

# MÉTODOS DE ESTIMATIVA DO NÚMERO DE HORAS FRIO PARA CAMPOS DO JORDÃO

Paula Sayeko Souza Oda<sup>1</sup>, João Gabriel Martins Ribeiro<sup>1</sup>, Filipe Pereira da Silva<sup>1</sup>, Joaquim Augusto Cortez Moraes<sup>1</sup>, Kelvem Rodrigo de Oliveira<sup>1</sup>, Fabrina Bolzan Martins<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Graduando de Ciências Atmosféricas, IRN, UNIFEI, Itajubá – MG;  
filipe\_silva@hotmail.com; joao11gabrielmribeiro@gmail.com; cortez.moraes@gmail.com;  
kelvemgolden@gmail.com; psayeko@gmail.com. <sup>2</sup>Prof. Adjunto, IRN, UNIFEI, Itajubá – MG;  
fabrinabm@gmail.com

## RESUMO:

As frutíferas de clima temperado necessitam de um período de dormência, no qual as plantas são expostas naturalmente a baixas temperaturas. Nesse período a planta reduz suas atividades fisiológicas, realizando apenas o suficiente para satisfazer as exigências para o início de um novo ciclo vegetativo, com floração e frutificação normais, justificando a necessidade de um dado número de horas frio (NHF) para o desenvolvimento das frutíferas de clima temperado. Tendo em vista que não é um dado frequentemente registrado nas estações meteorológicas, o objetivo desse trabalho é avaliar o desempenho de quatro métodos de estimativa do NHF para temperaturas basais inferiores ( $T_b$ ) à 7, 10 e 13°C, a partir de dados de temperaturas máximas, mínimas e temperatura das 21h para a região de Campos do Jordão (SP) para o período de 2002 a 2018. Para a avaliação dos métodos foram realizados 4 testes estatísticos: coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), a raiz do quadrado médio do erro (RQME), a tendência do modelo (BIAS) e o teste  $t$  de significância. O método Pola & Angelocci (1993) obteve melhores resultados ( $r$  de 0,875 a 0,979), principalmente para a  $T_b$  de 7°C, com tendência a subestimativa, enquanto que, o método de Carbone & Schwartz (1933) apresentou o pior desempenho, superestimando os resultados para todas as  $T_b$ 's.

**PALAVRAS-CHAVE:** temperatura basal, temperatura do ar, quebra de dormência.

## CHILLING HOURS PERFORMANCE METHODS FOR THE CAMPOS DO JORDÃO

### ABSTRACT:

Temperate fruits require a period of dormancy, in which plants are exposed naturally at low temperatures. In this period the plant reduces its physiological activities, performing only enough to satisfy the requirements for the beginning of a new vegetative cycle, with normal flowering and fruiting, justifying the necessity of a given number of chilling hours (NHF) for the development of fruit of temperate climate. Considering that it is not a frequently recorded data in meteorological stations, the objective of this work is to evaluate the performance of four methods of NHF estimation for lower basal temperatures ( $T_b$ ) at 7, 10 and 13 ° C, from data of maximum temperature, minimum temperature and temperature of 21h for the region of Campos do Jordão (SP) for the period from 2002 to 2018. For the evaluation of the methods were performed 4 statistical tests: Pearson correlation coefficient ( $r$ ), the root of the square mean of the error (RQME), the trend of the model (BIAS) and the  $t$  test of significance. The Pola & Angelocci (1993) method obtained better results ( $r$  of 0.875 to 0.979), especially for  $T_b$  of 7 ° C, with a tendency to underestimate, whereas the Carbone & Schwartz (1933) method presented the worst performance, overestimating the results for all  $T_b$ 's.

**KEYWORDS:** basal temperature, air temperature, breakage of dormancy.

## **INTRODUÇÃO**

A temperatura é um fator decisivo para que os processos metabólicos das plantas ocorram dentro da normalidade sem danos ao crescimento e desenvolvimento (OLIVEIRA et al., 2012). Plantas como as frutíferas de clima temperado desenvolveram uma estratégia adaptativa para resistir aos efeitos negativos das baixas temperaturas do ar, reduzindo suas atividades fisiológicas e inibindo o crescimento. Tal estratégia é definida como período de dormência ou repouso hibernar é a exposição da planta a temperaturas abaixo de sua temperatura basal inferior (T<sub>b</sub>) (SANTOS et al., 2017). A exposição é necessária, para que ocorra a quebra de dormência e inicie um novo ciclo vegetativo e reprodutivo (HAWERROTH, 2010). A quantificação do número de horas exigida para a quebra de dormência é definida como número de horas frio (NHF) (SANTOS et al., 2017).

