

AVALIAÇÃO DE MODELOS DE ESTIMATIVA DE HORAS DE FRIO PARA SANTA  
MARIA, RS.\*

Evaluation of Estimation Models of Chilling Hours for Santa Ma-  
ria, RS.

Arno Bernardo Heldwein\*\*, Luiz Roberto Angelocci\*\*\*, Valduino Es-  
tefanel\*\*, Flavio Miguel Schneider\*\* e Galileo Adeli Buriol\*\*\*\*.

**RESUMO**

Neste trabalho foram avaliados 33 modelos de estimativa diária de horas de frio, com o objetivo de selecionar, para cada mês, o modelo de maior precisão e os modelos que possibilitem minimizar os custos operacionais de obtenção dos dados, sem comprometer significativamente a precisão da estimativa.

O modelo analítico constou de sete equações derivadas dos padrões diários de variação de temperatura do ar adotados. Os demais constaram de modelos de regressão linear, quadrática, cúbica e quártica, simples ou múltiplas, e de modelos logarítmicos e exponenciais.

Os modelos foram comparados entre si pelo teste t através da transformação  $z(R)$  do coeficiente de correlação entre os valores diários estimados e observados, em cada mês. Foram considerados também a dispersão dos totais diários de horas de frio observados e estimados ao longo da linha 1:1, de cada mês e a significância da estimativa dos parâmetros dos modelos de regressão.

O modelo analítico é o melhor para estimar totais diários de horas de frio com temperatura menor do que  $13,0^{\circ}\text{C}$ , para todos os sete meses analisados. Os resultados também indicaram a sua utilização como melhor opção, para estimar totais diários de horas de frio com temperatura menor do que  $7,0^{\circ}\text{C}$ .

Para minimizar os custos operacionais da obtenção dos dados, sugere-se optar pelos modelos de regressão múltipla, específico de cada mês, em que se incluem os dados diários de temperatura máxima e mínima

---

\* Contém parte do trabalho de dissertação de mestrado do primeiro autor.

\*\* Professores Adjuntos do Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM e bolsistas do CNPq.

\*\*\* Professor Adjunto do Departamento de Física da ESALQ/USP e bolsista do CNPq.

\*\*\*\* Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, e bolsista do CNPq.

do ar. As temperaturas das 9h, das 21h e mínima, quando utilizadas isoladamente em modelos de regressão simples, em geral não proporcionaram estimativas diárias de horas de frio confiáveis.

UNITERMOS: horas de frio, modelos de estimativa.

### SUMMARY

In this work were evaluated 33 estimation models of daily chilling hours with the objectives to select the more precise model and to select those models that minimize the operational expenses of data acquisition without much influence on the precision of the estimates.

The analytical model was composed of seven equations derived from the adapted standard daily variation of the air temperature. The others consisted of linear, quadratic, cubic and quartic, simple or multiple regression models and of logarithmic and exponential models.

Using the  $z(R)$  transformation of the correlation coefficient between daily observed and daily estimated data, in each month, the models were compared by the  $t$  test. Besides, the  $t$  test for the angular parameters of the regression models and the dispersion of the observed and estimated daily chilling hours along the 1:1 line, for each month, were also considered.

The analytical model is the better to estimate daily chilling hours with temperature below  $13.0^{\circ}\text{C}$ , for all seven months analysed. The results also indicated its utilization as the best option to estimate the daily totals chilling hours with temperatura below  $7.0^{\circ}\text{C}$ .

To decrease the operational expenses for the data obtainment, is suggested to choose for the multiple regression models in which the daily maximum and minimum air temperature was included. The minimum air temperature, air temperature at 9 a.m. and air temperature at 9 p.m. only utilized in simple regression model, not have proportioned confiables daily chilling hours estimates.

KEY WORDS: chilling hours, estimation models.

### RELAÇÃO DE SÍMBOLOS

TB = temperatura base superior;

$\text{HFm} < \text{TB}$  = total mensal de horas de frio com temperatura menor que a temperatura base;

$\text{HFm} < 7$  = total mensal de horas de frio com temperatura menor do que  $7,0^{\circ}\text{C}$ ;

$\text{HF} < \text{TB}$  = horas de frio acumuladas no período diário ou num período

- qualquer de 24 horas de duração;
- HF<7 = total diário de horas de frio com temperatura menor do que 7,0°C;
- HF<13 = total diário de horas de frio com temperatura menor do que 13,0°C;
- T<sub>m</sub> = temperatura mínima diária;
- T<sub>M</sub> = temperatura máxima diária no sentido genérico;
- T<sub>M1</sub> = temperatura máxima do dia anterior;
- T<sub>M2</sub> = temperatura máxima do dia em questão;
- RA = variável independente de alguns modelos regressão, obtida pela relação entre as TB, T<sub>M1</sub>, T<sub>M2</sub> e T<sub>m</sub>;
- RA =  $24 (TB - T_m) [0,5 (T_{M1} + T_{M2}) - T_m]^{-1}$
- T<sub>9</sub> = temperatura do ar às 9 horas, hora local;
- T<sub>21</sub> = temperatura do ar às 21 horas, hora local;
- hT<sub>m</sub> = horário de ocorrência da temperatura mínima do ar;
- hT<sub>M</sub> = horário de ocorrência da temperatura máxima do ar;
- $\overline{T_m}$  = média mensal das temperaturas mínimas;
- $\overline{T_M}$  = média mensal das temperaturas máximas;
- $\overline{T}$  = temperatura média mensal
- $\overline{T_4}$  = média mensal da temperatura do ar às 4 horas, hora local,
- $\overline{T_u}$  = média mensal da temperatura no termômetro úmido;
- $\overline{UR}$  = média mensal da umidade relativa do ar;
- $\overline{CN}$  = média mensal da cobertura de nuvens.

## INTRODUÇÃO

A dormência das frutíferas criófilas é quebrada pela ação benéfica do frio invernal, desde que este se manifeste suficiente para satisfazer as exigências destas plantas. Durante o repouso não há crescimento visível, porém a atividade fisiológica continua lentamente, preparando a planta para os subperíodos vegetativo e reprodutivo subsequentes (5, 18, 25).

Em algumas regiões de clima temperado e nas regiões de clima subtropical, sujeitas a invernos amenos ou com intensidade variável de ano para ano, o frio pode ser insuficiente para proporcionar a quebra natural da dormência de muitas das cultivares das espécies criófilas e, em decorrência, podem se manifestar diversas anomalias fenológicas e fisiológicas. As anomalias fenológicas observadas com maior frequência são: a queda de gemas, principalmente as laterais dos ramos das espécies drupáceas;

atraso da floração; floração mais prolongada e desuniforme; brotação vegetativa pobre, de pouco vigor e muito retardada com relação à floração (1, 4, 5, 9, 15, 16, 20, 22, 25, 26, 29). Dentro os processos fisiológicos afetados pela insuficiência de frio, destacam-se: a permeabilidade das membranas celulares (25); a solubilização do amido, nitrogênio e substâncias graxas, proporcionando menor disponibilidade de ácidos graxos, açúcares e nitrogênio solúveis essenciais para a brotação nova (7, 25, 27); a síntese de giberelina (8, 24); a eliminação de inibidores de crescimento em algumas espécies (13, 14); o equilíbrio do balanço hormonal da planta (17); a respiração intramolecular para a produção de energia (25).

Do ponto de vista agrônômico, as consequências mais drásticas da insuficiência de frio invernal resumem-se na diminuição da qualidade e da quantidade de produção de frutos (16, 21) e na diminuição do vigor e da longevidade da planta (16). LEDESMA (16) encontrou coeficientes de correlação de 0,73 e de 0,81, significativos ao nível de 5% de probabilidade, entre o total de horas de frio registrado em Buenos Aires e a entrada subsequente de maçãs e de peras, respectivamente, no mercado. O frio invernal, portanto, é um dos principais fatores que condicionam a fruticultura de clima temperado numa localidade.

A qualificação da disponibilidade local de frio e da exigência das cultivares criófilas geralmente é efetuada através do parâmetro "horas de frio", que consiste na contabilização do tempo, em horas, em que a temperatura do ar permanece abaixo de certa temperatura base (TB). O valor de  $7,0^{\circ}\text{C}$  é aceito como temperatura base superior das horas de frio na maioria dos países produtores de frutas de clima temperado, sendo seu uso generalizado para a determinação das exigências em frio das espécies, bem como para o zoneamento macroclimático das disponibilidades de frio. Vários trabalhos experimentais, entretanto, têm demonstrado que temperaturas superiores a  $7,0^{\circ}\text{C}$  também são eficientes para a quebra de dormência das frutíferas criófilas. Em pessegueiros, temperaturas menores do que  $12,8^{\circ}\text{C}$  e em damasqueiros e amendoeiros, temperaturas menores do que  $12,0^{\circ}\text{C}$  têm efeito favorável à quebra de dormência (23, 28, 30). Portanto, nas regiões onde no inverno normalmente ocorre pouco frio, é possível utilizar com êxito temperaturas base maiores do que  $7,0^{\circ}\text{C}$ , a exemplo do Estado de São Paulo, onde utilizou-se o limite de  $13,0^{\circ}\text{C}$  (2).

O total de horas de frio ocorridas pode ser computado diretamente dos termogramas, sendo uma tarefa simples, porém muito trabalhosa,

principalmente quando se fazem necessárias correções nesses registros. A maioria das estações meteorológicas é carente de termógrafos e, quando existem, os registros muitas vezes são falhos. Para contornar esses problemas, diversos autores recorreram a modelos matemáticos para estimar o total de horas de frio de um determinado período, a partir dos valores instantâneos da temperatura do ar, obtidos regularmente a intervalos de tempo fixos. O mais frequente é a obtenção de modelos de regressão linear, através da correlação entre o total de horas de frio e a média mensal da temperatura média do ar (12, 19, 20, 21, 29), ou entre o total de horas de frio e a média mensal das temperaturas mínimas do ar (3, 12, 18, 21) ou, ainda, entre o valor médio de horas de frio e a média mensal das temperaturas mínimas absolutas (21). Alguns autores também utilizaram modelos de regressão quadrática para estimar horas de frio, nos quais a variável independente foi a  $\bar{T}_m$  (12, 18, 21) ou a  $\bar{T}$  (12, 19). Esses modelos, de uma maneira geral, não aumentaram o valor do coeficiente de correlação quando comparado ao da regressão linear, exceto para a variável  $\bar{T}_m$  para Porto Alegre, RS (18) e para o Estado do Espírito Santo (12).

Modelos de regressão linear ou de regressão quadrática para estimar horas de frio para o período diário são pouco utilizadas. Entretanto, a obtenção de ajustes satisfatórios entre estas variáveis para Porto Alegre - RS mostra que estes modelos podem ser utilizados para efetuar um levantamento mais detalhado da disponibilidade de horas de frio numa localidade.

Os modelos de regressão, segundo DAMÁRIO (6), propiciam estimativas essencialmente locais, podendo a sua aplicação estender-se somente a localidades com condições climáticas muito similares quanto a intensidade e a amplitude da temperatura em cada mês e no ano. A aplicação de um mesmo modelo para localidades geográficas vizinhas pode produzir erros grosseiros de estimativa. Mesmo considerando que a metodologia empregada foi diversa, a grande diferença nos totais mensais de horas de frio ( $HF_m < 7$ ), estimados por PEDRO JUNIOR et alii (21) e por FERREIRA (10), no limite entre os Estados de São Paulo e Minas Gerais, confirma a afirmativa de DAMÁRIO (6).

Outros métodos de estimativa de horas de frio foram desenvolvidos, com a finalidade de que os modelos obtidos pudessem ser utilizados para outros locais (2, 3, 6).

Para a Argentina, DAMÁRIO (6) desenvolveu um método gráfico para estimar os totais mensais de horas de frio ( $HF_m < 7$ ) a partir dos va-

lores médios mensais normais da temperatura mínima dos cinco meses mais frios e do valor normal da temperatura média anual das mínimas. ARON (3) efetuou uma transformação analítica dos valores médios mensais de temperatura máxima e de temperatura mínima, obtendo a seguinte relação:

$$TVAm = 24D (45 - \bar{T}_m) \cdot (\bar{T}_M - \bar{T}_m)^{-1}$$

onde: TVAm = taxa entre a média da variação da temperatura abaixo de 45°F e a amplitude térmica média;

D = número de dias do mês.

