



Regime anual e estacional de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul

Ronaldo Matzenauer^{1,2}, Aristides Câmara Bueno¹, Jaime Ricardo Tavares Maluf³, Marcos Silveira Wrege⁴, Denílson Ribeiro Viana⁵, Márcia dos Santos⁵ e Laurie Fofonka Cunha⁵

Resumo - Determinou-se o regime anual e estacional de horas de frio nas diferentes regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul, para temperaturas do ar abaixo de 7°C e 10°C, durante o período de 1956 a 2003. O número total de horas de frio durante o ano variou de 121 horas na região do Baixo Vale do Uruguai a 487 horas na região do Planalto Superior – Serra do Nordeste, para a temperatura abaixo de 7°C. Para a temperatura abaixo de 10°C, o regime anual variou de 387 a 1.114 horas, respectivamente nas mesmas regiões. O inverno, com maior número de horas de frio, apresentou uma variação de 100 a 337 horas de frio abaixo de 7°C, e de 296 a 682 horas abaixo de 10°C, respectivamente nas regiões do Baixo Vale do Uruguai e Planalto Superior – Serra do Nordeste. Os resultados comparativos de horas de frio nas estações de outono e primavera foram semelhantes nas diferentes regiões ecoclimáticas. No verão foi verificado um baixo número de horas de frio, e apenas para temperatura abaixo de 10°C.

Palavras-chave: agroclimatologia, regime térmico, clima.

Annual and seasonal regimen of chilling hours in Rio Grande do Sul State, Brazil

Abstract - It was determined annual and seasonal regimen of chilling hours below 7°C and 10°C in different climatic regions, in Rio Grande do Sul State, Brazil, between years of 1956 and 2003. The annual chilling hours varied from 121 hours in region of Baixo Vale do Uruguai, to 487 hours in Planalto Superior – Serra do Nordeste for temperature below 7°C. For temperature below 10°C, annual regimen of chilling hours varied from 387 hours to 1114 hours, respectively, in the same regions. In the winter, the chilling regimen varied from 100 to 337 hours for temperature below 7°C, and from 296 to 682 hours for temperature below 10°C, respectively in the regions of Baixo Vale do Uruguai and Planalto Superior – Serra do Nordeste. The comparative results of autumn and spring, show similar regimen of chilling hours in different regions. In the summer, were verified low values of chilling hours, and only for temperature below 10°C.

Key words: agroclimatology, thermal regimen, climate.

¹ Engenheiro. Agrônomo, pesquisador do Centro de Meteorologia Aplicada da FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, Bairro Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre, RS.

² Bolsista do CNPq. E-mail: ronaldo-matzenauer@fepagro.rs.gov.br

³ Engenheiro Agrônomo, pesquisador convidado da FEPAGRO, Centro de Meteorologia Aplicada.

⁴ Engenheiro. Agrônomo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado. Caixa Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS.

⁵ Estudante de Geografia da UFRGS, Bolsista do Centro de Meteorologia Aplicada da FEPAGRO.

Recebido para publicação em 01/11/2006



Introdução

A temperatura do ar é um elemento meteorológico fundamental na determinação da distribuição das espécies vegetais na superfície da Terra. Além disso, afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo responsável pela ativação de diversos processos fisiológicos dos vegetais. Algumas espécies frutíferas apresentam um período de repouso no qual as plantas paralisam o crescimento. Esta condição fisiológica é interrompida por períodos de exposição a baixas temperaturas, o que caracteriza este tipo de espécie como criófilas. A exigência em frio para quebrar este período de repouso invernal é variável entre espécies e cultivares.

Em algumas regiões de clima temperado e nas regiões de clima subtropical, sujeitas a invernos amenos, o frio pode ser insuficiente para provocar a quebra natural da dormência de alguns cultivares de espécies criófilas e, em decorrência, podem se manifestar diversas anomalias fisiológicas e fenológicas. Do ponto de vista agrônomo, as conseqüências mais drásticas da insuficiência do frio invernal resultam na diminuição da qualidade e da quantidade da produção de frutos (PEDRO JÚNIOR et al., 1979) e na diminuição do vigor e da longevidade da planta (LEDESMA, 1950).