No Brasil, as frutíferas de clima temperado foram introduzidas de várias regiões do mundo desde sua colonização entre 1531 e 1532, se adaptando bem principalmente nas regiões sul e sudeste, no entanto, o zoneamento agroclimático para estas culturas continua a representar um desafio no país (BARBOSA; PIO, 2013). As faltas de informações a respeito, principalmente, das condições climáticas do local de plantio, acarretam prejuízos nas atividades relacionadas ao planejamento, os quais influenciam negativamente na produtividade (SANTOS et al., 2017). Por esse motivo é essencial contabilizar o NHF do local de plantio. Porém os dados de NHF são escassos, devido as falhas nas séries temporais e carências de instrumentos que façam sua medida, justificando a necessidade de realizar sua estimativa através métodos que utilizam dados facilmente disponíveis (WMO, 2008; SANTOS et al., 2017).

Existem diversos métodos para a estimativa do NHF que tentam representar a oscilação da temperatura ao longo do dia a partir dos valores de temperaturas máximas e mínimas e a maioria deles é ajustada para a região de estudo e T<sub>b</sub> específicas se baseando em regressões lineares, métodos analíticos, modelos dinâmicos ou condições para unidades de frio (HELDWEIN et al., 1989; RICHARDSON et al., 1974; POLA; ANGELOCCI, 1993; LINVILL, 1990; LUEDELING et al., 2009; SANTOS et al., 2017).

Sendo assim o objetivo deste trabalho é avaliar e comparar o desempenho de quatro métodos de estimativa de NHF para a região de Campos do Jordão (SP).

## **MATERIAIS E METODOS**

Os dados de temperatura máxima (°C), mínima (°C) e instantânea do ar (°C) foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a partir de registros históricos de sua estação automática localizada a 22° 43' 04" S, 45° 34' 04" W e 1590 m de altitude, na cidade de Campos do Jordão, SP, nos meses compreendidos e (entre 15/05 a 15/09) de 2002 a 2017 e (15/05 a 30/06) de 2018 e dados de temperaturas máximas e mínimas da estação convencional da mesma localidade para o mesmo período. Anos com mais de 5% de dados faltantes foram desconsiderados e o preenchimento de falhas foi realizada (SANTOS et al., 2017).

Os métodos utilizados para a estimativa do NHF diário com temperaturas inferiores a 7°C (T<sub>b7</sub>), 10°C (T<sub>b10</sub>) e 13°C (T<sub>b13</sub>) foram: Angelocci et al. (1979), Angelocci et al. modificado, Pola e Angelocci (1993) – com os dados da estação automática - e Carbone e Schwartz (1933) – com os dados da estação convencional. Em todos os métodos, os valores

de NHF foram estimados diariamente, para o período compreendido entre maio a setembro, e posteriormente foram acumulados para valores anuais (NHF<sub>anual</sub>).

### 1. Angelocci et al. (1979) (NHF<sub>a</sub>)

O método busca aproximar a curva diária de temperatura a partir de segmentos de reta, e por semelhanças de triângulos computa o NHF através de sete condições/possibilidades, como especificado na Tabela 1 (Angelocci et al., 1979).