Entretanto, os valores desta transformação foram usados apenas como uma das variáveis independentes dos modelos polinomiais que obteve para a Califórnia. Além desta variável, incluída nos modelos até o quarto grau, incluiu os valores médios mensais de outros elementos meteorológicos.

Na comparação entre os diferentes modelos de regressão linear e polinomiais, obteve as melhores estimativas com os modelos polinomiais nos quais as variáveis independentes foram: (a)  $\bar{T}_m$  e TVAm ( $R^2 = 0,959$ ); (b)  $\bar{T}_m$ , TVAm,  $\bar{T}_u$  e  $\bar{UR}$  ( $R^2 = 0,978$ ) e (c)  $\bar{T}_m$ , TVAm, T4 e CN ( $R^2 = 0,976$ ). Embora a variável TVAm tenha sido obtida analiticamente, os modelos polinomiais obtidos por ARON (3) são empíricos e também não podem ser usados em outros locais sem o devido ajuste dos parâmetros.

ANGELOCCI et alii (2) desenvolveram um método analítico para estimar o total diário de horas de frio com temperatura menor do que determinada temperatura-base. Este método é composto de modelos matemáticos derivados, respectivamente, de 7 padrões de variação diária da temperatura do ar, que dependem dos valores das temperaturas máxima, mínima e das 21 horas, hora local. Ao testar estes modelos para cinco locais do Estado de São Paulo, obtiveram correlação elevada e significativa (0,88 a 0,97) entre os valores diários de horas de frio estimados e os observados nos termogramas, tomando como temperatura base os valores de 7,00C e 13,00C. Verificaram que os modelos obtidos, de um modo geral, superestimaram os valores de horas de frio quando estes eram pequenos e subestimaram os mesmos quando o total de horas diário de horas de frio era superior a 12 horas e a 8 horas, respectivamente, para as temperaturas base de 13,00C e 7,00C. A correlação entre as somas mensais de horas de frio estimativas para cada dia e as observadas foi de 0,99, para os locais, mostrando que o método é válido para a estimativa do total de horas de frio do período diário e torna-se ainda melhor, se considerada a soma mensal dos valores diários. Os autores su-

gerem que o modelo utilizado seja aplicável a outras localidades, por basear-se nos padrões de variação diária da temperatura do ar, podendo os modelos serem testados e utilizados desde que se façam os devidos ajustes.

Os trabalhos de comparação de métodos ou modelos matemáticos para a estimativa de horas de frio são muito raros, embora já se conheçam vários em utilização no Brasil, muitas vezes desenvolvidos em locais diferentes. Apenas para os modelos de regressão linear, pode-se concluir que as melhores estimativas, geralmente, são obtidas com a utilização da temperatura média mensal como variável independente (19, 20, 21, 29), mesmo que o período abrangido por um único modelo seja de um mês (20), dois meses (29) ou até sete meses (19).

A grande maioria dos modelos ou métodos de estimativa foi desenvolvida para períodos mensais ou períodos mais longos de tempo. Verifica-se também que, para os diferentes locais do Brasil, inexistem trabalhos que comparem a precisão das estimativas de horas de frio feitas com diferentes modelos empíricos ou analíticos, a nível do período diário. Tal análise, entretanto, torna-se necessária para que a opção por um determinado método ou modelo permita obter a estimativa exata das horas de frio disponíveis numa localidade e um melhor ajuste do zoneamento agrícola, principalmente porque no Brasil a fruticultura de clima temperado ainda encontra-se em expansão.

O presente trabalho teve como objetivos: (a) selecionar um ou mais modelos de estimativa de totais diários de horas de frio com a finalidade de fazer estimativas regulares com boa precisão e (b) selecionar os modelos que apresentam precisão aceitável, nos quais se utilize apenas a temperatura mínima do ar ou as temperaturas máximas e mínimas do ar, com a finalidade de minimizar os custos operacionais de obtenção dos dados.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a elaboração desse trabalho foram utilizados os dados das leituras diárias regulares de temperaturas do ar e os termogramas semanais, dos anos de 1968 a 1972 e de 1975 a 1982, obtidos na Estação Climatológica Principal de Santa Maria, pertencente ao 89 Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia e localizada no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (Latitude =  $29^{\circ}42'S$ ; Longitude =  $53^{\circ}42'W$ ; Altitude = 95m).

Foram selecionados os dias em que a  $T_m$  foi menor ou igual a  $13^{\circ}\text{C}$ . Para esses dias foram tabulados os dados de  $T_m$ ,  $TM_1$ ,  $TM_2$ ,  $T_g$ ,  $T_{21}$ ,  $hT_m$ ,  $hTM$ ,  $HF < 7$  e  $HF < 13$ .

As correções de temperatura nos termogramas foram realizadas sempre que necessário, tomando-se como referência os dados de leitura direta ( $T_m$ ,  $TM_1$ ,  $TM_2$ ,  $T_g$  e  $T_{21}$ ). Os dias em que a diferença entre o valor da temperatura do ar registrada no termograma e o valor medido com termômetro excedia a  $0,8^{\circ}\text{C}$  foram eliminados.

Os horários de ocorrência da temperatura máxima ( $hTM$ ) e da temperatura mínima ( $hT_m$ ) foram obtidos somente dos termogramas que apresentavam registro da correção horária e dos dias que ocorreu a condição  $T_m \leq 13,0^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, elaborou-se para cada mês, a distribuição das frequências observadas destes dados e obteve-se o valor mediano do  $hT_m$  e do  $hTM$  para cada mês.

O  $HF < TB$  foi computado a partir dos termogramas, considerando-se o intervalo entre 15 horas do dia anterior ( $n-1$ ) e 15 horas do dia ( $n$ ) em questão. A análise dos dados do anos considerados foi efetuada separadamente para cada mês do período mais frio do ano (abril a outubro) no qual a ocorrência de temperatura menor do que  $13,0^{\circ}\text{C}$  é frequente no local.

De acordo com a metodologia proposta por ANGELOCCI et alii (2) e considerando-se também os valores medianos de ocorrência do  $hTM$  e do  $hT_m$ , o período diário foi dividido em quatro intervalos de tempo (15 horas às 16 horas; 16 horas às 21 horas; 21 horas às 7 horas; 7 horas às 15 horas) e, para cada uma das condições de variação diária da temperatura do ar, foram obtidas diferentes equações analíticas para estimar o  $HF < TB$ , a seguir relacionadas:

a. para a condição  $TB > T_m$ ;  $TB < T_{21}$ ;  $TB < TM_1$ ;  $TB < TM_2$ :

$$HF < TB = 10(TB - T_m)(T_{21} - T_m)^{-1} + 8(TB - T_m)(TM_2 - T_m)^{-1} \quad (2.1)$$

b. Para a condição  $TB > T_m$ ;  $TB \geq T_{21}$ ;  $TB < TM_1$ ;  $TB < TM_2$ :

$$HF < TB = 5(TB - T_{21})(TM_1 - T_{21})^{-1} + 8(TB - T_m)(TM_2 - T_m)^{-1} + 10 \quad (2.2)$$

c. para a condição  $TB > T_m$ ;  $TB \geq T_{21}$ ;  $TB \geq TM_1$ ;  $TB < TM_2$

$$HF < TB = 8(TB - T_m)(TM_2 - T_m)^{-1} + 16 \quad (2.3)$$



d. para a condição  $T_B > T_m$ ;  $T_B \geq T_{M_2}$ ;  $T_B > T_{21}$ ;  $T_B < T_{M_1}$ ;  
 $HF < TB = 5(T_B - T_{21}) (T_{M_1} - T_{21})^{-1} + 18$  (2.4)

e. para a condição  $T_B > T_m$ ;  $T_B < T_{21}$ ;  $T_B < T_{M_1}$ ;  $T_B > T_{M_2}$   
 $HF < TB = 10(T_B - T_m) (T_{21} - T_m)^{-1} + 8$  (2.5)

f. para a condição  $T_B \geq T_{M_1}$ ;  $T_B \geq T_{M_2}$   
 $HF < TB = 24$  (2.6)

g. para a condição  $T_B < T_m$ :  
 $HF < TB = 0$  (2.7)

Onde:  $T_B$  = Temperatura Base (7,00C ou 13,00C);

5 = tempo médio entre  $T_{M_1}$  e  $T_{21}$ , em h;

8 = tempo médio entre  $T_m$  e  $T_{M_2}$ , em h;

10 = tempo médio entre  $T_{21}$  e  $T_m$ , em h;

16 = tempo médio entre  $T_{M_1}$  e  $T_m$ , em h;

18 = tempo médio entre  $T_{21}$  e  $T_{M_2}$ , em h;

24 = tempo médio entre  $T_{M_1}$  e  $T_{M_2}$ , em h;

O conjunto de equações analíticas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7 constituiram o modelo analítico enumerado como o 16º modelo para fins de comparação com os modelos de regressão de 1º grau.

Utilizando-se o método dos quadrados mínimos foram obtidos para cada mês, os modelos de regressão simples ou múltipla e os respectivos coeficientes de correlação (R), de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C. V.).

As quatro variáveis independentes correlacionadas com os totais diários de horas de frio cotados nos termogramas, foram  $T_m$ ,  $T_g$ ,  $T_{21}$  e RA, sendo RA uma variável independente que expressa a relação entre a variação da temperatura do ar abaixo da  $T_B$  e a amplitude térmica média do ar do período, calculada da seguinte forma:

$$RA = 24(T_B - T_m) \lambda [(0,5 (T_{M_1} + T_{M_2}) - T_m)]^{-1} \quad (2.8)$$

A Tabela 1 mostra as variáveis independentes relacionadas com as variáveis dependentes ( $HF < 7$  ou  $HF < 13$ ), na análise de regressão. Somente foram incluídos na análise os dados de  $T_m$ ,  $T_g$ ,  $T_{21}$ , RA e  $HF < TB$ , dos dias em que foi observada a condição  $T_m \leq T_B$ .

Os totais diários de horas de frio ( $HF < 7$  e  $HF < 13$ ) estimados através de cada um dos 15 modelos mensais de regressão (Tabela 1), foram correlacionados com os respectivos totais diários de horas de frio

TABELA 1 - Modelos mensais de regressão linear entre as variáveis total diário de horas de frio (HF<TB)<sup>1</sup> e valores de temperatura do ar (Tm<sup>2</sup>, T<sub>9</sub><sup>3</sup>, T<sub>21</sub><sup>4</sup> e RA<sup>5</sup>) avaliados para Santa Maria, RS.

Nº de Ordem do Modelo	Modelo Geral
1	HF < TB = a + b Tm
2	HF < TB = a + b T <sub>9</sub>
3	HF < TB = a + b T <sub>21</sub>
4	HF < TB = a + b RA
5	HF < TB = a + b Tm + c T <sub>9</sub>
6	HF < TB = a + b Tm + c T <sub>21</sub>
7	HF < TB = a + b Tm + c RA
8	HF < TB = a + b Tm + c T <sub>9</sub> + d T <sub>21</sub>
9	HF < TB = a + b Tm + c T <sub>9</sub> + d RA
10	HF < TB = a + b Tm + c T <sub>21</sub> + d RA
11	HF < TB = a + b Tm + c T <sub>9</sub> + d T <sub>21</sub> + e RA
12	HF < TB = a + b T <sub>9</sub> + c T <sub>21</sub>
13	HF < TB = a + b T <sub>9</sub> + c RA
14	HF < TB = a + b T <sub>21</sub> + c RA
15	HF < TB = a + b T <sub>9</sub> + c T <sub>21</sub> + d RA

<sup>1</sup>Temperaturas base de 7°C e de 13°C, analisados separadamente.

<sup>2</sup>Temperatura mínima diária.

<sup>3</sup>Temperatura do ar às 9 horas.

<sup>4</sup>Temperatura do ar às 21 horas do dia anterior.

