0     | 1715     |
|               | IAC-Anhady         | Semeadura-Maturação       | 5,0     | 1740     |
| Milho Imigado | AG 510             | Semeadura-Flor. Masculino | 10,0    | 800      |
|               | BR 201             | Semeadura-Flor. Masculino | 10,0    | 834      |
|               | BR 106             | Semeadura-Flor. Masculino | 10,0    | 851      |
|               | DINA 170           | Semeadura-Flor. Masculino | 10,0    | 884      |
| Soja          | UFV-1              | Semeadura-Maturação       | 14,0    | 1340     |
|               | Paraná             | Semeadura-Maturação       | 14,0    | 1030     |
|               | Viçosa             | Semeadura-Maturação       | 14,0    | 1230     |
| Cafeeiro      | Mundo Novo         | Florescimento-Maturação   | 11,0    | 2642     |
| Videira       | Niagara Rosada     | Poda-Maturação            | 10,0    | 1550     |
|               | Itália/Rubi        | Poda-Maturação            | 10,0    | 1990     |

## Determinação de Tb e de CT

A determinação de Tb e de CT requer experimentação de campo, de modo a submeter a cultura a diferentes condições de temperatura, fazendo com que o ciclo varie. De posse dos dados do número de dias do ciclo e das temperaturas médias ao longo do ciclo, elabora-se os seguintes gráficos:



Quando  $DR = 0 \Rightarrow T_{med} = T_b \Rightarrow$  Assim,  $T_b$  pode ser calculada por:  $T_b = -a/b$

Sabendo-se  $T_b$ , calcula-se o GD acumulado (GDA) para cada ciclo  $\Rightarrow GDA = (T_{med} - T_b) \cdot Ciclo$

Com os diferentes valores de GDA, determina-se CT  $\Rightarrow CT = \sum GDA/n$  ( $n = n^\circ$  de ciclos utilizados)

### Aplicações práticas do sistema dos Graus-dia

⇒ **Planejamento de Colheita:** sabendo-se a data de semeadura, poda ou florescimento da cultura, determina-se a data provável de colheita.

Local: Jundiaí, SP - Cultura: Uva Niagara rosada (CT = 1550°Cd e Tb = 10°C) - Poda: 15/07

| Mês | Dias | Tmed | G Di | ΣGD mês | ΣGD ciclo |
|-----|------|------|------|---------|-----------|
| Jul | 16   | 17,1 | 7,1  | 113,6   | 113,6     |
| Ago | 31   | 18,6 | 8,6  | 266,6   | 380,2     |
| Set | 30   | 19,7 | 9,7  | 291,0   | 671,2     |
| Out | 31   | 21,3 | 11,3 | 350,3   | 1021,5    |
| Nov | 30   | 22,4 | 12,4 | 372,0   | 1393,5    |
| Dez | 13   | 23,0 | 13,0 | 169,0   | 1562,5    |

$$1550 - 1393,5 = 156,5 / 13 \approx 13 \text{ dias}$$

**Portanto, a data de colheita se dará em 13/Dez**

## Aplicações práticas do sistema dos Graus-dia

⇒ **Planejamento de Semeadura/Poda:** sabendo-se a data que se deseja realizar a colheita, determina-se a data recomendável de semeadura ou poda.

Local: Ribeirão Preto, SP - Cultura: Soja Viçosa (CT = 1230°Cd e Tb = 14°C) - Colheita: 15/03

| Mês | Dias | Tmed | G Di | ΣGD mês | ΣGD ciclo |
|-----|------|------|------|---------|-----------|
| Mar | 15   | 24,1 | 10,1 | 151,5   | 151,5     |
| Fev | 28   | 24,4 | 10,4 | 291,2   | 442,7     |
| Jan | 31   | 24,1 | 10,1 | 313,1   | 755,8     |
| Dez | 31   | 23,7 | 9,7  | 300,7   | 1056,5    |
| Nov | 18   | 23,7 | 9,7  | 174,6   | 1231,1    |
|     |      |      |      |         |           |

$$1230 - 1056,5 = 173,5 / 9,7 \approx 18 \text{ dias}$$

**Portanto, a data de semeadura deverá ser feita em 12/Nov**

## Aplicações práticas do sistema dos Graus-dia

⇒ **Escolha da melhor variedade para a região:** sabendo-se que a duração ideal da fase semeadura-florescimento masculino do milho é de cerca de 60 dias, pode-se determinar qual o melhor híbrido a ser semeado na região para dada época de semeadura.