Tabela 1: Sete casos possíveis para o acúmulo diário de NHF através do Método de Angelocci et al. (1979).

| Condições |  | NHF <sub>a</sub>  |
|-----------|--|---|
| I.        | $Tb > T_{min}; Tb \leq T21; Tb < TM1; Tb < TM2$    | $\frac{9 * (Tb - T_{min})}{T21 - T_{min}} + \frac{8 * (Tb - T_{min})}{TM2 - T_{min}}$ |
| II.       | $Tb > T_{min}; Tb \geq T21; Tb < TM1; Tb < TM2$    | $\frac{6 * (Tb - T21)}{TM1 - T21} + \frac{8 * (Tb - T_{min})}{TM2 - T_{min}}$         |
| III.      | $Tb > T_{min}; Tb \geq TM1; Tb \leq TM2$           | $\frac{8 * (Tb - T_{min})}{TM2 - T_{min}} + 16$                                       |
| IV.       | $Tb > T_{min}; Tb \geq TM2; Tb \geq T21; Tb < TM2$ | $\frac{6 * (Tb - T21)}{TM1 - T21} + 17$   |
| V.        | $Tb > T_{min}; Tb \leq T21; Tb < TM1; Tb > TM2$    | $\frac{9 * (Tb - T_{min})}{T21 - T_{min}} + 8$  |
| VI.       | $Tb \geq TM1; Tb \geq TM2$                         | 24  |
| VII.      | $Tb \leq T_{min}$                                  | 0   |

Em que: NHF<sub>a</sub> – número de horas frio diário baseado no método de Angelocci et al. (1979); Tb – temperatura basal inferior (°C); T<sub>min</sub> - temperatura mínima do ar (°C); TM1 – temperatura máxima do ar do dia anterior (°C); TM2 – temperatura máxima do ar do dia analisado (°C); T21 – temperatura do ar às 21h do dia anterior (entre as máximas de dois dias consecutivos) (°C).

### 2. Angelocci et al. Modificado (NHF<sub>am</sub>)

O NHF<sub>a</sub> não faz referência se a T21 corresponde ao dia em questão ou ao dia anterior, por esse motivo o Angelocci et al. modificado levou em consideração T21 do dia em questão, fazendo as mesmas considerações da Tabela 1 (SANTOS et al., 2017).

### 3. Pola e Angelocci (1993) (NHF<sub>pa</sub>)

Baseado em Heldwein et al (1989), Pola e Angelocci (1993) consideraram os horários de ocorrência das temperaturas máximas e mínimas (com seu valor mínimo ocorrendo próximo ao horário do nascer do sol e o seu máximo entre 14 e 16 h), e aproximaram a curva média diária de temperatura por duas funções senoidais. A primeira está relacionada com o intervalo de tempo entre as ocorrências de TM1 e de T<sub>min</sub> (resfriamento) e a segunda com o intervalo de tempo entre as ocorrências de T<sub>min</sub> e de TM2 (aquecimento), ou seja, o período de 24h é compreendido entre as duas temperaturas máximas - a TM1 ocorre no tempo inicial (t<sub>M1</sub>=0h), a TM2 ocorre as 15h do dia anterior (t<sub>M2</sub>=24h) e a T<sub>min</sub> ocorre entre as 15h do dia anterior até as 7h do dia em questão (t<sub>m</sub>=16h) (SANTOS et al., 2017). Através das equações 1 e 2, é possível identificar os horários em que a temperatura do ar está abaixo da Tb para as duas fases, aquecimento e resfriamento, passando por cinco condições específicas na Tabela 2.

$$T_r(t) = TM1 + (T_{min} - TM1) * \text{sen} \left[ \frac{\pi}{2} * \frac{(t - t_{M1})}{(t_m - t_{M1})} \right] \quad (1) \quad 0 \leq t \leq 16$$

$$T_a(t) = T_{min} + (TM2 - T_{min}) * \text{sen} \left[ \frac{\pi}{2} * \frac{(t - t_m)}{(t_{M2} - t_m)} \right] \quad (2) \quad 16 \leq t \leq 24$$

Tabela 2: Número de casos possíveis para o acúmulo diário de NHF através do Método de Pola e Angelocci (1993).

| Condições |                                       | NHFpa       |
|-----------|---------------------------------------|-------------|
| I.        | $TM1 > Tb; TM2 > Tb; T_{min} > Tb$    | 0           |
| II.       | $TM1 < Tb; TM2 < Tb$                  | 24          |
| III.      | $TM1 > Tb; TM2 < Tb; T_{min} < Tb$    | $tz - ta$   |
| IV.       | $TM1 \leq Tb; TM2 > Tb; T_{min} < Tb$ | $tz - tm_1$ |
| V.        | $TM1 > Tb; TM2 \leq Tb$               | $tm_2 - ta$ |

Em que: NHFpa – número de horas frio diário baseado no método de Pola e Angelocci (1993);  $tm_1$  – tempo de ocorrência da temperatura máxima do dia anterior;  $tm_2$  – tempo de ocorrência da temperatura máxima do dia em questão;  $tm$  – tempo de ocorrência da temperatura máxima do dia em questão;  $ta$  – tempo  $t$  em que  $Tr(t) \leq Tb$ ;  $tb$  – tempo  $t$  em que  $Ta(t) \geq Tb$ .