<sup>5</sup>Relação entre a variação da temperatura abaixo da temperatura base e a amplitude térmica média entre 15 horas do dia anterior e 15 horas do dia, calculada pela equação 2.8.

cotados nos termogramas. Procedimento igual foi adotado com os totais diários de horas de frio estimados através do modelo analítico.

A comparação dos diferentes modelos de estimativa foi efetuada em cada mês, através da comparação dos respectivos coeficientes de correlação pelo teste t, utilizando-se a transformação z(R), dada pela seguinte expressão:

$$z(R) = 0,5 \cdot \ln[(1 + R)(1 - R)^{-1}] \quad (2.9)$$

onde: R = coeficiente de correlação entre os totais diários das horas de frio estimados e observados nos termogramas;

$\ln$  = logaritmo neperiano.

Conforme GOMES (11), o valor de  $t$  foi calculado em função da diferença entre os valores  $z(R)$  de dois diferentes modelos em cada mês, utilizando-se a expressão:

$$t = [z(R) - z(R')] \cdot \sqrt{2/(N - 3)}^{-1} \quad (2.10)$$

onde:  $N$  = número de dados diários de HF TB correlacionados em cada mês;

$z(R)$  e  $z(R')$  = valores da transformação  $z(R)$  dos coeficientes de correlação de dois modelos diferentes.

Para facilitar a tarefa de comparação dos modelos, utilizou-se o valor de  $t$  com infinitos graus de liberdade para o nível de 5% de probabilidade ( $t = 1,96$ ) e rearranjou-se a expressão 2.10 da seguinte forma:

$$| z(R) - z(R') | = 1,96 \cdot \sqrt{2/(N - 3)} \quad (2.11)$$

onde:  $| z(R) - z(R') |$ , denominada "diferença mínima significativa", é o valor absoluto da diferença máxima entre os valores de  $z(R)$  dos diferentes modelos que não apresentam diferença estatística entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Numa segunda etapa, testaram-se outros modelos empíricos, para avaliar a viabilidade de estimar horas de frio com maior precisão assumindo-se a hipótese de que se dispusesse apenas dos dados diários de temperatura mínima e temperatura máxima no local, condição esta que impossibilitaria o uso do modelo analítico. Desta forma, com a utilização das variáveis independentes  $T_m$  e  $RA$  obtiveram-se modelos de regressão quadrática, cúbica, quártica, logarítmica e exponencial cuja relação entre as variáveis é apresentada na Tabela 2 sob a denominação das letras A à Q.

Os dados dos dias que apresentaram  $HF < TB = 0,0$  e  $T_m \leq 0,0$  não foram incluídos na análise para a obtenção dos modelos M, N, O, P e Q e O, P e Q, respectivamente.

Os modelos A à G foram incluídos num programa Stepwise, utilizando-se  $\alpha = 0,10$  para o teste F usado para o critério da entrada de variáveis. Os modelos H à Q foram obtidos diretamente, sendo incluídos para análise de comparação, os modelos que apresentaram  $R^2 > 0,725$  em pelo menos um dos meses. O limite 0,725 foi escolhido por ser o menor valor obtido com o modelo 7.

A comparação entre os modelos 1, 4, 7 e A à Q também foi efetuada aplicação do teste  $t$  aos valores de  $R$  transformados para  $z(R)$ .

A relação gráfica entre os pares de valores de HF < TB observados e estimados para cada método e mês, foi efetuada simplesmente para observar sua distribuição ao longo da linha de 45º (linha 1:1) e, desta forma, verificar a precisão das estimativas e, no caso de modelo analítico, a ocorrência de erro sistemático.

TABELA 2 - Modelos mensais de regressão quadrática, cúbica, quártica, logarítmica e exponencial, entre o total diário de horas de de frio (HF / TB<sup>1</sup>) e as variáveis independentes Tm<sup>2</sup> e RA<sup>3</sup>, avaliados para Santa Maria, RS.

Símbolo do modelo	Modelo Geral
A	HF < TB = a + b Tm + c Tm <sup>2</sup>
B	HF < TB = a + b RA + c RA <sup>2</sup>
C	HF < TB = a + b Tm + c RA + d RA <sup>2</sup>
D	HF < TB = a + b Tm + c RA + d Tm <sup>2</sup>
E	HF < TB = a + b Tm + c Tm <sup>2</sup> + d RA <sup>2</sup>
F	HF < TB = a + b Tm <sup>2</sup> + c RA + d RA <sup>2</sup>
G	HF < TB = a + b Tm + c RA + d RA <sup>2</sup> + e Tm <sup>2</sup>
H	HF < TB = a + b Tm + c Tm <sup>2</sup> + d Tm <sup>3</sup>
I	HF < TB = a + b Tm + c Tm <sup>2</sup> + d Tm <sup>3</sup> + e Tm <sup>4</sup>
J	HF < TB = a + b RA + c RA <sup>2</sup> + d RA <sup>3</sup>
L	HF < TB = a + b RA + c RA <sup>2</sup> + d RA <sup>3</sup> + e RA <sup>4</sup>
M	HF < TB = a . b <sup>Tm</sup>
N	HF < TB = a . b <sup>RA</sup>
O	HF < TB = a Tm <sup>b</sup> RA <sup>c</sup>
P	HF < TB = a Tm <sup>b</sup>
Q	HF < TB = a RA <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Temperatura Base (OC)

<sup>2</sup> Temperatura mínima diária do ar (OC)

<sup>3</sup> Relação entre a variação da temperatura abaixo da temperatura base e a amplitude térmica média entre 15 horas do dia anterior e 15 horas do dia, calculada pela equação 2.8.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2 mostram, para cada mês, a distribuição diária das freqüências do horário de ocorrência das temperaturas mínimas ( $hT_m$ ) e máximas ( $hT_M$ ) observadas, considerando-se apenas os dias em que houve a condição  $T_m \leq 13,0^\circ\text{C}$ . Observa-se que para todos os meses esta distribuição mostra uma assimetria negativa.

As maiores freqüências do horário de ocorrência das temperaturas mínimas, observadas para Santa Maria, RS, oscilarem em torno das 7 h (hora local), nos meses de abril, maio e agosto; para junho e julho oscilaram em torno de 7h 15 min e 7 h 30 min, respectivamente, e para os meses de setembro e outubro as maiores freqüências ocorreram em torno de 6 h 30 min e 6 h 15 min, respectivamente. Consta-se também que é comum a ocorrência da temperatura mínima durante a madrugada ou mesmo antes das 24 h do dia anterior, principalmente nos meses mais frios. Entretanto, ao analisar os termogramas verificou-se que, nesses casos, após a ocorrência da  $T_m$ , a temperatura do ar se eleva muito pouco até o momento do nascer do sol, permanecendo abaixo da  $T_B$  na maioria dos casos. Por outro lado, nos demais casos em que a temperatura do ar se eleva acima da  $T_B$ , geralmente permanece próxima da mesma desde a ocorrência da temperatura mínima até o momento do nascer do sol. Nestas situações, o erro de superestimativa pode ser considerado irrelevante, pois o efeito biológico da temperatura nesse nível é similar ao efeito da  $T_B$ , conforme evidenciam os estudos feitos em pessegueiro por EREZ & LAVEE (9) e por RICHARDSON et alii (23).

Considerando-se que a variação do valor mediano das  $hT_m$  entre os meses é pequena e que esta variabilidade dentro de cada mês não pode ser eliminada, optou-se pelo horário das 7 h como horário padrão de ocorrência da temperatura mínima diária. Isto facilitou a estimativa das horas de frio devido à utilização dos mesmos parâmetros nas equações analíticas, para todos os meses.

As maiores freqüências dos  $hT_m$  concentram-se entre 15 h e 16 h, em todos os meses. Ao analisar os termogramas, verificou-se também que próximo da temperatura máxima a temperatura do ar varia muito pouco, aumentando e decrescendo muito lentamente antes e após esse momento. Dessa forma foi possível e mais adequado considerar a temperatura constante e igual à  $T_M$  entre às 15 h e 16 h, para todos os meses. Esse critério permitiu um melhor ajuste dos modelos analíticos e confirmou que o critério adotado por ANGELOCCI et alii (2), para o período das 14 h às 15 h no Estado de São Paulo, é válido.

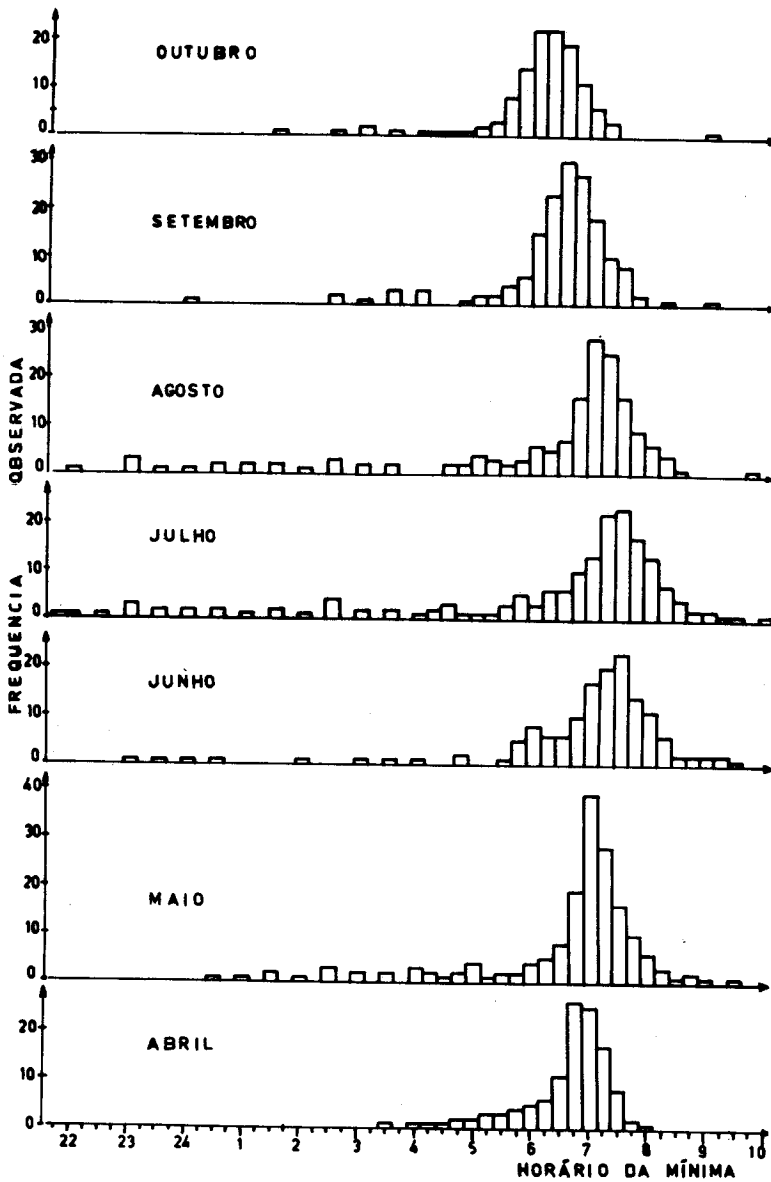


FIGURA 1. Frequência observada do horário de ocorrência da temperatura mínima nos dias com temperatura mínima menor ou igual a  $13,0^{\circ}\text{C}$ , para os diferentes meses, em Santa Maria - RS.