O conhecimento do regime de horas de frio nas diferentes regiões ecoclimáticas (MALUF e CAIAFFO, 2001) é, portanto, de grande importância na avaliação da aptidão agrícola dos diferentes climas. Como o Estado do Rio Grande do Sul se encontra entre os paralelos 27° e 34° de latitude Sul, e 49° e 58° de longitude oeste, com regiões de altitudes superiores a 1.000 m, apresenta condições favoráveis ao cultivo de fruteiras de clima temperado. A quantificação das horas de frio e a identificação das regiões com maior potencial ao cultivo de espécies frutíferas em termos de exigência em frio possibilitam, além da identificação de novas áreas, o aperfeiçoamento dos trabalhos de zoneamentos agroclimáticos das diversas espécies, bem como o melhor aproveitamento das áreas favoráveis ao cultivo.

Conceitualmente, entende-se por horas de frio o somatório do número de horas iguais ou inferiores a um determinado valor de temperatura. Este somatório é característico para cada espécie e cultivar para cumprir o repouso invernal (MOTA, 1992). De acordo com Pascale e Aspiazu (1965), computa-se o resfriamento para as fruteiras de clima temperado como o acúmulo de horas de frio, quando a temperatura do ar decresce de um nível térmico estabelecido aos 7°C. O valor de 7°C é utilizado 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 agroclimático das disponibilidades de frio. Entretanto, diversos trabalhos têm demonstrado que temperaturas superiores a

7°C também são eficientes para a quebra de dormência de algumas espécies de frutíferas criófilas.

Diversos pesquisadores determinaram o regime de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. Mota et al. (1974) estimaram o número de horas de frio efetivas inferiores a 7,2°C. Didoné et al. (1987) calcularam, a partir de gráficos do termógrafo, para o período 1970-79, o número de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, para os períodos maio-agosto e maio-setembro, para dezenove localidades do Rio Grande do Sul. Matzenauer et al. (2005) ampliaram e atualizaram o trabalho realizado por Didoné et al. (1987), aumentando a série histórica e o número de localidades analisadas. Mota (1992) publicou outro trabalho, no qual as horas de frio foram estimadas a partir de equações de regressão entre as horas de frio e a temperatura do mês mais frio. Damario et al. (1999) estimaram a disponibilidade de horas de frio para o Estado do Rio Grande do Sul, utilizando a metodologia de Damario et al. (1998), que utiliza a temperatura mínima média mensal de maio a setembro e a temperatura mínima média anual. Wrege et al. (2003) elaboraram o mapeamento do acúmulo de horas de frio do período de maio a setembro, no Rio Grande do Sul, disponibilizando um maior detalhamento espacial dos dados. Todos os trabalhos apresentados identificam com semelhança as regiões mais frias do estado. No entanto, os valores do número de horas de frio divergem entre si devido, provavelmente, às diferenças na metodologia utilizada. Nenhum dos trabalhos citados avaliou o regime de horas de frio nos demais meses do ano, considerando que o maior acúmulo de frio acontece no período de maio a setembro. Ocorre que a determinação das horas de frio em outros períodos do ano pode ser importante para a realização de outros trabalhos e, além disso, a caracterização nas diferentes estações do ano e do regime total anual, pode ser uma informação útil em estudos agroclimatológicos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar, através da análise de termogramas de uma série histórica longa, o regime anual e estacional de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Para a determinação do regime anual e estacional das horas de frio com temperaturas abaixo de 7°C e 10°C, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul (MALUF e CAIAFFO, 2001), foram cotados termogramas de 26 localidades do Estado do Rio Grande do Sul, obtidos no arquivo do Banco de Dados Meteorológicos pertencente ao Centro de Meteorologia Aplicada, da Fundação Estadual de Pesquisa agropecuária – FEPA-GRO/SCT-RS. Os locais, a localização geográfica e os períodos avaliados no trabalho estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 - Localidades onde foram determinadas as horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul e períodos avaliados.