#### 4. Carbone e Schwartz (1933) (NHFcs)

Esse método fez correções e melhorias no método de Linvill (1990), dividindo a curva de temperatura diária em NHF após o nascer do sol, período onde a temperatura nunca fica abaixo da  $Tb$  adotada e NHF após o pôr do sol (SANTOS et al., 2017). O NHFcs é dado por dois casos (CH1 e CH2):

$$CH1 = \left(\frac{DL + 4}{\pi}\right) * \text{sen}^{-1}\left(\frac{Tb - T_{min1}}{TM2 - T_{min1}}\right) \quad (3) \quad CH2 = (24 - DL) + e^{\left(\frac{Ts - Tb}{Ts - T_{min2}}\right)} \quad (4)$$

$$\delta = 23,45^\circ \text{sen}\left(\left(\frac{360}{365}\right)(284 + NDA)\right) \quad (5) \quad DL = 0,1333 * \cos^{-1}[-1 * (\tan\phi * \tan\delta)] \quad (6)$$

$$Ts = (TM2 - T_{min}) * \sin\left(\frac{\pi * DL}{DL + 4}\right) + T_{min} \quad (7)$$

Em que:  $\delta$  – Declinação solar (graus decimais); NDA – Número do dia do ano; DL - Fotoperíodo (horas);  $\phi$  - Latitude (graus decimais);  $Ts$  – Temperatura no horário do pôr do Sol ( $^\circ\text{C}$ ); CH1 – NHF depois do nascer do Sol; CH2 – NHF após o horário do pôr do Sol;  $T_{min2}$  – Temperatura mínima do dia seguinte ( $^\circ\text{C}$ );  $T_{min1}$  – Temperatura mínima do dia ( $^\circ\text{C}$ );

Dessa forma, o acúmulo diário de NHF através do Método de Carbone & Schwartz (1993) é dado por:

$$I. CH1 + CH2 > 0 \rightarrow CH1 + CH2$$

$$II. CH1 + CH2 < 0 \rightarrow 0$$

Para a avaliação de desempenho dos métodos, foram realizados os testes estatísticos: raiz do quadrado médio do erro (RQME) – erro médio que expressa a acurácia dos resultados numéricos de cada estimativa, ou seja, quanto menor seu valor, melhor é o modelo (STRECK et al., 2008; CESARACCIO et al., 2004) -, BIAS – expressa a tendência da estimativa, sendo assim, quanto menor, melhor a estimativa da variável (LEITE; ANDRADE, 2002; MARTINS; STRECK, 2007), e correlação de Pearson ( $r$ ) (MARTINS; STRECK, 2007; MARTINS et al., 2014) – coeficiente que determina o grau de associação entre as variáveis e quanto mais próximo de

1, tanto positivo quanto negativo, a estimativa se aproxima melhor do observado (Equações 8, 9 e 10).

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_i^{nd} (e_i - o_i)^2}{nd}} \quad (8) \quad \text{BIAS} = \frac{\sum_i^{nd} e_i - \sum_i^{nd} o_i}{\sum_i^{nd} o_i} \quad (9) \quad r = \frac{\sum_i^{nd} (e_i - \bar{e})(o_i - \bar{o})}{\sqrt{\sum_i^{nd} (e_i - \bar{e})^2 \sum_i^{nd} (o_i - \bar{o})^2}} \quad (10)$$

Em que:  $o_i$  – Valores observados de NHF;  $e_i$  – Valores estimados de NHF;  $nd$  – número de dados;  $\bar{o}$  – Média dos valores observados;  $\bar{e}$  – Média dos valores estimados.