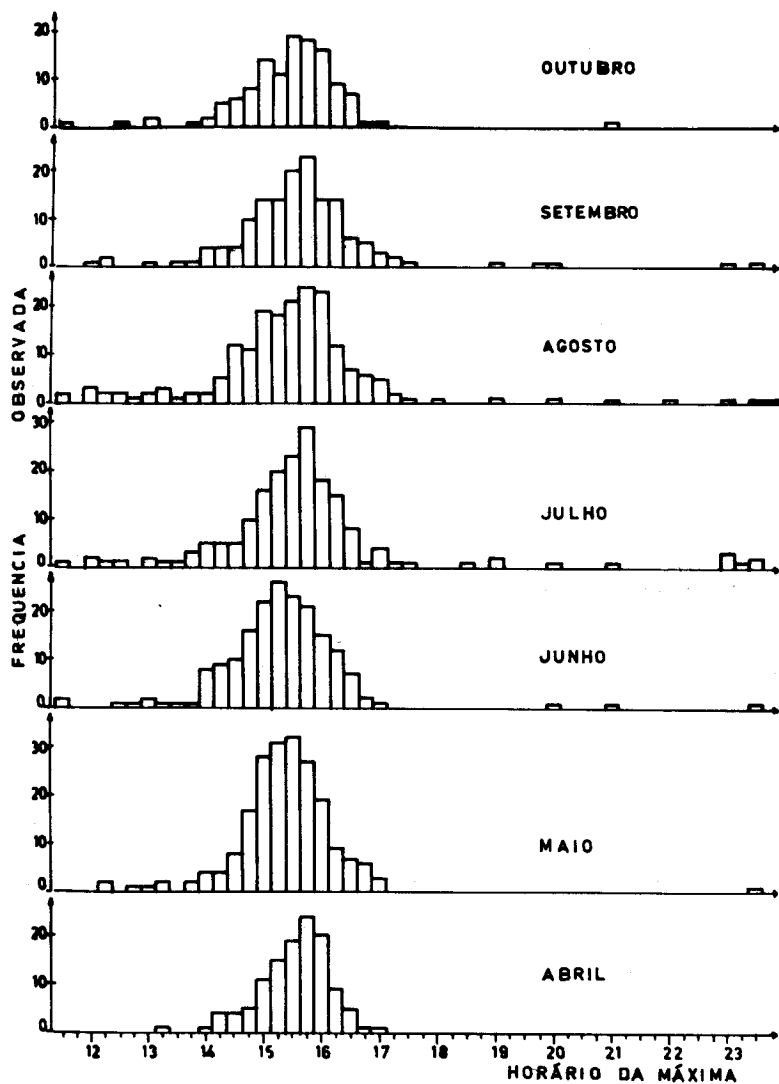


FIGURA 2. Frequência observada do horário de ocorrência da temperatura máxima nos dias em que a temperatura mínima foi menor ou igual a  $13,0^{\circ}\text{C}$ , para os diferentes meses, em Santa Maria - RS.

TABELA 3 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13,0°C, mês de abril, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$		
1	23,813	-1,6711**	-	-	0,795	27,44
2	26,827	-	-1,4691**	-	0,600	38,31
3	32,878	-	-	-1,6600**	0,786	28,00
4	1,564	-	-	-	1,0286**	22,08
5	26,029	-1,3703**	-0,3914**	-	0,812	26,39
6	30,367	-0,9427**	-	-0,8936**	0,872	21,78
7	4,387	-0,2176	-	-	0,9075**	22,05
8	31,045	-0,8413	-0,1870	-0,8416**	0,875	21,56
9	5,839	-0,2069	-0,1001	-	0,8662**	22,05
10	15,081	-0,1509	-	-	0,6257**	19,27
11	15,468	-0,1480	-0,0314	-0,6356**	0,900	19,34
12	34,016	-	-0,5217**	-1,2852**	0,900	25,66
13	3,269	-	-0,1073	-	0,822	22,08
14	13,236	-	-	-0,6418**	0,900	19,26
15	13,719	-	-0,0359	-0,6369**	0,900	19,33

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão 2.8.



TABELA 4 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13,0°C, no mês de maio, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$		
1	23,678	-1,4877**	-	-	0,674	31,98
2	28,001	-	-1,5749**	-	0,667	32,36
3	31,980	-	-	-1,6099**	0,661	32,64
4	3,160	-	-	-	0,843	22,19
5	26,445	-0,8246**	-0,7772**	-	0,703	30,63
6	29,509	-0,8589**	-	-0,8538**	0,740	28,66
7	5,107	-0,1530	-	-	0,845	22,12
8	31,070	-0,4165*	-0,5840**	-0,7778**	0,755	27,86
9	6,478	-0,0208	-0,2087	-	0,847	22,04
10	9,249	-0,0442	-	-0,3311**	0,7229**	21,58
11	10,358	0,0705	-0,1843	-0,3231**	0,854	21,53
12	32,424	-	-0,9002**	-0,8925**	0,747	28,23
13	6,412	-	-0,2216*	-	0,7809**	21,99
14	8,903	-	-	-0,3441**	0,7381**	21,54
15	10,446	-	-0,1417	-0,3121**	0,6910**	21,49

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 5 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13,00C, no mês de junho, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão					$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$		
1	23,798	-1,2402**	-	-	-	0,548	28,19
2	26,166	-	-1,2101**	-	-	0,590	26,84
3	31,094	-	-	-1,4115**	-	0,641	25,13
4	4,741	-	-	-	0,7457**	0,821	17,72
5	25,828	-0,4198*	-0,8533**	-	-	0,602	26,52
6	29,909	-0,3804**	-	-1,0765**	-	0,656	24,65
7	6,984	-0,1851*	-	-	0,6760**	0,826	17,51
8	31,698	0,3793*	-0,8114**	-1,0509**	-	0,704	22,90
9	8,494	0,0595	-0,3055**	-	0,6445**	0,833	17,22
10	10,972	0,0309	-	-0,4036**	0,6078**	0,839	16,88
11	13,085	0,3348**	-0,3554**	-0,4396**	0,5652**	0,847	16,50
12	30,676	-	-0,5879**	-0,9068**	-	0,698	23,11
13	8,580	-	-0,2621**	-	0,6397**	0,832	17,20
14	11,009	-	-	-0,3830**	0,6038**	0,839	16,88
15	12,093	-	-0,1561*	-0,3096**	0,5679**	0,842	16,74

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 6 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13,0°C, no mês de julho, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$		
1	25,128	-1,3949**	-1,2775**	-	0,557	30,04
2	26,816	-	-	-	0,596	28,71
3	30,449	-	-	-1,3643**	0,576	29,38
4	7,856	-	-	-	0,611	28,17
5	29,910	-0,5860**	-0,8287**	-	0,620	27,87
6	29,687	-0,7508**	-	-0,8174**	0,645	26,95
7	16,031	-0,8004**	-	-	0,725	23,71
8	31,616	0,0951	-0,8528**	-0,8346**	0,712	24,32
9	18,058	-0,3144*	-0,5540**	-	0,752	22,57
10	19,876	-0,5470**	-	-0,4379**	0,746	22,82
11	22,786	0,0433	-0,6264**	-0,5083**	0,780	21,29
12	31,452	-	-0,7985**	-0,8034**	0,712	24,29
13	17,611	-	-0,7729**	-	0,745	22,83
14	19,151	-	-	-0,7689**	0,712	24,29
15	22,696	-	-0,6014**	-0,4936**	0,780	21,25

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes terminais (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 7 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13,0°C, no mês de agosto, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão					$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$		
1	23,646	-1,2985**	-	-	-	0,476	34,73
2	28,673	-	-1,4808**	-	-	0,584	30,95
3	29,924	-	-	-1,3227**	-	0,527	32,99
4	3,966	-	-	-	0,7959**	0,793	21,83
5	28,375	-0,3222*	-1,2037**	-	-	0,593	30,68
6	29,454	-0,6553**	-	-0,8676**	-	0,586	30,93
7	4,343	-0,0306	-	-	0,7847**	0,793	21,88
8	32,957	0,1344	-1,0689**	-0,7635**	-	0,677	27,40
9	8,616	0,3123**	-0,5833**	-	0,7042**	0,817	20,61
10	7,231	0,0448	-	-0,2245**	0,7284**	0,799	21,62
11	11,837	0,4012**	-0,5956**	-0,2433**	0,6414**	0,824	20,27
12	32,618	-	-0,9805**	-0,7241**	-	0,676	27,39
13	9,661	-	-0,3912**	-	0,6580**	0,810	20,97
14	7,549	-	-	-0,2107**	0,7172**	0,798	21,59
15	11,907	-	-0,3641	-0,1553**	0,6096**	0,813	20,85

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes termicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 8 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 13,0°C, no mês de setembro, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)	
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$			$b_4$
1	21,494	-1,2702**	-	-	-	0,535	36,11
2	28,387	-	-1,4713**	-	-	0,572	34,66
3	30,020	-	-	-1,3987**	-	0,616	32,79
4	2,750	-	-	-	0,8705**	0,841	21,14
5	27,250	-0,6407**	-0,9223**	-	-	0,628	32,37
6	28,795	-0,5564**	-	-0,9664**	-	0,660	30,94
7	0,432	0,1827*	-	-	0,9537**	0,844	20,96
8	31,983	-0,1940	-0,7004**	-0,8098**	-	0,711	28,62
9	2,911	0,2439**	-0,2086*	-	0,9004**	0,848	20,76
10	3,545	0,2284**	-	-0,2068*	0,8834**	0,848	20,74
11	5,992	0,2890**	-0,2074*	-0,2057*	0,8309**	0,852	20,53
12	32,753	-	-0,8011**	-0,8975**	-	0,707	28,74
13	4,826	-	-0,1330	-	0,8188**	0,842	21,07
14	5,528	-	-	-0,1555	0,8021**	0,843	21,03
15	7,278	-	-0,1221	-0,1468	0,7584**	0,844	20,98

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes termicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 10 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15)<sup>2</sup> para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7,00C, no mes de abril, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão					$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$		
1	17,140	-2,4259**	-	-	-	0,866	33,23
2	17,778	-	-1,4503**	-	-	0,621	55,88
3	15,220	-	-	-1,035 *	-	0,229	79,72
4	0,260	-	-	-	1,4314**	0,824	38,18
5	17,592	-2,2654**	-0,1381	-	-	0,868	33,91
6	21,770	-2,2538**	-	-	-	0,913	27,57
7	16,040	-2,2694*	-	-0,4779**	-	0,866	34,11
8	21,659	-2,3697**	-	-0,5027**	0,0975	0,914	28,21
9	17,687	-2,2767*	0,1074	-	-0,0081	0,868	34,89
10	25,246	-2,7056**	-0,1395	-	-0,5025**	0,914	28,08
11	24,650	-2,7127**	0,0697	-	-0,5149**	0,915	28,88
12	20,693	-	-1,3127**	-0,3737	-	0,647	55,44
13	1,721	-	-0,1276	-	1,3387**	0,824	39,07
14	5,208	-	-	-0,4028	1,3286**	0,855	35,50
15	4,830	-	0,0407	-0,4099	1,3563**	0,855	36,52

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 11 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7,0°C, no mês de maio, teste t dos parâmetros e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$		
1	14,433	-1,8072**	-	-	0,824	28,11
2	17,471	-	-1,5334**	-	0,711	36,02
3	20,322	-	-	-1,4077**	0,575	43,68
4	1,471	-	-	-	1,1096**	0,854
5	15,702	-1,4123**	-0,4167**	-	0,837	27,28
6	16,983	-1,5027**	-	-0,3915**	0,845	26,61
7	5,608	-0,5907	-	-	0,862	25,06
8	18,386	-1,0805**	-0,4362*	-0,4031**	0,859	25,57
9	7,066	-0,5105	-0,2055	-	0,865	25,02
10	8,470	-0,6106	-	-0,2235	0,6979**	24,74
11	10,843	-0,5094	-0,2680	-0,2605	0,6478**	24,74
12	21,497	-	-1,1022**	-0,7154**	0,873	24,51
13	4,137	-	-0,2715	-	0,803	29,99
14	4,060	-	-	-0,2126	0,9529**	25,33
15	7,927	-	-0,3339	-0,2609	1,0037**	25,32
					0,867	24,84

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ , correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes termicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 12 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15)<sup>2</sup>, para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7,00C, no mês de junho, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$		
1	15,460	-1,8879**	-	-	0,826	23,04
2	17,146	-	-1,4076**	-	0,692	30,61
3	21,685	-	-	-1,4985**	0,598	34,98
4	1,829	-	-	-	1,0478**	24,13
5	16,122	-1,5618**	-0,3067*	-	0,834	22,58
6	17,918	-1,5479**	-	-0,4271**	0,848	21,64
7	9,913	-1,1458**	-	-	0,840	22,13
8	18,871	-1,1407**	-0,3600**	-0,4577**	0,859	20,92
9	11,149	-1,0324**	-0,2062	-	0,844	21,99
10	13,469	-1,0587**	-	-0,3594**	0,855	21,20
11	15,717	-0,8841**	-0,2965*	-0,4069**	0,862	20,79
12	21,582	-	-0,9707**	-0,8211**	0,805	24,45
13	5,407	-	-0,3623**	-	0,820	23,49
14	6,636	-	-	-0,4143**	0,8586**	22,97
15	11,654	-	-0,4410**	-0,4715**	0,845	21,92

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ , correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão 2.8.