Local: Gália, SP - Cultura: Milho - Híbridos: AG510 (CT = 800°Cd e Tb = 10°C) e DINA170 (CT = 884°Cd e Tb = 10°C) – Semeadura: 01/11

### AG510

| Mês | Dias | Tmed | G Di | ΣGD mês | ΣGD ciclo |
|-----|------|------|------|---------|-----------|
| Nov | 29   | 23,5 | 13,5 | 391,5   | 391,5     |
| Dez | 30   | 23,8 | 13,8 | 414,0   | 805,5     |

$$800 - 391,5 = 408,5 / 13,8 \approx 30 \text{ dias} \Rightarrow \text{Duração da fase} = 59 \text{ dias}$$

### DINA170

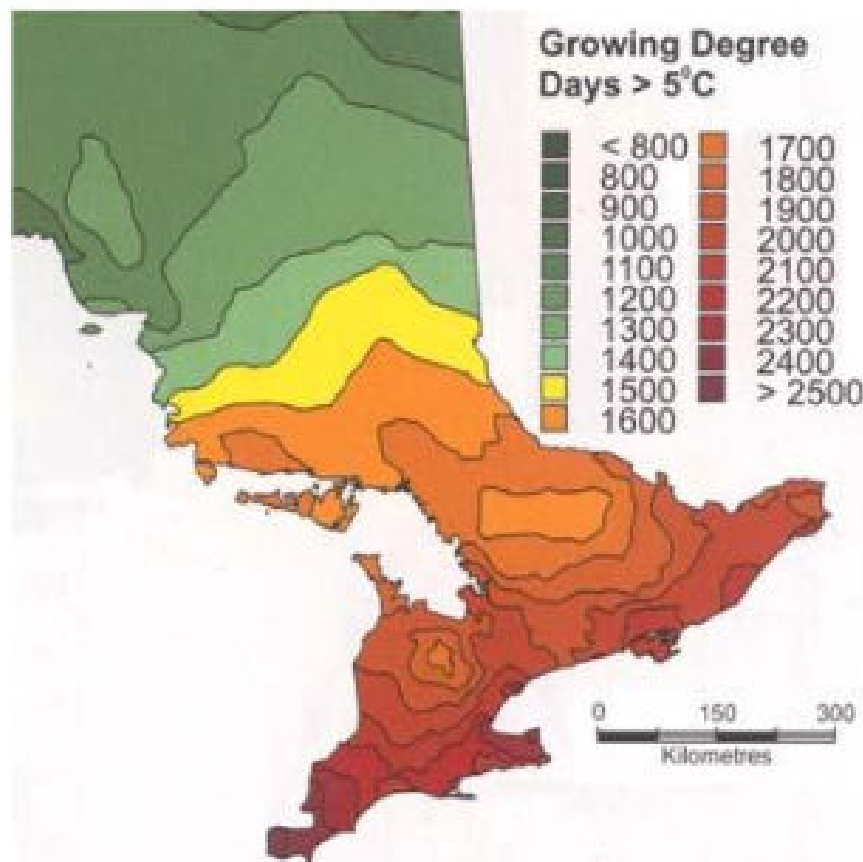
| Mês | Dias | Tmed | G Di | ΣGD mês | ΣGD ciclo |
|-----|------|------|------|---------|-----------|
| Nov | 29   | 23,5 | 13,5 | 391,5   | 391,5     |
| Dez | 31   | 23,8 | 13,8 | 427,8   | 819,3     |
| Jan | 5    | 24,5 | 14,5 | 72,5    | 891,8     |

$$884 - 819,3 = 64,7 / 14,5 \approx 5 \text{ dias} \Rightarrow \text{Duração da fase} = 65 \text{ dias}$$