Além disso, foi aplicado o teste t pareado ( $\alpha = 0,05$ ) para comparar as médias entre os dados estimados e observados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os anos de 2004, 2005, 2008 e 2009 não foram incluídos no cômputo do NHF por apresentarem mais de 5% de dados faltantes. A partir dessa análise de consistência, tanto os valores observados quanto os valores estimados do NHF para as três Tb's apresentaram desvio padrão alto (Tabela 3 e Figura 1), sendo que os menores valores foram para Tb=7.

Em termos locais, a região caracteriza-se por apresentar menor variação de temperatura do ar ao longo do ano, sendo que durante o inverno apresenta grande quantidade de incursões de frentes frias que fazem alterações bruscas na temperatura do ar, além de ser influenciada pela altitude do terreno (REBOITA et al., 2010).

Tabela 3: Comparação das médias e desvio padrão (DP) dos métodos de estimativa do NHF para

| NHF     | Observado |        | Angelocci . |        | Angelocci modificado |        | Pola & Angelocci |        | Carbone & Schwartz |        |
|---------|-----------|--------|-------------|--------|----------------------|--------|------------------|--------|--------------------|--------|
|         | Média     | DP     | Média       | DP     | Média                | DP     | Média            | DP     | Média              | DP     |
| Tb < 7  | 388,42    | 138,17 | 192,35*     | 72,98  | 197,31*              | 75,90  | 333,83ns         | 114,92 | 1754,70*           | 361,47 |
| Tb < 10 | 1492,42   | 287,81 | 533,99*     | 127,49 | 533,26*              | 127,12 | 865,33*          | 209,47 | 2667,82*           | 525,66 |
| Tb < 13 | 2187,42   | 423,66 | 586,84*     | 153,90 | 582,04*              | 152,40 | 1504,00*         | 298,52 | 2662,46*           | 508,59 |

Campos do Jordão, SP, para o período de 2002 a 2018.

\*Médias significativas pelo teste t a 5% = demonstram que há diferença entre o NHF observado e estimado pelo modelo em questão; ns = médias não significativas pelo teste t a 5% = demonstra que não há diferença entre o NHF observado e estimado pelo modelo em questão.

De maneira geral, exceto Carbone e Schwartz (1933), os métodos subestimaram o NHF para as três Tb's (Figura 1), semelhante ao observado por Santos et al., (2017) para cidades do Paraná. Isso provavelmente ocorreu devido à dependência dos valores de máxima temperatura na modulação da curva diária. Além disso, o método de Pola & Angelocci (1993) apresenta um comportamento mais próximo do observado com leve subestimativa para todas as Tb's e com melhor desempenho para Tb=7°C (Tabela 4).

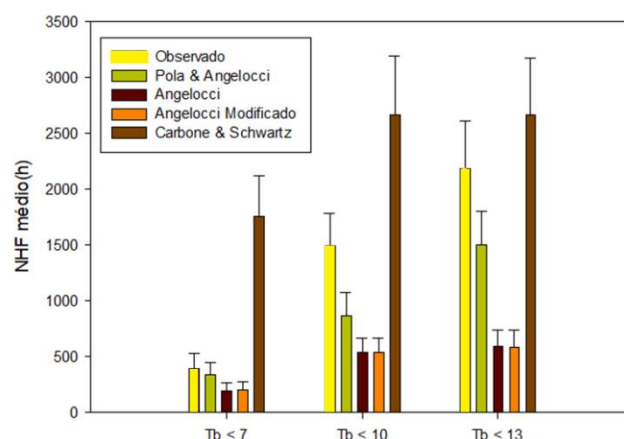


Figura 1: Média e desvio padrão do NHF acumulado anual no período de 2002 a 2018 para Campos do Jordão, SP.

As estatísticas da tabela 4 comprovam que os modelos Angelocci et al., (1979), Angelocci modificado e Pola & Angelocci (1993), subestimam os valores de NHF em todas as Tb's, sendo que os melhores resultados são as estimativas para Tb=7 °C. Já o método de Carbone & Schwartz superestima os valores do NHF para todos os valores de Tb.

O menor valor de RQME e maior valor de r foram observados para o método de Pola & Angelocci (1993) para a Tb=7°C e Tb=10°C e no método de Carbone & Schwartz para a Tb=13°C, diferentemente do observado por Santos et al., (2017), os quais encontraram os piores resultados utilizando método de Carbone & Schwartz.