Localidade	Região Ecoclimática	Coordenadas Geográficas			Período
		Altitude (m)	Latitude (graus e décimos)	Longitude (graus e décimos)	
Alegrete *	Campanha	130	-29,81	-55,85	1970-1998
Bagé	Campanha	175	-31,39	-53,93	1960-1989
Cachoeirinha	Depressão Central	5	-29,95	-51,12	1975-2003
Caxias do Sul	Serra do Nordeste	840	-29,14	-50,99	1985-2003
Cruz Alta	Planalto Médio	430	-28,60	-53,67	1973-1990
Encruzilhada do Sul	Serra do Sudeste	410	-30,55	-52,41	1958-2003
Erechim	Planalto Médio	760	-27,66	-52,31	1966-2003
Farroupilha	Serra do Nordeste	680	-29,20	-51,34	1963-2003
Guaíba	Depressão Central	50	-30,09	-51,67	1968-1993
Ijuí	Missioneira	280	-28,44	-54,00	1970-2003
Jaguarão	Grandes Lagoas	20	-32,55	-53,39	1970-1979
Júlio de Castilhos	Planalto Médio	490	-29,18	-53,69	1956-2002
Maquiné	Litoral	25	-29,66	-50,21	1958-2001
Passo Fundo	Planalto Médio	690	-28,23	-52,40	1970-1979
Quarai	Campanha	100	-30,39	-56,48	1977-2003
Rio Grande	Litoral	5	-32,00	-52,30	1956-1994
Santa Maria	Depressão Central	125	-29,67	-53,91	1963-1998
Santa Rosa	Médio Vale do Uruguai	330	-27,86	-54,45	1981-2003
Santana do Livramento **	Campanha	205	-30,87	-55,43	1966-2003
São Borja	Baixo Vale do Uruguai	90	-28,69	-55,96	1956-2003
São Gabriel	Depressão Central	120	-30,33	-54,26	1963-2003
Soledade	Planalto Médio	530	-28,82	-52,48	1973-1998
Taquari	Depressão Central	65	-29,79	-51,83	1963-2003
Uruguiana	Campanha	80	-29,84	-57,08	1963-2002
Vacaria	Planalto Superior	915	-28,45	-50,95	1966-1994
Veranópolis	Serra do Nordeste	705	-28,89	-51,54	1956-2003

* Fechada no período 1987-1994. ** Fechada no período 1982-1998.

Este trabalho apresenta uma complementação do estudo realizado por Matzenauer et al. (2005), os quais determinaram as horas de frio no Rio Grande do Sul abaixo de 7°C e 10°C, para os períodos maio-agosto e maio-setembro. Neste trabalho, foi determinado o regime de horas de frio nos demais meses do ano (outubro a abril), fazendo-se o cálculo anual e estacional das horas de frio para as diferentes regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul (MALUF e CAIAFFO, 2001). O trabalho surgiu a partir de uma demanda de pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, visando o estudo das horas de frio nos demais meses do ano, para a identificação de áreas para a produção de mudas de morangueiro. Foram cotados termogramas do período 1956 a 2003 disponíveis no Banco de Dados, variando o mesmo entre locais, de acordo com cada série disponível, conforme apresentado na Tabela 1.

Para cada local e para cada nível de temperatura (< 7°C e < 10°C) realizaram-se os seguintes procedimentos:

1 – Calculou-se a média de horas de frio em cada dia do período compreendido entre 01 de outubro a 30 de abril. Os dados de 01 de maio a 30 de setembro foram os computados no trabalho de Matzenauer et al. (2005). Essa média foi obtida em relação à série de dados existentes.

