

## Estimativa de Horas de Frio para as Regiões da Serra do Sudeste e da Campanha no Rio Grande do Sul

*Marcos Silveira Wrege<sup>1</sup>*  
*Flavio Gilberto Herter<sup>1</sup>*  
*Carlos Reisser Júnior<sup>1</sup>*  
*Silvio Steinmetz<sup>1</sup>*  
*André Vasconcelos Costa<sup>2</sup>*  
*Geraldo Chavarria<sup>3</sup>*  
*Ivan dos Santos Pereira<sup>4</sup>*

### Introdução

As regiões da Campanha e da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul apresentam grande potencial agrícola, com extensões de terras pouco ocupadas e de clima temperado, favorável ao desenvolvimento da rizicultura irrigada, da silvicultura, da fruticultura de clima temperado e dos citros de mesa, entre outras espécies.

Para apoiar ações na fruticultura e no setor florestal da região, iniciou-se um monitoramento das horas de frio, com o propósito de informar aos pesquisadores e aos produtores as condições meteorológicas no outono e no inverno de cada ano, período importante para o acúmulo do frio necessário às plantas de clima temperado, porém com grande probabilidade de ocorrência de geadas. O frio é necessário às plantas adaptadas a esta região, para que produzam em quantidade e com qualidade. No caso de frutíferas, na fase de florescimento, no entanto, não deve haver geada, que pode causar perda da flor e dos frutos, embora muitas vezes não prejudique a planta. Na implantação de uma comunidade florestal, em virtude da muda ser sensível ao frio, não pode haver baixas temperaturas. Os objetivos deste trabalho são

apresentar as horas de frio abaixo de 7,2°C para quatro locais da Metade Sul do Rio Grande do Sul, calcular regressões que permitem estimar valores para outros locais situados entre as quatro áreas e estabelecer a correlação entre quatro estações de dados meteorológicos, três com série curta de dados de horas de frio e uma com série longa, buscando simular valores para períodos anteriores nas três localidades onde se situam as estações com séries curtas de dados.

### Material e Métodos

Foram instaladas, em 2001, três estações de coleta automática de dados meteorológicos nos municípios de Pinheiro Machado, Bagé e Santana do Livramento, situados na Serra do Sudeste e na Região da Campanha do Rio Grande do Sul. As estações foram programadas para fazer medições a cada 15 segundos e armazenar os dados médios a cada uma hora, registrando dados de temperatura, de precipitação pluvial, radiação solar e umidade relativa. Com dados horários de temperatura, são calculadas as horas de frio abaixo de 7,2°C, acumulando o total no período de maio a setembro (Tabela 1), em cada ano, e o total

<sup>1</sup> Eng. Agrôn., Dr. Pesquisador da Embrapa Clima Temperado. Rod. BR 392, Km 78, Cx. Postal 403, CEP 96001-970. Pelotas-RS. E-mail: wrege@cpact.embrapa.br; herter@cpact.embrapa.br; reisser@cpact.embrapa.br; silvio@cpact.embrapa.br

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Elétrica da UCPel.

<sup>3</sup> Eng. Agrôn. Mestrando em Fruticultura da UFPel.

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia da UFPel.

mensal, de abril a outubro (Tabela 2). Foi feita uma correlação desses dados, entre as estações localizadas nos municípios relatados anteriormente, com dados da estação localizada em Pelotas, na Cascata (altitude de 190m acima do nível do mar), a fim de estimar valores para períodos anteriores à existência da série das estações, baseando-se nos dados da estação de Pelotas, cuja série é bem mais antiga (1954-2004). Para obter informações de horas de frio da região em outros pontos, diferentes aos das estações, foram geradas equações de regressão linear múltipla, com dados de altitude, latitude e longitude.

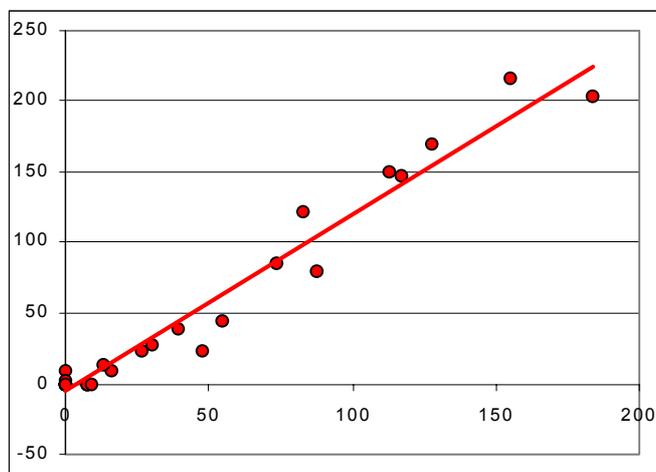
## Resultados e Discussão

Foi estabelecida a correlação das horas de frio entre as estações de Bagé (Figura 1), Pinheiro Machado (Figura 2) e Santana do Livramento (Figura 3) com Pelotas, usando todos os dados acumulados mensais dos anos existentes (2001 a 2003).