**Portanto, o melhor híbrido é o AG510, com duração da fase de 59 dias, valor mais próximo dos 60 dias.**

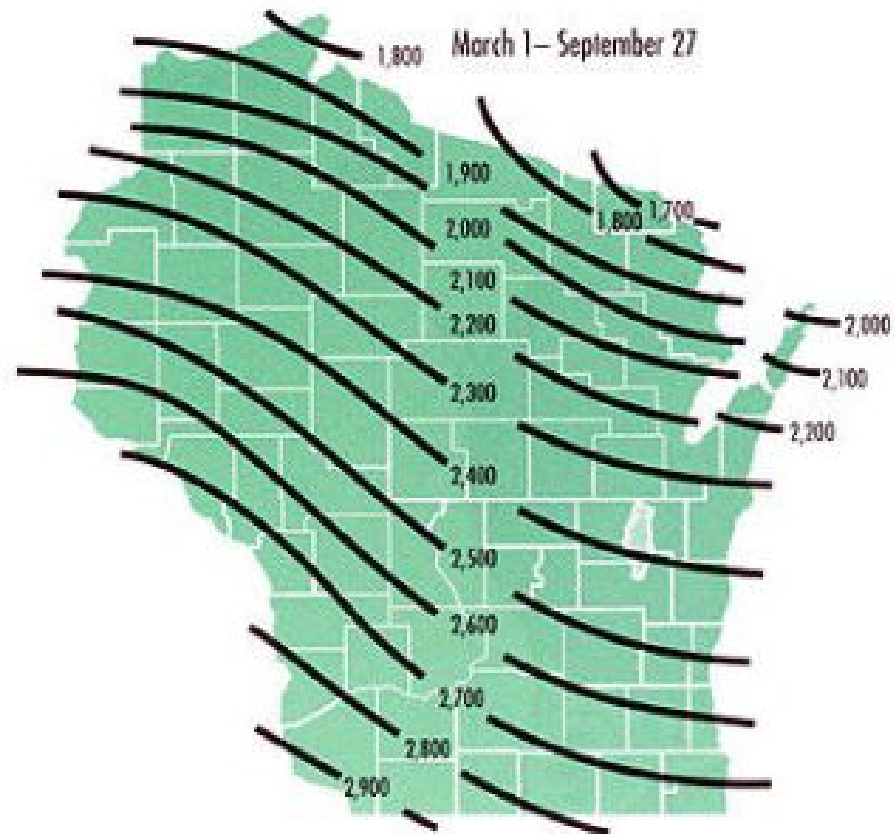
## Mapas de graus-dia para a estação de crescimento em regiões de clima temperado

### Província de Ontário, Canadá



Growing degree days over 5 degrees Celcius  
(adapted from Watson and McIver 1995)

### Estado de Winsconsin, EUA



# Temperatura do ar e Desenvolvimento de Insetos

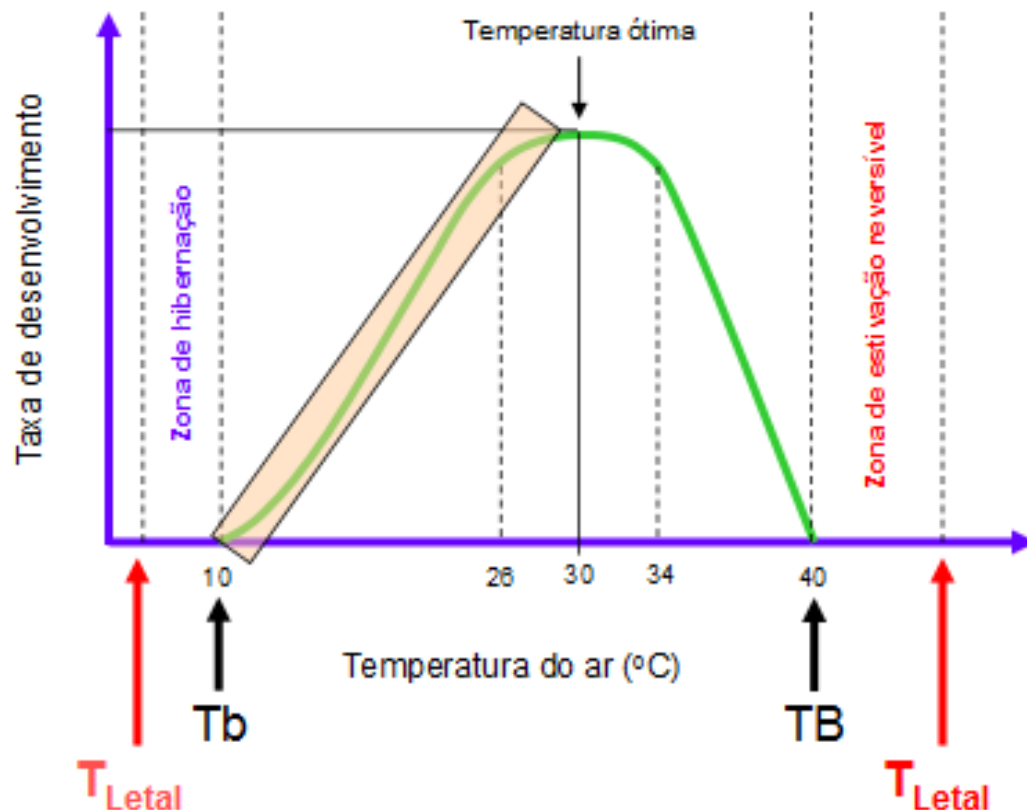
A temperatura do ar afeta os insetos direta e indiretamente. Diretamente, influenciando no seu desenvolvimento, já que a temperatura ambiente regula o metabolismo deles, existindo, assim, uma relação direta entre temperatura e taxa de desenvolvimento dos insetos e uma relação inversa entre temperatura e duração do ciclo de desenvolvimento da praga. Indiretamente, porque a temperatura do ar afeta a disponibilidade de alimento, devido a seu efeito no crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