Não foram estimados valores para dias com dados ausentes (sem registro). Portanto, o número de observações que geraram a média de horas de frio diária é diferente entre os dias do período.

2 – Calculou-se a soma de horas de frio de cada mês (Tabela 2).

3 – Calculou-se a soma de horas de frio de cada estação do ano e o total anual (Tabela 3).

Esta metodologia permitiu, portanto, a obtenção de valores reais de horas de frio, já que em estimativas a partir de funções matemáticas sempre ocorre um erro. Os dados foram espacializados, utilizando-se o programa Surfer 6.0.

A complementação do trabalho para todos os meses e nas diferentes estações do ano, bem como nas diferentes regiões ecoclimáticas, permite a obtenção de dados completos do regime de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul, podendo ser utilizado em diversos estudos agroclimáticos que necessitem desta informação.

Resultados e discussão

O regime anual médio de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul foi de 320 horas considerando tempe-

raturas abaixo de 7°C e 785 horas para a temperatura abaixo de 10°C (Tabela 2). Os valores extremos nas diferentes regiões ecoclimáticas variaram de 121 horas na região do Baixo Vale do Uruguai a 487 horas na região do Planalto Médio – Serra do NE, para temperatura abaixo de 7°C. Para a temperatura abaixo de 10°C, os valores variaram de 387 a 1114 horas respectivamente, nas mesmas regiões.

Além da região do Baixo Vale do Uruguai com o valor mais baixo de horas de frio, as regiões do Alto e Médio Vale do Uruguai, Litoral, Missioneira e Depressão Central, também apresentaram menores valores anuais de horas de frio. As regiões que apresentaram os maiores valores de horas de frio, além do Planalto Superior-Serra do Nordeste, foram a Campanha, Grandes Lagos, Planalto Médio e Serra do Sudeste. Os trabalhos realizados por Didoné et al. (1987) e Damario et al. (1999) também identificaram as mesmas regiões com maior ou menor regime de horas de frio no Rio Grande do Sul.

Para os resultados estacionais, verifica-se uma variação de zero no verão a 238 horas no inverno, para temperatura abaixo de 7°C na média estadual, sendo que para temperatura abaixo de 10°C os valores médios variaram de 3 horas no verão a 526 horas no inverno (Tabela 3). A estação de inverno apresentou o regime mais frio com 238 horas abaixo de 7°C e 526 horas abaixo de 10°C, representando, respectivamente, 74,4% e 67% do regime

anual de horas de frio. As estações de outono e primavera apresentaram valores iguais de 41 horas de frio abaixo de 7°C sendo semelhantes para temperatura abaixo de 10°C, respectivamente de 126 e 130 horas.

Nas Figuras de 1 a 8, estão espacializados os valores do número de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, para as estações de primavera, outono e inverno, e para o total anual. Para o verão os dados não foram espacializados, considerando o baixo número de horas de frio verificado na referida estação.

Conclusões

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta regiões ecoclimáticas com grande variabilidade no regime de horas de frio.

Foram identificadas as regiões ecoclimáticas com maior potencial para o estabelecimento de fruteiras de clima temperado; as regiões com maior número de horas de frio são Planalto Superior – Serra do Nordeste, Planalto Médio, Região dos Grandes Lagos, Campanha e Serra do Sudeste.

A estação de inverno concentra cerca de 70% do regime anual de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul, sendo o restante distribuído de forma similar nas estações de outono e primavera.

Tabela 2 - Horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. Dados médios mensais e totais anuais.