TABELA 13 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15)<sub>2</sub> para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7,00C, no mês de julho, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$		
1	15,701	-1,7726**	-	-	0,619	39,11
2	17,541	-	-1,4928**	-	0,534	43,26
3	22,964	-	-	-1,6535**	0,606	39,78
4	2,380	-	-	-	0,796	28,59
5	16,943	-1,2994*	-0,5192*	-	0,640	38,21
6	21,394	-1,0823**	-	-0,9658**	0,732	32,95
7	4,471	-0,3149	-	-	0,802	28,29
8	21,889	-0,8267**	-0,3148	-0,9219**	0,739	32,64
9	4,913	-0,2484	-0,1010	-	0,8316**	28,36
10	9,450	-0,2472	-	-0,4824**	0,6858**	26,82
11	9,736	-0,1998	-0,0731	-0,4792**	0,824	26,90
12	23,286	-	-0,8143**	-1,1200**	0,702	34,75
13	4,148	-	-0,2028	-	0,800	28,43
14	8,059	-	-	-0,5047**	0,7770**	28,97
15	9,223	-	-0,1539	-0,4889**	0,823	26,92

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 14 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15) para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7,0°C, no mês de agosto, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) do respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$		
1	15,069	-1,9208**	-	-	-	0,763
2	16,796	-	-1,3660**	-	-	0,526
3	21,072	-	-	-1,4790**	-	0,545
4	1,406	-	-	-	1,0451**	0,791
5	16,612	-1,5914**	-0,3965**	-	-	0,785
6	19,230	-1,4923**	-	-	-	0,819
7	6,524	-0,7413*	-	-0,6124**	-	0,805
8	19,713	-1,3404**	-0,2375	-0,5475**	0,6748**	0,805
9	8,708	-0,7202*	-0,2358	-	-	0,826
10	13,062	-0,8764**	-	-0,4686**	0,5748**	0,812
11	14,264	-0,8536**	-0,1694	-0,4423**	0,4099*	0,831
12	22,102	-	-0,8274**	-0,9456**	0,3530*	0,835
13	3,870	-	-0,2495	-	0,9281**	0,668
14	6,365	-	-	-0,4138**	0,8708**	0,798
15	7,930	-	-0,1939	-0,3853**	0,7919**	0,811
						0,816

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes termicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 15 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7,0°C, no mês de setembro, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão				$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$		
1	13,979	-1,8285**	-	-	-	0,836
2	14,848	-	-1,0111**	-	-	0,374
3	21,323	-	-	-1,4432**	-	0,742
4	1,082	-	-	-	1,0922**	0,836
5	14,731	-1,7325**	-0,1287	-	-	0,840
6	18,501	-1,2293**	-	-0,6647**	-	0,904
7	7,652	-0,9377	-	-	0,5433	0,845
8	18,750	-1,1977**	-0,0533	-0,6556**	-	0,904
9	8,887	-0,9918	-0,0764	-	0,4756	0,846
10	17,626	-1,1234**	-	-0,6554**	0,0697	0,904
11	18,400	-1,1584**	-0,0507	-0,6524**	0,0269	0,904
12	22,470	-	-0,3455**	-1,2546**	-	0,773
13	1,562	-	-0,0427	-	1,0720**	0,836
14	9,450	-	-	-0,6323**	0,7401**	0,891
15	9,577	-	-0,0124	-0,6314**	0,7347**	0,891

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão 2.8.

TABELA 16 - Parâmetros linear (a) e angulares ( $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$ )<sup>1</sup> dos modelos de regressão linear simples (1 a 4) e múltiplos (5 a 15), para estimativa do total diário de horas de frio com temperatura abaixo de 7,00C, no mês de outubro, teste t dos parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de variação (C.V.) dos respectivos modelos, para Santa Maria, RS.

Modelo nº	Parâmetros do modelo de regressão					$R^2$	C.V. (%)
	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$		
1	13,810	-1,8617**	-	-	-	0,860	23,37
2	8,032	-	-0,3686	-	-	0,125	58,36
3	14,279	-	-	-0,9071**	-	0,361	49,88
4	0,537	-	-	-	1,1694**	0,879	21,67
5	14,134	-1,8349**	-0,0404	-	-	0,861	23,90
6	15,547	-1,7032**	-	-0,2235	-	0,875	22,63
7	2,647	-0,2979	-	-	0,9874	0,880	22,19
8	15,662	-1,6940**	-0,0189	-0,2187	-	0,876	23,26
9	-8,924	0,9861	0,1883	-	1,8772*	0,892	21,64
10	5,688	-0,4061	-	-0,1767	0,8400	0,889	21,93
11	-5,823	0,8688	0,1868	-0,1749	1,7242	0,901	21,34
12	15,523	-	-0,1937	-0,8204*	-	0,392	49,98
13	-0,948	-	0,1129	-	1,2326**	0,888	21,40
14	2,727	-	-	-0,1701	1,0911**	0,888	21,44
15	1,296	-	0,1207	-0,1823	1,1530**	0,898	21,01

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>Os parâmetros  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  e  $b_4$  correspondem, respectivamente, às variáveis temperatura mínima ( $T_m$ ), temperatura às 9 horas ( $T_9$ ), temperatura às 21 horas do dia anterior e razão das amplitudes térmicas (RA), dada pela expressão 2.8.

2.8 (RA) resultava num valor menor do que 1,0. O erro de superestimativa é de difícil contorno; entretanto, o mesmo pode ser reduzido em parte ao introduzir-se uma restrição de tal forma que qualquer valor de  $HF < TB$  maior do que 24 h, obito por qualquer modelo empírico ou analítico, seja considerado igual a 24 h. Observando a Tabela 17, verificou-se que foram relativamente poucos os dias para cujos dados utilizou-se a equação analítica 2.6, a qual serve de indicativo de que a temperatura do ar permaneceu abaixo da temperatura base durante as 24 horas do período. Considerando a temperatura base de  $13,0^{\circ}\text{C}$ , alguns valores de estimativa maiores do que 24 horas de frio foram obtidos nos meses de maio, junho, julho e agosto, chegando ao máximo de 6,81% dos dados do mês de junho.

Em termos médios, todos os modelos de regressão de 1 a 15 superestimaram os totais diários de horas de frio de valores grandes. Por outro lado, estes modelos também superestimaram os totais diários de horas de frio de valores pequenos, próximos a zero. Ao elaborar a relação gráfica dos valores observados e estimados, verificou-se que geralmente existe uma relação curvilínea entre estes valores. Nas Tabelas 3 a 16 verifica-se que os modelos de regressão nos quais foram incluídas as variáveis independentes  $T_m$  e ou RA (modelos 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14 e 15) apresentaram a tendência de proporcionar melhores estimativas nos meses menos frios. Essa tendência também foi verificada com as estimativas efetuadas através das equações analíticas (modelo 16). Entretanto, para as estimativas feitas pelos modelos de regressão que incluem somente as variáveis independentes  $T_9$  e ou  $T_{21}$  (modelos 2, 3 e 12) essa tendência não foi observada, exceto quando da estimativa de  $HF < 13$  pelos modelos 3 e 12. Tal observação genérica sugere que a inclusão adicional das variáveis  $T_9$  e  $T_{21}$  na obtenção de modelos de regressão múltipla proporcionaria melhores estimativas nos meses mais frios, o que de certa forma foi verificado, principalmente para variável  $T_{21}$  em relação a  $T_m$ . Todavia, essa melhora não foi significativa estatisticamente com relação às estimativas feitas pelo modelo geral  $HF < TB = a + bT_m + cRA$  (modelo 7), para qualquer mês e para as temperaturas base estudadas, conforme se observa nas Tabelas 19 e 20.

Nas Tabelas 3 a 16 observa-se ainda que as variáveis independentes geralmente produziram parâmetros angulares altamente significativos nas regressões simples (modelos 1 a 4), porém a inclusão adicional de uma (ou mais) variáveis independentes para obter uma regressão múltipla pode determinar que um ou mesmo todos os parâmetros angulares

TABELA 17 - Número de dados diários enquadrados nas diferentes condições de variação diária de temperatura do ar, para a utilização das respectivas equações analíticas de estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de  $13,0^{\circ}\text{C}$  e  $7,0^{\circ}\text{C}$ , em 12 anos de observação, em Santa Maria, RS.

Mês	Temperatura base $^{\circ}\text{C}$	Condição de variação diária da temperatura do ar						
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
		TB>Tm	TB>Tm	TB>Tm	TB>Tm	TB>Tm	-	-
		TB<T <sub>21</sub>	TB≥T <sub>21</sub>	TB≥T <sub>21</sub>	TB≥T <sub>21</sub>	TB<T <sub>21</sub>	-	-
		TB<TM <sub>1</sub>	TB<TM <sub>1</sub>	TB≥TM <sub>1</sub>	TB<TM <sub>1</sub>	TB<TM <sub>1</sub>	TB≥TM <sub>1</sub>	-
		TB<TM <sub>2</sub>	TB<TM <sub>2</sub>	TB<TM <sub>2</sub>	TB≥TM <sub>2</sub>	TB≥TM <sub>2</sub>	TB≥TM <sub>2</sub>	TB≤Tm
Abr	13	105	25	0	0	0	0	2
	7	17	0	0	0	0	0	4
Mai	13	122	76	3	5	0	2	5
	7	55	5	0	0	0	0	1
Jun	13	71	115	19	19	0	14	1
	7	82	38	0	0	0	0	0
Jul	13	57	103	26	23	3	18	3
	7	90	24	2	2	0	0	2
Ago	13	98	106	15	12	3	6	5
	7	84	9	0	0	0	0	4
Set	13	124	72	6	4	2	0	7
	7	60	2	0	0	0	0	4
Out	13	127	13	0	0	0	0	4
	7	21	0	0	0	0	0	0

TB = temperatura base ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Tm = temperatura mínima diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ).

T<sub>21</sub> = temperatura das 21 horas do dia anterior, hora legal ( $^{\circ}\text{C}$ ).

TM<sub>1</sub> = temperatura máxima do ar do dia anterior ( $^{\circ}\text{C}$ ).

TM<sub>2</sub> = temperatura máxima diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ).

sejam não significativos, como ocorreu com os modelos 7 e 9 para estimar HF<7 no mês de setembro (Tabela 15). Isto significa que as variáveis independentes apresentam boa correlação entre si (isto é, não são independentes entre si) e influem de forma semelhante na variação da variável dependente do modelo. Neste caso, a inclusão adicional de uma

variável independente não melhora a estimativa da variável dependente ( $HF < TB$ ) em relação à estimativa obtida com a melhor regressão simples. Tal fato pode ser observado na Tabela 3, e em outros casos nas demais tabelas, em que os parâmetros da  $T_m$  e  $T_g$  não foram significativos quando incluídos junto com a variável RA (modelos 7 e 9) e, portanto, não melhoraram o modelo em vários meses. Por outro lado, com a inclusão da variável  $T_{21}$  juntamente com a variável RA (modelo 14) os parâmetros das variáveis foram altamente significativos, embora o coeficiente de determinação também não tenha melhorado significativamente.

Os modelos de regressão de 1º grau 4 a 7 proporcionaram a obtenção de coeficientes de determinação acima de 0,790, com exceção para HF 13 no mês de julho, em que se obteve  $R^2 = 0,611$  e  $R^2 = 0,0725$ , respectivamente, para estes modelos.