Para obter dados de Bagé a partir de dados de Pelotas, para um mesmo período, deve-se usar a equação da Figura 1, que correlaciona dados de Bagé (eixo Y) com dados de Pelotas (eixo X):

Onde: Y são os valores obtidos para Bagé; X são os dados de Pelotas.

$$Y = 1,2457X - 4,0526 \quad r = 0,98$$

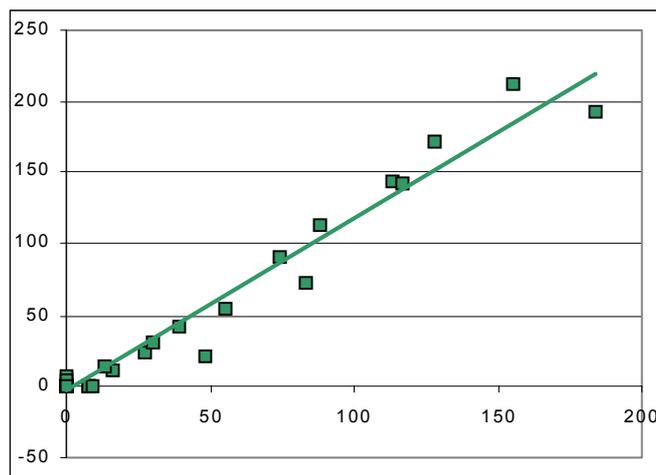


**Figura 1.** Correlação das horas de frio abaixo de 7,2°C entre as estações situadas nos municípios de Bagé (eixo Y) e de Pelotas (eixo X).

Para obter dados de Pinheiro Machado a partir de dados de Pelotas, para um mesmo período, deve-se usar a equação da Figura 2, que correlaciona dados de horas de frio de Pinheiro Machado (eixo Y) com dados de Pelotas (eixo X):

$$Y = 1,2098X - 3,0251 \quad r = 0,98$$

Onde: Y são os valores obtidos para Pinheiro Machado; X são os dados de Pelotas.

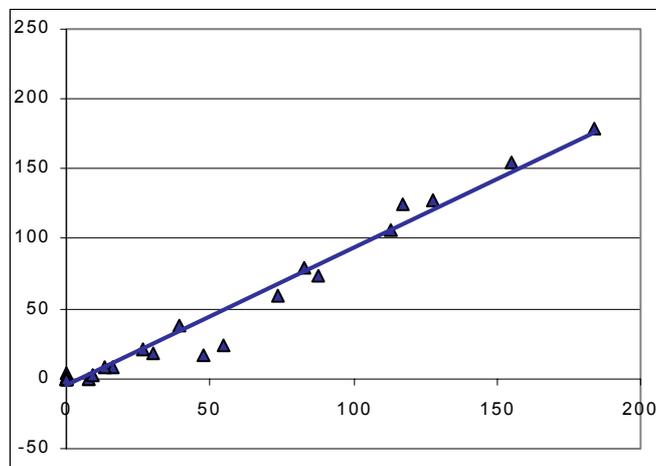


**Figura 2.** Correlação das horas de frio abaixo de 7,2°C entre as estações situadas nos municípios de Pinheiro Machado (eixo Y) e de Pelotas (eixo X).

Para obter dados de Santana do Livramento a partir de dados de Pelotas, para um mesmo período, deve-se usar a equação da Figura 3, que correlaciona dados de horas de frio de Santana do Livramento (eixo Y) com dados de Pelotas (eixo X):

$$Y = 0,9761X - 3,8817 \quad r = 0,99$$

Onde: Y são os valores obtidos para Santana do Livramento; X são os dados de Pelotas.



**Figura 3.** Correlação das horas de frio abaixo de 7,2°C entre as estações situadas nos municípios de Santana do Livramento (eixo Y) e de Pelotas (eixo X).