Temperatura menor que 7°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Alto e Médio Vale do Uruguai	0	0	0	2	9	37	62	21	8	2	0	0	140
Baixo Vale do Uruguai	0	0	0	1	12	34	43	23	8	0	0	0	121
Campanha	0	0	0	8	38	101	109	64	34	6	1	0	360
Depressão Central	0	0	0	2	23	66	74	36	21	2	0	0	224
Litoral	0	0	0	1	19	58	62	44	19	4	1	0	206
Missioneira	0	0	0	4	24	62	70	33	21	3	0	0	217
Planalto Médio	0	0	1	7	38	94	104	64	40	8	1	0	356
Planalto Superior – Serra do NE	0	0	1	14	59	112	134	91	58	15	3	1	487
Região das Grandes Lagoas	0	0	0	11	37	98	112	63	41	9	1	0	372
Serra do Sudeste	0	0	0	1	23	68	78	55	28	5	1	0	259
Média global	0	0	0	7	34	85	96	58	33	7	1	0	320

Temperatura menor que 10°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Alto e Médio Vale do Uruguai	0	0	0	8	42	101	135	73	43	8	1	0	411
Baixo Vale do Uruguai	0	0	1	9	44	101	116	79	30	7	1	0	387
Campanha	0	0	4	34	104	205	218	159	96	30	7	1	858
Depressão Central	0	0	1	15	71	156	173	102	60	16	3	0	596
Litoral	0	0	1	12	65	134	139	125	60	21	6	1	563
Missioneira	0	0	2	16	68	132	158	102	62	18	3	0	561
Planalto Médio	0	1	5	30	104	200	214	157	108	35	8	1	862
Planalto Superior – Serra do NE	2	2	7	48	146	229	258	195	144	56	22	5	1114
Região das Grandes Lagoas	1	0	6	42	104	204	224	160	90	36	11	2	881
Serra do Sudeste	0	1	2	18	75	168	183	156	101	27	9	1	740
Média global	1	1	4	28	95	182	200	144	91	30	8	1	785

REGIME ANUAL E ESTACIONAL DE HORAS DE FRIO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Tabela 3 - Horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, nas quatro estações do ano, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

Temperatura menor que 7°C	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Alto e Médio Vale do Uruguai	0	11	120	10
Baixo Vale do Uruguai	0	13	100	8
Campanha	0	46	274	41
Depressão Central	0	25	176	23
Litoral	0	20	163	24
Missioneira	0	28	165	24
Planalto Médio	0	46	262	49
Planalto Superior – Serra do Nordeste	1	74	337	76
Região das Grandes Lagoas	0	48	273	51
Serra do Sudeste	0	24	201	33
Média global	0	41	238	41

Temperatura menor que 10°C	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Alto e Médio Vale do Uruguai	0	50	309	52
Baixo Vale do Uruguai	0	53	296	38
Campanha	2	142	581	133
Depressão Central	1	86	430	79
Litoral	1	78	398	87
Missioneira	0	86	392	83
Planalto Médio	2	138	571	151
Planalto Superior – Serra do Nordeste	9	201	682	222
Região das Grandes Lagoas	3	152	588	137
Serra do Sudeste	2	95	507	137
Média global	3	126	526	130