Ao considerar apenas a temperatura base de  $13,0^{\circ}\text{C}$ , os modelos de regressão simples 1, 2 e 3 apresentaram a tendência de proporcionar piores estimativas do que o modelo 4, quando comparados dentro de cada mês. Essa tendência também foi apresentada pelos modelos de regressão múltipla 5 e 6 e, em alguns meses, pelos modelos B e 12, nos quais as variáveis independentes também foram  $T_m$ ,  $T_g$  ou  $T_{21}$ . Ao considerar a temperatura base de  $7,0^{\circ}\text{C}$ , a mesma tendência somente foi apresentada pelos modelos 2, 3 e 12, enquanto que o modelo 1 apresentou estimativas similares às do modelo 4 na maioria dos meses.

Esta constatação mostra que a variável RA é mais importante na determinação das horas de frio abaixo de  $13,0^{\circ}\text{C}$  do que as variáveis  $T_m$ ,  $T_g$  e  $T_{21}$ . Também é evidente que a medida que a população dos dados de temperatura mínima apresenta valores próximos do valor da temperatura base, as estimativas a partir desta variável são mais precisas. Esta é a provável explicação de terem sido obtidos valores de  $R^2$  maiores para  $HF < 7$  do que para  $HF < 13$  com os modelos de regressão em que se utiliza a variável  $T_m$ . Ao estimar-se  $HF < 7$ , o modelo 1 foi estatisticamente inferior aos modelos 4 a 7 apenas no mês de julho, enquanto que para estimar HF 13 o modelo 1 somente não foi estatisticamente inferior ao modelo 4 em abril e julho. Estas constatações confirmaram que a variável RA é mais importante do que a  $T_m$  para a estimativa de horas de frio diárias através de modelos de regressão.

A inclusão da variável  $T_m$  ao quadrado nos modelos de regressão quadrática A e D somente não apresentou significância do respectivo parâmetro ( $P > 0,01$ ) nos meses de abril, agosto e outubro para  $HF < 7$  (Tabelas 23 e 26). A inclusão da variável RA ao quadrado nos modelos B

e C somente não proporcionou significância do respectivo parâmetro ( $P > 0,01$ ) para  $HF < 7$  nos meses de abril, agosto e outubro com o modelo C (Tabelas 24 e 25). Para  $HF < 13$  as variáveis  $Tm^2$  e  $RA^2$  proporcionaram a obtenção de parâmetros altamente significativos nos modelos A, B, C e D em todos os meses.

Os coeficientes de variação as regressões quadráticas foram menores do que nas regressões lineares correspondente, enquanto que os valores  $R^2$  aumentaram. Este aumento, entretanto, somente foi significativo para a variável RA no mês de julho para  $HF < 13$ .

Os valores dos coeficientes de determinação apresentados nas Tabelas 21 e 22 indicam que a contribuição das regressões cúbica e quártica para a melhora das estimativas de  $HF < TB$  em relação à função quadrática foi praticamente nula. Os modelos exponenciais proporcionaram a obtenção de valores de  $R^2$  menores do que 0,725, muito inferiores aos proporcionados pelos modelos 1, 4 e 7 em cada mês para as duas TB analisadas. Estes resultados indicam que os modelos exponenciais não são adequados para a estimativa de horas de frio, o que também foi mostrado, porém de forma implícita, por GUIDONI et alii (12).

Os modelos logarítmicos, nos quais utilizou-se somente a  $Tm$  como variável independente, proporcionaram valores de  $R^2$  ainda menores que os modelos exponenciais. Com a utilização da variável RA, estes modelos, entretanto, proporcionaram a obtenção de valores de  $R^2$  semelhantes aos dos modelos de regressão quadrática, sendo significativamente inferiores apenas para  $TB = 13,0^\circ C$  nos meses de maio, julho e agosto. Por sua vez, os modelos logarítmicos apresentam a limitação de não poderem ser utilizados para valores de  $Tm \leq 0,0$  ou de  $RA \leq 0,0$ , freqüentes quando o valor da  $Tm$  foi pouco inferior à  $TB$ . Desta forma, a utilização de um modelo logarítmico somente seria justificável nos casos em que apresentassem estimativas significativamente melhores que os outros modelos empíricos, o que não ocorreu.

A análise global dos resultados mostra que realmente existe uma tendência de relação curvilínea entre  $HF < TB$  e  $Tm$  e ou RA, significativa ao nível do teste dos parâmetros dos modelos, mas que não se traduz numa melhora significativa dos valores de  $HF < TB$  estimados, com exceção para a estimativa de  $HF < 13$  com a variável RA no mês de julho. Desta forma, quando somente foram incluídos os dados diários de  $Tm$  e  $TM$ , pode-se afirmar que os modelos 1, 4, 7, A, B, C e D mostraram ajustes satisfatórios para a estimativa de  $HF < 7$ , com exceção dos modelos 1 e A para o mês de julho. Para a estimativa de  $HF < 13$ , os modelos 4, 7, B, C



TABELA 18 - Valores médios dos totais de horas de frio com temperatura abaixo de 13,0 e 7,0°C observados e estimados pelas equações 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5 do modelo analítico, com o erro médio produzido, em cada mês ou em cada equação, para Santa Maria, RS.

Mês	Tempe- ratura base °C	VALORES MÉDIOS DOS TOTAIS DIÁRIOS DE HORAS DE FRIO												Diferença média (OBS- EST.) (%)	
		Eq. an. 2.1		Eq. an. 2.2		Eq. an. 2.3		Eq. an. 2.4		Eq. an. 2.5		Diferença média (OBS- EST.) (%)			
		OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.				
Abri	13,0 7,0	6,20 4,11	5,86 3,39	13,59 14,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9 1,0	1,1 17,2
Mai	13,0 7,0	7,15 5,66	6,45 5,08	14,96 13,70	15,52 14,12	20,50 21,72	22,76 21,07	-	-	-	-	-	-	20,6 2,4	10,2 7,6
Junho	13,0 7,0	8,10 6,70	7,63 6,28	17,09 13,89	17,41 14,43	21,04 22,19	22,71 20,84	-	-	-	-	-	-	0,9 1,2	0,3 1,3
Julho	13,0 7,0	6,93 6,36	6,85 5,77	15,80 14,26	16,38 15,00	19,55 18,75	21,34 19,97	22,94 20,40	20,53 19,65	10,17 12,67	10,68	-	-	-3,9 2,9	-1,3 3,5
Agosto	13,0 7,0	7,81 5,89	7,48 5,62	16,03 12,39	16,48 13,96	19,59 21,10	22,00 20,28	-	-	-	-	-	-	-1,4 0,7	-0,5 1,4
Setembro	13,0 7,0	8,03 5,53	7,52 5,03	14,86 12,25	15,88 13,91	19,40 21,38	23,67 20,30	-	-	11,50 11,15	-	-	-	0,6 2,2	0,3 7,4
Outubro	13,0 7,0	5,91 3,75	5,64 3,51	14,11 15,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2 0,5	1,5 7,6
Diferença média anual (OBS-EST.)	13,0 7,0	24,1 15,8	(5,8%) (7,9%)	-24,1 -4,9	(3,6%) (5,5%)	-8,9 -0,1	(7,7%) (3,0%)	11,1 0,1	(9,3%) (2,9%)	0,0 -	(0,0%)	-	-	2,3 10,9	(0,2%) (3,7%)

TABELA 19 - Coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) entre os totais diários de horas de frio com temperatura menor do que 13,0°C observados e estimados pelos diferentes modelos de regressão linear e analítico, para Santa Maria, RS.

Modelo	R <sup>2</sup>						
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
1	0,795	0,674	0,548	0,557	0,476	0,535	0,733
2	de*	c	e	e	d	d	cde
3	0,600	0,667	0,590	0,596	0,584	0,572	0,539
4	0,786	0,661	0,641	0,576	0,527	0,616	0,621
5	bcd	c	cde	e	d	bcd	ef
6	0,812	0,843	0,821	0,611	0,793	0,841a	0,870ab
7	0,872	0,703	0,602	0,620	0,593	0,628	0,788
8	bc	c	de	de	cd	bcd	cd
9	0,868	0,740	0,656	0,645	0,586	0,660	0,791
10	bc	b	cde	cde	cd	bc	cd
11	0,875	0,845	0,826	0,725	0,793	0,844a	0,875ab
12	bc	b	b	bc	b	b	bc
13	0,870	0,755	0,704	0,712	0,677	0,711	0,820
14	bc	c	c	bcd	c	b	bc
15	0,870	0,847	0,833	0,752	0,817	0,848a	0,877ab
16	bc	b	b	b	b	a	ab
17	0,900	0,853	0,839	0,746	0,799	0,848a	0,882a
18	bc	b	b	b	b	a	a
19	0,900	0,854	0,847	0,780	0,824	0,852a	0,883a
20	b	b	b	b	b	a	a
21	0,822	0,747	0,698	0,712	0,676	0,707	0,716
22	bc	c	cd	bc	bc	b	de
23	0,868	0,847	0,832	0,745	0,810	0,842a	0,874ab
24	bc	b	b	b	b	a	ab
25	0,900	0,853	0,839	0,712	0,798	0,843a	0,879ab
26	bc	b	b	bcd	b	a	ab
27	0,900	0,854	0,842	0,780	0,813	0,844a	0,881ab
28	b	b	b	b	b	a	ab
29	0,949a	0,927a	0,895a	0,872a	0,890a	0,886a	0,912a

\*As letras iguais, no sentido vertical, indicam que os modelos não apresentam diferença significativa entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 20 - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) entre os totais diários de horas de frio com temperatura menor do que 7,0°C observados e estimados pelos modelos de regressão linear e analítico, nos meses de abril a outubro, para Santa Maria, RS.

Modelo	$R^2$						
	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
1	0,866ab*	0,824ab	0,826ab	0,616	0,763ab	0,836 bc	0,860a
2	0,621 bc	0,711 bc	0,692 c	0,534 e	0,526 c	0,374 d	0,125 b
3	0,229 c	0,575 c	0,598 c	0,606 de	0,545 c	0,742 c	0,361 b
4	0,824ab	0,854a	0,809 b	0,796abc	0,791ab	0,836 bc	0,879a
5	0,868ab	0,837ab	0,834ab	0,640 de	0,785ab	0,840 bc	0,861a
6	0,913a	0,845ab	0,848ab	0,732 bcd	0,819a	0,904ab	0,875a
7	0,866ab	0,862a	0,840ab	0,802abc	0,805a	0,845 bc	0,880a
8	0,914a	0,859a	0,859ab	0,739 bcd	0,826a	0,904ab	0,876a
9	0,868ab	0,865a	0,844ab	0,803abc	0,812a	0,846 bc	0,892a
10	0,914a	0,868a	0,855ab	0,824ab	0,831a	0,904ab	0,889a
11	0,915a	0,873a	0,862ab	0,824ab	0,835a	0,904ab	0,901a
12	0,647 bc	0,803ab	0,805 b	0,702 cd	0,668 bc	0,773 c	0,392 d
13	0,824ab	0,859a	0,820ab	0,800abc	0,798a	0,836 bc	0,888a
14	0,855ab	0,860a	0,828ab	0,820ab	0,811a	0,891ab	0,888a
15	0,855ab	0,867a	0,845ab	0,823ab	0,816a	0,891ab	0,898a
16	0,935a	0,880a	0,886a	0,866a	0,846a	0,936a	0,852a

\* As letras iguais no sentido vertical indicam que os modelos não apresentam diferença significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 21 - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) entre totais diários de horas de frio com temperatura menor do que 13,0°C, observados e aqueles estimados pelos modelos nos quais utilizam-se exclusivamente as temperaturas mínimas ou mínima e máxima diárias, para Santa Maria, RS.