Ciclo de desenvolvimento da Cigarrinha



## CONCEITO DE GRAUS-DIA

Assim como para os vegetais, o conceito dos graus-dia também pode ser aplicado ao desenvolvimento dos insetos, já que todo inseto requer uma certa quantidade constante de energia, expressa em termos da temperatura do ar, para completar seu ciclo de desenvolvimento. Isso apenas não é válido para pragas que tem boa parte de seu ciclo no interior do solo, onde a temperatura varia pouco.



Como os insetos não produzem calor metabólico, eles dependem da temperatura do ambiente para regular suas taxas de desenvolvimento. Assim existem **temperaturas basais inferior e superior**, respectivamente, aquém e além das quais os insetos paralisam seu desenvolvimento. Isso explica porque é mais comum vemos revoadas de insetos no verão. Isso não ocorre no inverno. Abaixo da temperatura basal inferior têm-se a **Zona de Hibernação**. Acima da temperatura basal superior a **Zona de Estivação Reversível**. Além dessas zonas, atinge-se as temperaturas letais para os insetos.

Como normalmente  $T_{med} < T_{ótima}$ , na prática assume-se que a relação entre a temperatura e o desenvolvimento dos insetos é praticamente linear. Portanto, no cálculo de GD leva-se em consideração apenas a temperatura média ( $T_{med}$ ) e a basal inferior da cultura ( $T_b$ ):

|                                           |               |                                                                      |                                           |
|-------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Caso <math>T_b &lt; T_{min}</math></b> | $\Rightarrow$ | <b><math>GD = (T_{med} - T_b)</math></b>                             | <b><math>(^{\circ}C \cdot dia)</math></b> |
| <b>Caso <math>T_b \geq T_{min}</math></b> | $\Rightarrow$ | <b><math>GD = (T_{max} - T_b)^2 / 2 * (T_{max} - T_{min})</math></b> | <b><math>(^{\circ}C \cdot dia)</math></b> |
| <b>Caso <math>T_b &gt; T_{max}</math></b> | $\Rightarrow$ | <b><math>GD = 0</math></b>                                           |                                           |

## Aplicação do conceito dos Graus-dia para o desenvolvimento de insetos

A determinação de Tb e de CT dos insetos requer experimentação em laboratório, onde determinada praga é submetida a diferentes condições térmicas. Mede-se então a duração do ciclo dessa praga, desde a estágio de **Ovo** até o estágio **Adulto**. Com isso, determina-se CT. A Tb será aquela em que o inseto não apresenta desenvolvimento.