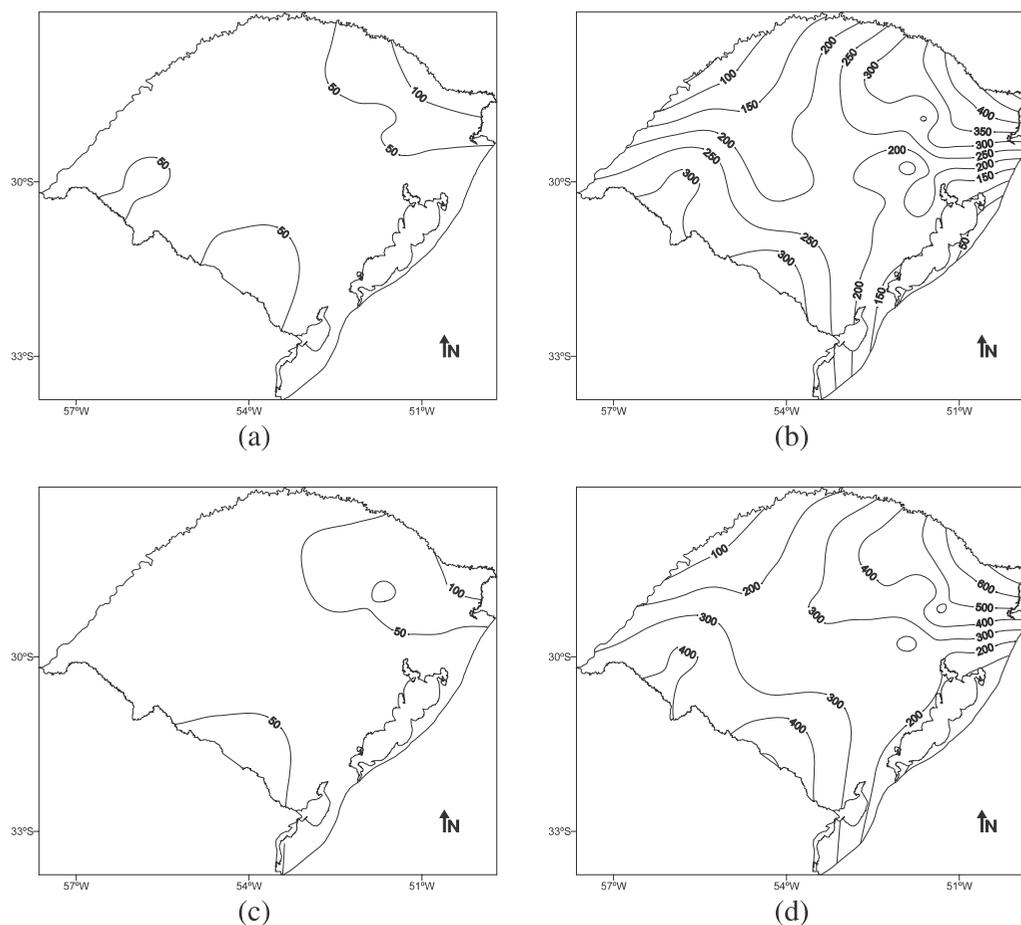


Figura 1 - Horas de frio abaixo de 7 °C no Rio Grande do Sul. Outono (a), inverno (b), primavera (c) e no ano(d).