A Tabela 1 apresenta os dados de horas de frio abaixo de 7,2°C, acumuladas de maio a setembro, para Pinheiro Machado, Bagé, Santana do Livramento e Pelotas, com a localização geográfica e a altitude. A altitude, para esta escala regional, tem um papel muito importante na quantidade de frio acumulado, sendo o que mais influencia na ocorrência de temperaturas baixas e está relacionada também à ocorrência de geadas. A Tabela 2 apresenta as horas de frio abaixo de 7,2°C acumuladas mensalmente, nos

meses de abril a outubro, considerando o período de junho de 2001 a novembro de 2003 para Pinheiro Machado, Bagé e Santana do Livramento.

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas e horas de frio acumuladas abaixo de 7,2°C, de maio a setembro, para as estações meteorológicas nos municípios de Pinheiro Machado, Bagé, Santana do Livramento e Pelotas-RS.

Municípios	Latitude	Longitude	Altitude	Horas de frio
Pinheiro Machado	31° 36' 17"	53° 19' 53"	399	460
Bagé	31° 14' 15"	53° 58' 33"	363	459
Santana do Livramento	30° 48' 30"	55° 22' 39"	200	357
Pelotas (Cascata)	31° 37' 16"	52° 31' 40"	190	403

**Tabela 2.** Horas de frio acumuladas abaixo de 7,2°C, para os meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, para as estações meteorológicas nos municípios de Pinheiro Machado, Bagé, Santana do Livramento e Pelotas-RS (junho/2001 a novembro/2003).

Municípios	Horas de frio < 7,2°C (mÉdia de 2001 a 2003)						
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembr	Outubro
Pinheiro Machado	8	12	103	152	109	84	13
BagÉ	7	11	121	155	109	63	12
Sant. do Livramento	5	12	99	119	77	50	8
Pelotas (Cascata)	8	18	102	119	92	72	13

A Tabela 3 apresenta parâmetros de equações de regressão (*equação (1)*), elaboradas para cada mês e anualmente, que estimam horas de frio abaixo de 7,2°C, tornando possível estimar valores para outros locais na área de abrangência das quatro estações na Metade Sul do Rio Grande do Sul. A metodologia para estimativa de valores por regressão foi descrita por WREGGE et al (2000), PINTO et al. (1972), ROBERTSON e RUSSELO (1968).

**Tabela 3.** Parâmetros da equação de regressão linear múltipla para horas de frio abaixo de 7,2°C para os meses de abril a outubro e acumulado anual de maio a setembro, para a região de Pinheiro Machado, Bagé, Santana do Livramento e Pelotas (Cascata).

Período	$\alpha$	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
Abril	-151,82	-4,61	-0,26	-0,00065
Maio	-38,79	-3,39	0,88	-0,02265
Junho	6437,97	134,65	40,09	0,14666
Julho	3071,62	63,37	18,86	0,22541
Agosto	2737,58	50,71	20,38	0,15248
Setembro	-3748,70	-90,67	-18,15	-0,00279
Outubro	-431,20	-11,50	-1,48	0,01114
Anual (maio a setembro)	8459,68	154,67	62,07	0,49000

onde,

$$y = \alpha + \beta_0 x_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad \text{equação (1)}$$

$y$ : horas de frio abaixo de 7,2°C

$\alpha$ : constante

$\beta_0$ : coeficiente da latitude ( $x_0$ )

$\beta_1$ : coeficiente da longitude ( $x_1$ )

$\beta_2$ : coeficiente da altitude ( $x_2$ )

A correlação das horas de frio com a altitude, a latitude e a longitude para os valores mensais, de abril a outubro, e para os valores anuais, acumuladas de maio a setembro, teve resíduo baixo, com  $r^2$  acima de 0,99 para todos os meses. Esse valor de correlação se deve ao número pequeno de estações envolvidas (apenas quatro).

As regressões podem ser utilizadas, cumulativamente, nas seguintes condições, fora das quais não são indicadas, por não haverem representações fora destes locais:

Latitude: entre 30° 48' 30"S e 31° 37' 16"S e

Longitude: entre 52° 31' 40"W e 55° 22' 39"W e

Altitude: entre 190 e 399 metros.

Para obter os dados de horas de frio, é necessário informar os dados de latitude e de longitude com valores negativos e com graus decimais. Por exemplo, para o município de Pinheiro Machado, temos a latitude de -32,60, a longitude de -53,33 e a altitude de 399 metros, correspondendo a 31°36'17"S e a 53°19'53"W, conforme consta na Tabela 1. Substituindo esses valores na *equação (1)* teremos 460 horas de frio. É possível, através das regressões, estimar valores de horas de frio acumuladas para os meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, além das horas de frio acumuladas no ano, para os meses de maio a setembro, na área de abrangência dessas estações, ou seja, nas condições de latitude, longitude e altitude citadas anteriormente.