### Tb e de CT para algumas pragas

| Praga            | Tb (°C) | CT (°Cd) |
|------------------|---------|----------|
| Cochonilha       | 13,0    | 420      |
| Broca do café    | 15,0    | 240      |
| Mosca das frutas | 13,5    | 250      |

As informações de Tb e CT possibilitam se determinar a duração do ciclo da praga e diferentes localidades e épocas, assim como o número de gerações da praga. Essas informações são de extrema importância no **manejo integrado de pragas**.

$$\text{Ciclo da Praga} = \text{CT} / (\text{Tmed} - \text{Tb})$$

$$\text{No. Gerações} = \text{Tempo} / \text{Ciclo}$$

## Aplicações práticas do sistema dos Graus-dia

⇒ **Determinação do número de gerações de uma praga em diferentes regiões:** sabendo-se a  $T_{med}$  anual das localidades abaixo, pode-se determinar a duração média do ciclo da praga ao longo do ano e com isso o número de gerações. Essa informação é fundamental e estratégica para a adoção de práticas de controle.

**Praga:** Broca do Café ( $CT = 240^{\circ}Cd$  e  $T_b = 15^{\circ}C$ )

**Locais:** Ribeirão Preto, SP, Barra, BA e Maringá, PR

⇒ Ribeirão Preto, SP ( $T_{med} = 22,4^{\circ}C$ )

$$\text{Ciclo} = 240 / (22,4 - 15) = 32,4 \text{ dias} \Rightarrow \text{Gerações} = 365 / 32,4 = 11,25$$

⇒ Barra, BA ( $T_{med} = 25,5^{\circ}C$ )

$$\text{Ciclo} = 240 / (25,5 - 15) = 22,9 \text{ dias} \Rightarrow \text{Gerações} = 365 / 22,9 = 15,94$$

⇒ Maringá, PR ( $T_{med} = 16,4^{\circ}C$ )

$$\text{Ciclo} = 240 / (16,4 - 15) = 171,4 \text{ dias} \Rightarrow \text{Gerações} = 365 / 171,4 = 2,1$$

Observa-se assim, que em Maringá o risco de ocorrência da praga é mínimo, enquanto que em Barra e em Ribeirão Preto estratégias de controle deverão ser adotadas.

## **Teste rápido #11**

- 1) Calcule o índice THI para Piracicaba, com os dados médios normais e interprete os resultados, levando-se em consideração a produção de leite. Dados disponíveis no próximo slide.
- 2) Calcule o período de colheita do cafeeiro Mundo Novo em Piracicaba, sabendo-se que o florescimento em média se dá entre 20 de agosto e 20 de setembro.
- 3) O  $NHF < 7^{\circ}C$  exigidos por uma variedade de pêssgo é de 100h. Determine se essa variedade pode ser cultivada nas seguintes localidades do estado de São Paulo: São Roque ( $T_{jul} = 15,7^{\circ}C$ ); Franca ( $T_{jul} = 16,9^{\circ}C$ ); e Cunha ( $T_{jul} = 14,4^{\circ}C$ ). Apresente os cálculos do NHF para cada uma das localidades.
- 4) Para as mesmas localidades acima (questão 3), determine o ciclo e o número de gerações da mosca das frutas no período de desenvolvimento dos frutos de pêssgo (de setembro a dezembro). Dados no próximo slide.

## Dados das questões 1 e 4

### Questão #1 – Dados normais de Piracicaba

| Mês | Tmed (°C) | URmed (%) |
|-----|-----------|-----------|
| J   | 24,4      | 77        |
| F   | 24,5      | 78        |
| M   | 23,9      | 77        |
| A   | 21,7      | 74        |
| M   | 19,4      | 76        |
| J   | 18,1      | 75        |
| J   | 17,9      | 70        |
| A   | 19,7      | 64        |
| S   | 21,1      | 65        |
| O   | 22,3      | 70        |
| N   | 23,0      | 70        |
| D   | 23,6      | 75        |

### Questão #4 – Tmed mensal (°C)

| Mês | São Roque | Franca | Cunha |
|-----|-----------|--------|-------|
| Set | 18,4      | 20,7   | 17,4  |
| Out | 19,5      | 21,5   | 18,6  |
| Nov | 20,8      | 21,5   | 19,3  |
| Dez | 21,7      | 21,7   | 20,0  |