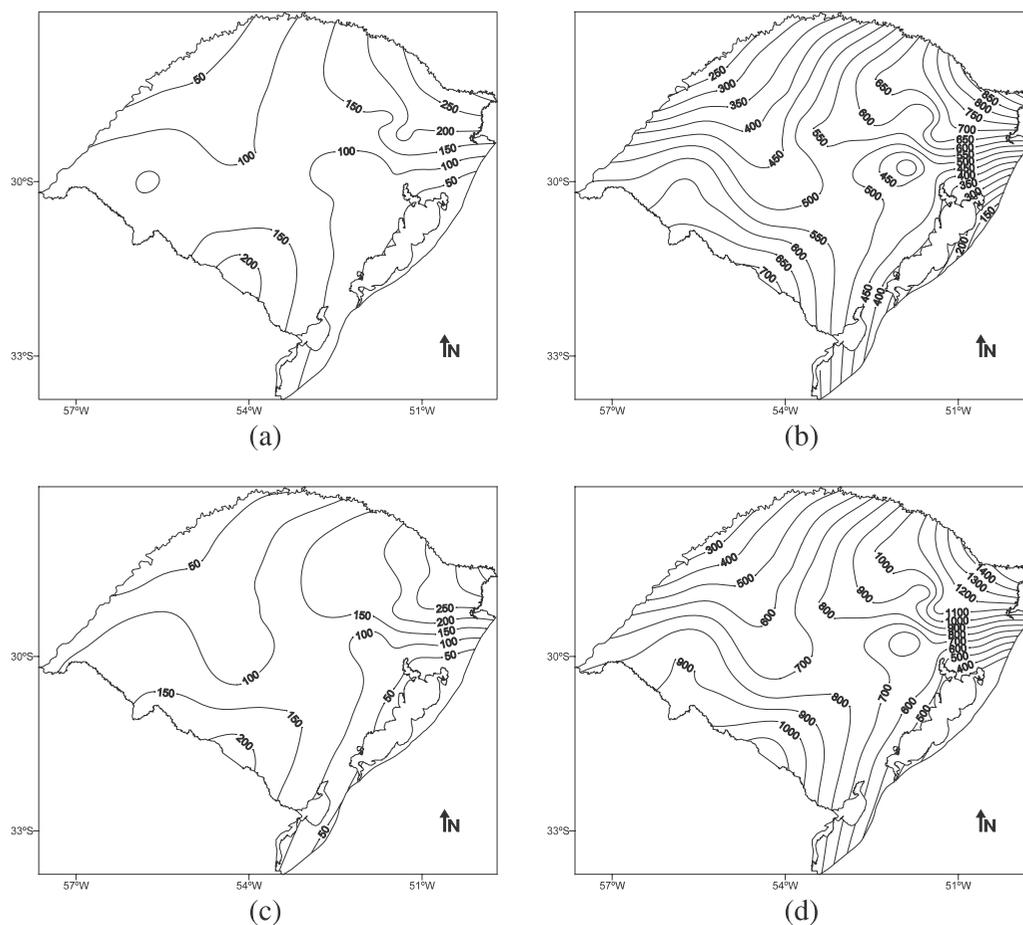


Figura 2 - Horas de frio abaixo de 10°C no Rio Grande do Sul. Outono (a), inverno (b), primavera (c) e no ano(d).

Referências

- DAMARIO, E.A.; PASCALE, A.J.; BUSTOS, C. Método Simplificado para la Estimación Agrometeorológica de “Horas de Frio” Anuales. **Revista da Faculdade de Agronomia**, Buenos Aires, v. 18, n. 1, p. 93-97, 1998.
- _____; _____. Disponibilidade de “Horas de Frio” em el Estado de Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11.; REUNIÃO LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI, 1999. p. 136-142. CD ROM.
- DIDONÉ, I.A.; BUENO, A.C.; GESSINGER, G.I.; MALUF, J.R.T.; STEIGLEDER, J.P.K. Regime de Horas de Frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 115-129, 1987.
- LEDESMA, N. R. Consecuencias del Frio Invernal Insuficiente em los Arboles de Follage Caduco. **Revista de la Facultad de Agronomia de La Plata**, La Plata, v. 27, n. 2, p. 181-196, 1950.
- MALUF, J.R.T.; CAIAFFO, M.R.R. Regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2001. p.151-152. Água e Agrometeorologia no Novo Milênio.
- MATZENAUER, R.; BUENO, A. C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DIDONÉ, I. A.; MALUF, J. R. T.; HOFMANN, G.; TRINDADE, J. K. da; STOLZ, Á. P.; SAWASATO, J. T.; VIANA, D. R. Horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1-2, p. 63-68, 2005.
- MOTA, F.S. Mapeamento de Horas de Frio para Indicação do Cultivo de Fruteiras Criófilas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 83-88, 1992.
- _____; BEIRSDORF, M.I.C.; ACOSTA, M.J.C.; MOTTA, M.A.; WESTPHALEN, S.L. **Zoneamento Agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Brasília: EMBRAPA, 1974. 15 p. Circular, n. 50.
- PASCALE, A.J.; ASPIAZU, C. Regimen de Horas de Frio Durante el Inverno en Buenos Aires. **Revista de la Facultad de Agronomia y Veterinaria de Buenos Aires**, Buenos Aires, v. 16, n. 2, p. 63-82, 1965.
- 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°C e de 13°C para Regionalização da Fruticultura de Clima Temperado no Estado do São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 13, p. 123-130, 1979.
- WREGE, M. S.; HERTER, F.G.; STEIMETZ, S. Mapeamento das Horas de Frio para Frutíferas de Clima Temperado no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003, p. 473-474.