Modelo	$R^2$						
	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
1	0,795 d*	0,674 f	0,548 b	0,577 f	0,476 d	0,535 d	0,733 b
4	0,867abcd	0,843 bc	0,821a	0,611 ef	0,793ab	0,841abc	0,870a
7	0,868abcd	0,845 bc	0,826a	0,725 cd	0,793ab	0,844abc	0,875a
A	0,845 cd	0,745 e	0,631 b	0,649 b def	0,551 cd	0,592 d	0,772 b
B	0,904ab**	0,880ab	0,860a**	0,862a**	0,831ab	0,849abc	0,887a
C	0,904ab	0,883a	0,860a	0,862a	0,836ab**	0,856abc	0,893a**
D	0,900abc	0,881ab	0,855a	0,857a	0,827ab	0,854abc	0,889a
E	0,882abc	0,846 bc	0,822a	0,826ab	0,775 b	0,808 bc	0,865a
F	0,904ab	0,881ab	0,860a	0,862a	0,834ab	0,853abc	0,893a
G	0,905ab	0,886a**	0,860a	0,863a	0,836ab	0,858ab**	0,893a
H	0,850 bcd	0,761 de	0,661 b	0,674 de	0,580 cd	0,628 d	0,776 b
I	0,850 bcd	0,762 cde	0,661 b	0,674 de	0,585 cd	0,639 d	0,782 b
J	0,905ab	0,891a	0,868a	0,864a	0,842a	0,861ab	0,892a
L	0,905ab	0,891a	0,868a	0,864a	0,842a	0,862a	0,892a
O	0,913a	0,830 bcd	0,827a	0,783 b	0,780 b	0,800 c	0,870a
Q	0,908a	0,825 cde	0,827a	0,782 c	0,776 c	0,795 c	0,864a

\*As letras iguais, no sentido vertical, indicam que os modelos não apresentam diferença significativa entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*Modelos selecionados pelo programa Stepwise utilizando-se  $\alpha = 0,100$  para a entrada de variáveis.

TABELA 22 - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) entre totais diários de horas de frio com temperaturas menor do que 7,00C, observados e aqueles estimados pelos diferentes modelos, nos quais utilizam-se exclusivamente as temperaturas mínima e máxima diária, para Santa Maria, RS.

Modelo	$R^2$						
	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Sêtembro	Outubro
1	0,866a*	0,824a	0,826a	0,619	0,763a	0,836a	0,860a
4	0,824a	0,854a	0,809a	0,796ab	0,791a	0,836a	0,879a
7	0,866a	0,862a	0,840a	0,802ab	0,805a	0,845a	0,880a
A	0,875a**	0,856a	0,841a	0,670	0,771a	0,869a	0,895a
B	0,843a	0,879a	0,832a	0,820a	0,799a	0,874a	0,890a**
C	0,822a	0,887a**	0,853a**	0,821a	0,809a	0,879a	0,906a
D	0,875a	0,890a	0,854a	0,826a**	0,817a**	0,875a**	0,902a
E	0,876a	0,881a	0,848a	0,800a	0,804a	0,871a	0,897a
F	0,876a	0,889a	0,853a	0,825a	0,810a	0,878a	0,906a
G	0,908a	0,890a	0,856a	0,828a	0,811a	0,879a	0,907a
H	0,875a	0,859a	0,845a	0,679	0,775a	0,869a	0,896a
I	0,877a	0,862a	0,846a	0,692	0,788a	0,869a	0,897a
J	0,845a	0,886a	0,833a	0,829a	0,809a	0,874a	0,905a
L	0,892a	0,887a	0,833a	0,830a	0,810a	0,877a	0,907a
O	0,907a	0,889a	0,875a	0,778abc	0,805a	0,902a	0,899a
Q	0,907a	0,884a	0,874a	0,777abc	0,803a	0,899a	0,897a

\*As letras iguais, no sentido vertical, indicam que os modelos não apresentam diferença significativa entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*Modelos selecionados pelo programa Stepwise utilizando-se  $\alpha = 0,100$  para a entrada de variáveis.

TABELA 23 - Parâmetros dos modelos de regressão quadrática para a estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de 13,00C e de 7,00C, a partir da temperatura mínima diária (modelo A) e respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e de variação (C.V.), para Santa Maria, RS.

Temperatura base	Mês	Parâmetros do modelo de regressão			R <sup>2</sup>	C. V. (%)
		a	b (Tm)	c (Tm <sup>2</sup> )		
13,00C	abril	11,424	+1,31119**	-0,1654654**	0,845	23,93
	maio	17,773	+0,50489	-0,1321067**	0,745	28,37
	junho	20,860	+0,32174	-0,1258927**	0,631	25,52
	julho	21,171	+0,37656	-0,1352132**	0,649	26,80
	agosto	17,302	+0,88077*	-0,1479181**	0,551	32,14
	setembro	15,739	+0,56165	-0,1189046**	0,592	34,12
	outubro	13,578	+0,70641	-0,1297593**	0,772	31,14
	abril	11,505	-0,26488	-0,1983073	0,875	32,96
	maio	13,037	-0,58180	-0,1679386**	0,856	25,67
	junho	14,861	-0,80237**	-0,1754212**	0,841	22,04
7,00C	julho	15,139	-0,43700	-0,2199825**	0,670	36,58
	agosto	13,920	-0,11126	-0,1042752*	0,771	32,12
	setembro	11,631	-0,32410	-0,1855586**	0,869	25,22
	outubro	3,573	+2,34664	-0,4109246*	0,895	22,31

\*\* Significativo pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade.

\* Significativo pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 24 - Parâmetros dos modelos de regressão quadrática múltipla para a estimativa de horas de frio abaixo de 13,0°C e de 7,0°C, a partir das variáveis temperatura mínima diária e RA<sup>1</sup> (modelo D) e respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e de variação (C.V.), para Santa Maria, RS.

Temperatura base	Mês	Parâmetros do modelo de regressão				R <sup>2</sup>	C.V. (%)
		a	b(Tm)	c(RA)	d(Tm <sup>2</sup> )		
13,0°C	abril	-3,141	+1,99380**	+0,79509**	-0,132686/4**	0,900	19,33
	maio	0,996	+1,06215**	+0,84607**	-0,0779389**	0,881	19,45
	junho	4,491	+0,44208**	+0,75994**	-0,0440144**	0,855	16,02
	julho	5,413	+0,44115**	+0,73360**	-0,0518507**	0,857	17,16
	agosto	0,177	+1,01038**	+0,86087**	-0,0652667**	0,827	19,97
	setembro	1,820	+1,18722**	+0,89999**	-0,0702425**	0,824	20,44
7,0°C	outubro	6,581	+1,48701**	+1,06526**	-0,0709632**	0,889	21,76
	abril	11,564	-0,27113	-0,00597	-0,1986133	0,875	33,92
	maio	4,786	+0,48682	+0,72858**	-0,1567389**	0,890	22,60
	junho	9,738	-0,19124	+0,40983**	-0,1621783**	0,854	21,25
	julho	4,789	+0,51758	+0,79347**	-0,1522169**	0,826	26,67
	agosto	5,817	-0,10632	+0,65572**	-0,0860823	0,811	29,39
7,0°C	setembro	6,037	-0,43397	+0,48541	-0,1808934**	0,875	24,77
	outubro	-1,272	+2,32671	+0,65720	-0,3075701	0,902	22,18

\*\*Significativo pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade.

$${}^1RA = 24(TB - Tm) [0,5(TM_1 + TM_2) - TM]^{-1}$$

TABELA 25 - Parâmetros dos modelos de regressão quadrática para a estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de 13,00C e de 7,00C, a partir da variável RA<sup>1</sup> (modelo B) e respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e de variação (C.V.), para Santa Maria,RS.

Temperatura base	Mês	Parâmetros do modelo de regressão			R <sup>2</sup>	C.V. (%)
		a	b(RA)	c(RA <sup>2</sup> )		
13,00C	abril	0,207	+1,63986**	-0,0434856**	0,904	18,83
	maio	1,402	+1,35632**	-0,0209122**	0,880	19,44
	junho	2,011	+1,24221**	-0,0158862**	0,860	15,74
	julho	1,442	+1,34349**	-0,0188484**	0,862	16,81
	agosto	1,544	+1,31076**	-0,0192069**	0,831	19,72
	setembro	1,580	+1,23337**	-0,0182410**	0,849	20,77
	outubro	0,583	+1,32285**	-0,0244599**	0,888	21,87
	abril	-0,083	+2,03926**	-0,1213689	0,843	36,96
	maio	0,567	+1,63807**	-0,0454614**	0,879	23,47
	junho	0,151	+1,76782**	-0,0490389**	0,832	22,69
7,00C	julho	1,098	+1,48118**	-0,0301362**	0,820	26,99
	agosto	0,816	+1,35764**	-0,0253493	0,799	30,10
	setembro	0,031	+1,80765**	-0,0708600**	0,874	24,70
	outubro	-0,154	+1,86096**	-0,1122349	0,904	21,36

\*\*Significativo pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade.

<sup>1</sup>RA = 24 (TB - Tm) [0,5 (TM<sub>1</sub> + TM<sub>2</sub>) - Tm]<sup>-1</sup>



TABELA 26 - Parâmetros dos modelos de regressão quadrática múltipla para a estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de 13,0°C e de 7,0°C, a partir das variáveis temperatura mínima diária e RA<sup>1</sup> (modelo C) e respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e variação (C.V.), para Santa Maria, RS.

Temperatura base	MÊS	Parâmetros do modelo de regressão				R <sup>2</sup>	C.V. (%)
		a	b (Tm)	c (RA)	d (RA <sup>2</sup> )		
13,0°C	abril	0,540	-0,02523	+1,62334**	-0,0433081**	0,904	18,90
	maio	-1,274	+0,19801	+1,48742**	-0,0225511**	0,883	19,30
	junho	1,735	+0,02050	+1,25440**	-0,0160162**	0,860	15,77
	julho	1,888	-0,03243	-1,32117**	-0,0184759**	0,862	16,84
	agosto	-1,411	+0,21862	+1,44398**	-0,0211011**	0,836	19,48
	setembro	-2,021	+0,26948	+1,41117**	-0,0209836**	0,856	20,36
outubro	-4,771	+0,40874	+1,55958**	-0,0262801**	0,893	21,41	
7,0°C	abril	14,992	-2,16261*	+0,70169	-0,1080931	0,882	32,99
	maio	3,813	-0,45552	+1,34417**	-0,0426731**	0,884	23,20
	junho	7,130	-0,98343*	+1,22931**	-0,0479152**	0,855	21,17
	julho	1,886	-0,10707	+1,40756**	-0,0283326**	0,821	27,06
	agosto	5,394	-0,63891	+0,95035**	-0,0182004**	0,809	29,50
	setembro	5,111	-0,71868*	+1,35596**	-0,0677869	0,879	24,39
outubro	4,027	-0,60035*	+1,56389	-0,1235334	0,906	21,66	

\*\*Significativo pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade.

\*Significativo pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>RA = 24 (TB - Tm) [0,5 (TM<sub>1</sub> + TM<sub>2</sub>) - TM]<sup>-1</sup>

e D também mostraram um ajuste satisfatório, com exceção dos modelos 4 e 7 para o mês de julho. Na hipótese de optar por um único modelo de regressão para todos os meses, para a estimativa HF 7 a escolha poderá ser feita entre os modelos 4, 7, B, C e D e para a estimativa de HF 13 a escolha poderá ser feita entre os modelos B, C e D.

Durante a cotação dos totais diários de horas de frio dos termogramas, observou-se que nos meses menos frios, abril, maio, setembro e outubro, a condição  $T_m \leq T_B$ , em grande parte dos casos, ocorria em dias que apresentavam a marcha diária da temperatura do ar bastantesimilares a um padrão de variação típico de períodos diurnos livres de nebulosidade. Nesses dias os momentos de ocorrência das temperaturas extremas apresentam pequena variabilidade (Figuras 1 e 2). Nos meses mais frios, entretanto, a forma da variação diária da temperatura do ar foi mais diversificada o que explica a maior variabilidade do  $hT_m$  e do  $hT_M$ . Essa observação é reforçada pelo número de dados enquadrados nos diferentes casos considerados para o modelo analítico, conforme se verifica na Tabela 17 e constitui-se numa das causas da obtenção de estimativas menos precisas pelos modelos de regressão nos meses mais frios. É também uma das causas da obtenção de estimativas de parâmetros diferentes para cada mês para os modelos de regressão. Por esta razão a utilização de um modelo de regressão único para os 7 meses analisados certamente produziria erros grosseiros de estimativa devendo-se, portanto, utilizar os modelos de regressão específicos para cada mês.