Foi feito o monitoramento das horas de frio, obtendo-se os seguintes resultados, constantes na Tabelas 4. Observa-se que, à medida que ocorre redução de altitude, há diminuição do acúmulo de horas de frio, tendo em vista a alta correlação que existe entre altitude e temperatura. Como as estações estão situadas próximas entre si, as diferenças que ocorrem de horas de frio são, praticamente, devidas à altitude.

A diferença dos dados de horas de frio entre os anos é grande, mesmo para a série de dados com apenas 3 anos de histórico, o que pode ser causa de instabilidade de produção de um ano para outro.

**Tabela 4.** Horas de frio medidas abaixo de 7,2°C, acumuladas mensalmente e de maio a setembro, nas estações automáticas localizadas em quatro municípios do Rio Grande do Sul em 2001, 2002 e 2003.

Meses / Estações	Pinheiro Machado			Bagé			Santana do Livramento			Pelotas		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Abril	-	12	4	-	10	3	-	8	2	-	16	0
Maio	-	0	25	-	0	23	-	3	22	-	9	27
Junho	74	192	42	121	203	39	80	178	38	83	184	39
Julho	171	144	142	170	149	147	127	106	125	128	113	117
Agosto	22	92	212	24	86	216	17	60	154	48	74	155
Setembro	55	95	113	45	100	80	24	53	75	55	0	88
Outubro	0	8	32	0	9	28	0	4	19	8	0	30
Novembro	0	0	15	0	0	14	0	0	8	8	0	13
Total	322	523	534	360	538	505	248	400	414	314	380	426

## Conclusões

É possível estimar valores de horas de frio abaixo de 7,2°C para períodos anteriores (1954-2001) nas estações localizadas nos municípios de Pinheiro Machado, Bagé e Santana do Livramento, a partir de dados de Pelotas-RS, com boa precisão, possibilitando formar um banco de dados históricos com valores estimados para estes municípios.

É possível estimar valores de horas de frio abaixo de 7,2°C para qualquer região entre os municípios de Pinheiro Machado, Bagé, Santana do Livramento e Pelotas, ou seja, entre a latitude de 30° 48' 30"S e 31° 37' 16"S e longitude entre 52° 31' 40"W e 55° 22' 39"W e altitude entre 190 e 399 metros, para o período acumulado de maio a setembro ou para os meses de abril a outubro, com boa precisão, com dados de altitude, latitude e de longitude.

As diferenças de temperatura e de horas de frio entre as estações, para um mesmo ano, são devidas às diferenças de altitude.

Existe uma grande variabilidade das horas de frio entre os anos.

Todas estas informações serão úteis para se fazer uma caracterização climática futura da região, com maior nível de detalhamento.

## Bibliografia

PINTO, H.S.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função de altitude e latitude. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1972, 20p. (Caderno de Ciências da Terra, 23).

ROBERTSON, G.W.; RUSSELO, D.A. Freezing temperature risk calculations: systems analysis and computer program. Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Research Branch, Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada. Tech. Bull. 60, 1968. 31p.

WREGG, M.S., CARAMORI, P.H., GONÇALVES, S.L., MARUR, C.J., ALMEIDA, W.P., PIRES, J.R., YAMAOKA, R.S. Cotton zoning based on sowing periods of lower risk in Parana State, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v.43, n.1, p.71-79, 2000.

## Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem à FINEP pelo apoio financeiro e à Japan International Cooperation Agency (JICA) pelas estações meteorológicas automáticas, localizadas nos municípios de Pinheiro Machado, Bagé e Santana do Livramento- RS.

### Comunicado Técnico, 102



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Clima Temperado**  
 Endereço: Caixa Postal 403  
 Fone/fax: (53) 275 8199  
 E-mail: sac@cpact.embrapa.br

1ª edição  
 1ª impressão 2004: 100 exemplares

### Comitê de publicações

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro  
 Secretário-Executivo: Joseane M. Lopes Garcia  
 Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Ligia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Vernetti Azambuja, Cláudio José da Silva Freire, Luis Antônio Suita de Castro. **Suplentes:** Daniela Lopes Leite e Luis Eduardo Corrêa Antunes  
 Revisão de texto: Sadi Sapper / Ana Luiza Barragana Viegas

### Expediente

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos  
 Editoração eletrônica: Oscar Castro