Tabela 4: Estatísticas utilizadas na avaliação de desempenho dos métodos de estimativa de NHF para Campos do Jordão, SP, no período de 2002 a 2018.

| NHF   | Angelocci. |          |       | Angelocci modificado |         |       | Pola & Angelocci |         |       | Carbone & Schwartz |          |       |
|-------|------------|----------|-------|----------------------|---------|-------|------------------|---------|-------|--------------------|----------|-------|
|       | BIAS       | RQME     | r     | BIAS                 | RQME    | R     | BIAS             | RQME    | r     | BIAS               | RQME     | r     |
| Tb<7  | -0,505     | 174,617  | 0,835 | -0,492               | 170,503 | 0,841 | -0,141           | 53,67   | 0,979 | 3,518              | 1173,983 | 0,562 |
| Tb<10 | -0,642     | 822,064  | 0,659 | -0,645               | 822,909 | 0,766 | -0,420           | 544,118 | 0,875 | 0,788              | 1013,451 | 0,922 |
| Tb<13 | -0,732     | 1369,321 | 0,768 | -0,734               | 1372,75 | 0,789 | -0,312           | 698,092 | 0,975 | 0,217              | 485,922  | 0,990 |

As diferenças entre os valores estimados e observados podem ser associadas às considerações feitas pelos métodos. O método de Angelocci et al., (1979) foi formulado na tentativa de refazer a temperatura do ar com base em segmentos de reta, enquanto o método de Pola & Angelocci recria a curva de temperatura diária, baseada no horário de ocorrência das temperaturas máxima e mínima e o método de Carbone & Schwartz (1933).

Nenhum método de estimativa de NHF existente na literatura, computa a influência da nebulosidade, variável qual altera a absorvância da atmosfera tanto para onda longa quanto para onda curta, influenciando nas funções de aquecimento e resfriamento (YAMASOE; CORREA, 2016). Logo, a presença de nuvens diminui a amplitude térmica diária aumentando a temperatura mínima e diminuindo a temperatura máxima (SILVA; GUETTER, 2003; SANTOS et al., 2017), alterando significativamente a curva de temperatura diária e consequentemente distanciando os valores estimados dos observados. No entanto, esse tipo de

inclusão, é justificável somente em modelos de estimativa do NHF baseados em regressão, os quais são na maioria das vezes, inviáveis de serem utilizados para várias regiões (SANTOS et al., 2017). Justamente pelo fato de serem ajustados para condições climáticas específicas de um local, não podendo ser extrapolados para várias regiões.

Apesar dos bons resultados para BIAS e r, o método Carbone e Schwartz (1933) é o que mais difere dos valores observados, superestimando o NHF para todas as Tb's. Esse comportamento pode ser explicado ao se explorar as Equações 6 e 7: quanto menor a amplitude térmica diária, maior a diferença entre Tb e T<sub>min</sub> e quanto mais próximos os valores de Ts e T<sub>min2</sub>, o NHFcs obterá valores muito maiores que 24 h.dia<sup>-1</sup>, o que não é realístico

Dessa forma, o método de Pola e Angelocci (1993) é o mais indicado para a estimativa do NHF em Campos do Jordão. Este método, além de apresentar boa estimativa (Tabela 4), possui a vantagem de detectar os momentos exatos em que a temperatura do ar é menor que a Tb, utilizando apenas as temperaturas máximas e mínimas do ar, as quais são comumente medidas em todas as estações meteorológicas (WMO, 2008; SANTOS et al., 2017).

A utilização de um mesmo modelo para regiões com características climáticas similares pode contribuir para a determinação do NHF, uma vez que facilita a obtenção dessa variável. Além disso, uma série de dados sem falhas, juntamente com um ajuste regional dos modelos irá contribuir para melhorar a estimativa de NHF.

## CONCLUSÃO

O método de Pola e Angelocci (1993) foi o que apresentou melhor estimativa do número de horas frio para Campos do Jordão, com pequena subestimativa nos valores estimados. Já o método de Carbone & Schwartz (1993), apesar de apresentar melhor valor de RQME para a Tb=13°C, superestima o número de horas frio, sendo o menos recomendado.

## REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, L. R.; CAMARGO M. G. P.; PEDRO JR., M. J.; ORTOLANI, A. A.; ALFONSI, R. R. Estimativa do total de horas frias abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias de temperatura do ar. **Revista Científica de Agronomia**, v. 38, n. 4, p. 27-36, 1979.

BARBOSA, W.; PIO, R.; História da fruticultura de clima temperado no Brasil, com ênfase no melhoramento genético. **Infobibos**, [s. l.], [s. n.], 2013. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2013\\_1/brasil/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2013_1/brasil/index.htm)>. Acesso em: 22/4/2019.

CARBONE, G. J.; SCHWARTZ, M. D. Potential impact of winter temperature increases on South Carolina peach production. **Climate Research**, v. 2, [s. n.], p. 225- 233, 1993.

CESARACCIO, C.; SPANO, D.; SNYDER, R. L.; DUCE, P. Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. **Agriculture and Forest Meteorological**, v. 126, s. n., p. 1-13, 2004.

HAWERROTH, F. J.; HERTER, F. G.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; PEREIRA, J. F. M. Dormência em frutíferas de clima temperado. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2010, 56 p.

HELDWEIN, A. B.; ANGELOCCI, L. R.; ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A. Avaliação de modelos de estimativa de horas de frio para Santa Maria, RS. **Revista Centro de Ciências Rurais**, v. 19, s. n., p. 45-92, 1989.

INMET: **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/porta1/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 out. 2018.

- LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p. 321-328, 2002.
- LINVILL, D. E. Calculating chilling hours and chill units from daily maximum and minimum temperature observations. **HortScience**, v. 25, s. n., p. 14-16, 1990.
- LUEDELING, E.; ZHANG, M.; LUEDELING, V.; GIRVETZ, E. H. Sensitivity of winter chill models for fruit and nut trees to climatic changes expected in California's Central Valley. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 133, s. n., p. 23-31, 2009.
- MARTINS, F. B.; PEREIRA, R. A. A.; PINHEIRO, M. V. M.; ABREU, M. C. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 4, p. 505- 514, 2014
- MARTINS, F. B.; STRECK, N. A. Aparecimento de folhas em mudas de eucalipto estimado por dois modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1091-1100, 2007.
- OLIVEIRA, A. S.; STEIDLE NETO, A. J.; RIBEIRO, A.; RASCON, N. J. L.; RODY, Y. P.; ALMEIDA, A. Q. Determinação do tempo térmico para o desenvolvimento de mudas de eucalipto na fase de enraizamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 11, p. 1223-1228, 2012.
- PEDRO JR., M. J.; ORTOLANI, A. A.; RIGITANO O.; ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; BRUNINI, O. Estimativa de Horas de Frio abaixo de 7°C e de 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no estado do São Paulo. **Bragantia**, v. 38, n. 13, p. 123-130, 1979.
- POLA, A. C.; ANGELOCCI, L. R. Avaliação de modelos de estimativa do número diário de "horas de frio" para o estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, s. n., p. 105-116, 1993.
- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.185-204, 2010.
- RICHARDSON, E. A.; SEELEY, S. D.; WALKER, D. R. A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. **HortScience**, v. 9, s. n., p. 331–332, 1974.
- SANTOS, D. F.; LEITE, R. R. M.; MARTINS, F. B. Avaliação de métodos de estimativa de número de horas frio para o sul e sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, s. n., 2017.
- SILVA, E. M. S.; GUETTER, A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. **Terra Livre**, v. I, n. 20, p. 111-126, 2003.
- SOUZA, P. M. B.; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira grappolo e maria da fé, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 2, p. 307-313, 2014.
- STRECK, N.A. BOSCO, L.C.; LAGO, I. Simulating leaf appearance in Rice. **Agronomy Journal**, v.100, n.3., p.490–501, 2008.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guide to meteorological instruments and methods of observation**. Geneva: WMO, 2008. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/programmes/global-climate-observing-system>>. Acesso em: 17/10/2018.
- YAMASOE, M. A.; CORRÊA, M. P. **Processos radiativos na atmosfera: Fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 1 ed., 2016.