Para a estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de 13,00C, o modelo analítico mostrou-se superior aos modelos de regressão embora não apresentassem diferenças estatísticas ( $P \geq 0,05$ ), com relação aos modelos em que se incluía variável RA nos meses de setembro e outubro. Os coeficientes de determinação, obtidos pela correlação entre os HF < 13 observados e os estimados com as equações do modelo 16, oscilaram entre 0,872 e 0,949 nos diferentes meses, conforme a Tabela 19. Isto demonstra que o modelo analítico é bastante preciso e deve ser o preferido para estimar horas de frio com temperatura abaixo de 13,00C para períodos diários, em Santa Maria, RS.

Considerando-se a temperatura base igual a 7,00C, o modelo 16 proporcionou a obtenção de coeficientes de determinação entre os valores observados e estimados, de 0,846 a 0,936 nos diferentes meses. Entretanto não foi estatisticamente superior a grande parte dos outros modelos, apesar de proporcionar os mais elevados coeficientes de determinação em seis dos sete meses analisados. Analisando a Tabela 20,

verifica-se que os modelos 10, 11, 14 e 15 foram estatisticamente iguais ao modelo 16 em todos os meses; os modelos 6, 7, 8, 9 e 13 foram significativamente inferiores em apenas um dos meses, ao passo que os modelos 4 e 5 foram estatisticamente inferiores ao modelo analítico, em dois dos meses analisados, para  $P < 0,05$ . Nesse caso poder-se-ia deduzir erroneamente que o modelo analítico foi menos preciso na estimativa de horas de frio com temperatura abaixo de  $7,0^{\circ}\text{C}$  do que para estimar horas de frio com temperatura abaixo de  $13,0^{\circ}\text{C}$ . Entretanto, verifica-se que para a temperatura base de  $7,0^{\circ}\text{C}$  os demais modelos, em geral, proporcionaram melhores estimativas do que para a temperatura base de  $13,0^{\circ}\text{C}$  e que, embora fosse menor número de dados disponíveis para a análise, propiciou a obtenção de maiores diferenças mínimas significativas para a comparação dos modelos pelo teste t. Essa constatação, aliada ao fato de que os coeficientes de determinação obtidos quando da utilização da temperatura base de  $7,0^{\circ}\text{C}$  não se caracterizam como inferiores aos coeficientes de determinação obtidos para a temperatura base de  $13,0^{\circ}\text{C}$  nos respectivos meses, sugere que o modelo analítico é igualmente preciso para estimar horas de frio com temperatura abaixo de  $7,0^{\circ}\text{C}$  ou com temperatura abaixo de  $13,0^{\circ}\text{C}$ . Salienta-se ainda que a principal vantagem do modelo analítico em relação aos modelos de regressão é a de não exigir a utilização de termogramas para a obtenção das equações do modelo analítico.

A Tabela 18 mostra os valores médios mensais do total diário de horas de frio observados e estimados através das diferentes equações do modelo analítico. Verifica-se que as equações 2.1 e 2.4 em geral proporcionaram subestimativas, as equações 2.2 e 2.3 proporcionaram superestimativas, enquanto que as equações 2.6 e 2.7 foram de precisão absoluta. A equação 2.5 não é passível de crítica devido ao pequeníssimo número de dados enquadrados nesse caso. Entretanto, pode-se verificar que o erro médio em relação aos valores médios das observações, na grande maioria dos casos, foi menor que 10%. Na Tabela 17 pode-se verificar que aproximadamente 85% e 96% de todos os dados de horas de frio com temperatura abaixo de  $13,0^{\circ}\text{C}$  e  $7,0^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, foram estimados pelas equações analíticas 2.1 e 2.2. Portanto, são estas as equações mais importantes do modelo analítico e o ajuste das mesmas deve ser criterioso.

Alguns ajustes empíricos nos parâmetros das equações 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 poderiam ser efetuados para corrigir os pequenos erros de subestimativa ou superestimativa. Entretanto, para preservar o caráter

analítico do modelo 16 e, em função das boas estimativas obtidas, não se efetuaram os ajustes empíricos das equações analíticas. Dessa forma, em função dos resultados obtidos nesse trabalho e em função dos resultados obtidos por ANGELOCCI et alii (2), o modelo analítico poderia ser recomendado com boas possibilidades de êxito, para estimar totais diários de horas de frio com temperaturas abaixo de  $13,0^{\circ}\text{C}$ , para todos os locais do Estado do Rio Grande do Sul onde os horários de ocorrência das temperaturas mínima e máxima diárias apresentem um comportamento idêntico ao apresentado para Santa Maria - RS. Para os demais locais do Estado ou para qualquer local da Região Sul do Brasil, bastaria um ajuste nas equações 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5, em função do horário de ocorrência das temperaturas extremas diárias, para viabilizar a utilização deste modelo. Entretanto, sugere-se que o modelo analítico seja ainda avaliado em pelo menos mais um ou dois locais com características geográficas diferentes das de Santa Maria para, então, generalizar sua utilização como método padrão recomendado.

### CONCLUSÕES

Em função dos modelos de estimativa de horas de frio analisados para os meses de abril a outubro em Santa Maria, RS, pode-se concluir que:

- 1- Os modelos exponenciais, logarítmicos e de regressão cúbica e quártica não se mostram adequados para a estimativa de horas de frio diárias.
- 2- Não é adequado usar isoladamente as temperaturas das 9 h, 21 h, máxima ou mínima na estimativa de horas de frio.
- 3- O modelo analítico é o mais preciso para estimar horas de frio abaixo de  $13,0^{\circ}\text{C}$  e o mais adequado para estimar horas de frio com temperatura menor do que  $7,0^{\circ}\text{C}$ .
- 4- Para os dias nos quais se dispõe apenas dos dados de temperatura máxima e mínima é mais adequado o uso dos modelos de regressão de 1º grau, modelo geral  $\text{HF} < \text{TB} = a + bT_m + cR_A$ , ou quadrática, modelos gerais  $\text{HF} < \text{TB} = a + bR_A + cR^2$ ,  $\text{HF} < \text{TB} = a + bT_m + cR_A + dR_A^2$  e  $\text{HF} < \text{TB} = a + bT_m + cR_A + dT_m^2$ , específicos para cada mês.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (89 DISME), que franqueou os dados meteorológicos, ao Prof. Dr. Claudio Lovato, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa

Maria, pela versão inglesa do resumo, e aos Professores Wilson Manara e Ione A. B. Pignataro, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, pelas críticas e sugestões apresentadas.

#### LITERATURA CITADA

1. ABBOTT, D.L. The effect of four controlled winter temperatures on the flowering and fruiting of the apple. *J. Hort. Science*, 37: 272-84, 1962.
2. ANGELOCCI, L.R.; CAMARGO, M.B.P. de; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A. & ALFONSI, R.R. Estimativa de total de horas abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias da temperatura do ar. *Bragantia*, 38(4):27-36, 1979.
3. ARON, R.H. A method for estimating the number of hours below a selected temperature threshold. *Journal of Applied Meteorology*, 14(8):1415-8, 1975.
4. BROWN, D.S. The relation of temperature to the growth of apricot flower buds. *Am. Soc. For. Hort. Science*, 75:138-47, 1959.
5. CHANDLER, W.H.; KIMBALL, M.H.; PHILIP, G.L.; TUFTS, W.P.; WELDON, G.P. Chilling requirements for opening of buds on deciduous trees and some other plants in California. *Calif. Agric. Exp. Station Bulletin*, 611:1-63, 1937.
6. DAMARIO, E.A. Carta estimada de horas de frio de la República Argentina. *Rev. de la Facultad de Agron. y Veterinaria de Buenos Aires*, 17(2):25-38, 1969.
7. DOWLER, W.L. & KING, F.D. Seasonal changes in starch and soluble sugar content of dormant peach tissues. *Am. Soc. Hort. Science*, 89:80-4, 1966.
8. EAGLES, C.F. & WAREING, P.F. The role of growth substances in the regulation of bud dormancy. *Physiologia Plantarum*, 17:697-709, 1964.
9. EREZ, A. & LAVEE, S: The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds I. Temperature. *Proc. Am. Soc. for Hort. Science*, 96:711-4, 1971.
10. FERREIRA, A.A. *Estudo da viabilidade técnico-econômica da fruticultura de clima temperado no Estado de Minas Gerais*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1975. 128p. (Tese de Mestrado).
11. GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. 5. ed. São Paulo, Livraria Nobel, 1973. 430p.
12. GUIDONI, A.L.; FEITOSA, L.R. QUEZADA, F.S. & AZEVEDO, J.M. de. Estimativa de horas de frio abaixo de 70°C no Estado do Espírito Santo. *Pesq. Agropec. Brasileira*, 17(12): 1695-700, 1982.
13. HENDERSHOTT, C.H. & WALKER, D.R. Seasonal fluctuation in quantity of growth substances in resting peach flower buds. *Proc. Amer. Hort. Sci.*, 72:121-9, 1959.
14. HENDERSHOTT, C.H. & WALKER, D.R. Identification of a growth inhibitor from extracts of dormant peach flower buds. *Science*, 130:798-9, 1959.

15. HIGDON, R.J. The effects of insufficient chilling on peach varieties in South Carolina in de winter of 1948-49. *Proc. Am. Soc. For Hort. Science*, 55:236-8, 1950.
16. LEDESMA, N.R. Consecuencias del frio invernal insuficiente en los arboles de follage caduco. *Rev. de la Facultad de Agronomia de La Plata*, 27(2):181-96, 1950.
17. LEWIS, L.N. & BAKHSHI, J.C. Interactions of indolacetic acid and gibberellic acid in leaf abscission control. *Plant Physiolog*, 43: 351-8, 1968.
18. MARKUS, R. Um estudo estatístico dos invernos de Porto Alegre em relação às exigencias de frio das frutíferas de clima temperado. *Rev. Agronômica*, 16:231-48, 1952.
19. MOTA, F.S. da. Os invernos de Pelotas - RS, em relação às exigências das árvores frutíferas de folhas caducas. Pelotas-RS, Instituto Agronômico do sul, 1957. 38p. (Boletim Técnico, 18).
20. PASCALE, A. J. & ASPIZAÚ, C. Régimen de horas de frio durante el invierno en Buenos Aires. *Rev. de la Facultad de Agr. y Vet. de Buenos Aires*, 16(2):62-82, 1965.
21. PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; RIGITANO, O.; ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S. & BRUNINI, O. Estimativa de horas de frio abaixo de 7 e de 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo. *Bragantia*, 38(13):123-30, 1979.
22. PETRI, J. L. & PASQUAL, M. Quebra da dormência em macieira, Florianópolis, EMPASC, 1982. 54 p. (Boletim Técnico, 18).
23. RICHARDSON, E. A.; SEELEY, S.D. & WALKER, D.R. A model for estimating the completion of rest for "Redaven" and "Elberta" peach trees. *Hortic. Science*, 9:331-2, 1974.
24. ROSS, J.D. & BRADBEER, J.W. Concentrations of gibberellin in chilled hazel seeds. *Nature*, 220:85-6, 1968.
25. SAMISH, R. M. Dormancy in woody plants. *An. Rev. of Plant Physiology*, 5: 183-201, 1954.
26. TABUENCA, M. C. Influência del clima en plantaciones frutales. *Bul. Consejo superior de Investigaciones Científicas*, 8:55-63, 1965.
27. TABUENCA, M. C. Variaciones en la concentración de hidratos de Carbono en Árboles Frutales durante los períodos de reposo invernal y latencia. *An. Aula Dei*, 10:725-43, 1969.
28. TABUENCA, M.C. Duración del período de reposo a distintas temperaturas y evaluación de las necesidades de frio variedades de albaricoquero y almendro. *An. Aula Dei*, 14(3/4):519-31, 1979.
29. WEINBERGER, J.H. Prolonged dormancy trouble in peaches in the southeast in relation to winter temperature. *Proc. Am. Soc. for Hort. Science*, 67:107-12, 1956.
30. WEINBERGER, J.H. Some temperature relations in natural breaking of the rest of peach flower buds in the San Joaquin Valley, California. *Am. Soc. for Hort Science*, 91:84-9, 1967.