

ISSN 0104-1347

Simulação do impacto do aquecimento global no somatório de horas de frio no Rio Grande do Sul

Simulation of the global warming impact on accumulated chilling hours in the State of Rio Grande do Sul, Brazil

Marcos Silveira Wrege¹, Flavio Gilberto Herter¹, Silvio Steinmetz¹, Carlos Reisser Júnior¹,
Ronaldo Matzenauer², Marilice Cordeiro Garrastazu¹

Resumo - A região Sul do Brasil é a mais adequada para cultivo de espécies frutíferas de clima temperado no país, em razão da ocorrência de baixas temperaturas durante o inverno. Nos últimos 50 anos, entretanto, tem havido aumento da temperatura do ar, principalmente da temperatura mínima. Isso tem trazido preocupação ao setor produtivo, que depende do frio, principalmente nos meses de maio a setembro, para produzir frutas de clima temperado nessa região. Esse trabalho foi realizado com o objetivo de simular o impacto da elevação da temperatura mínima do ar em 1°C, 3°C e 5,8°C sobre a ocorrência de horas de frio no Rio Grande do Sul. Os resultados indicaram que, com apenas 1°C de elevação da temperatura mínima do ar, a repercussão sobre as horas de frio seria muito grande, com impacto na área utilizável pela fruticultura. Essa situação pode ocorrer nos próximos dez anos. Aumentando-se a temperatura em 3°C, haveria redução da área apta à fruticultura de clima temperado, com necessidade de mudança das cultivares plantadas. Com o aumento de 5,8°C, não haveria mais aptidão para as cultivares plantadas atualmente, pois o somatório de horas de frio seria, praticamente, nulo em todo o Estado.

Palavras-chave: mudanças climáticas, fruticultura de clima temperado, exigências de frio, Sul do Brasil.

Abstract - The Southern Region of Brazil is the most suitable for growing temperate fruit trees in the country due to the low temperatures during the winter time. However, in the last 50 years, it has been observed an increase of air temperature. Consequently, chilling hours will reduce, and it will affect the temperate fruit trees production. The objective of this study was to simulate the impact of increasing minimum air temperatures by 1°C, 3°C and 5.8°C on the number of chilling hours in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. The results indicated that even with an increment of 1°C there would be a substantial decrease (33%) in the number of chilling hours. With an increment of 3°C, the reduction of chilling hours would be around 66% and with 5.8°C there would be practically not enough chilling hours for growing temperate fruit trees in the State of Rio Grande do Sul.

Key words: climate change, temperate fruit trees, chilling requirement, Southern Brazil.

Introdução

A região Sul do Brasil é a mais adequada para cultivo de espécies frutíferas de clima temperado exigentes em horas de frio, em razão da ocorrência de baixas temperaturas no período de maio a setembro. Nos últimos 50 anos, entretanto, tem havido elevação de temperatura, principalmente a temperatura mínima do ar, observado em algumas

regiões do globo (PENG et al., 2004; KAROLI et al., 2003). No Sul do Brasil, STEINMETZ et al. (2005) e MARENGO (2002) também têm observado essas mudanças devido à redução do número de frentes frias que chegam ao Sul do Brasil, diminuindo as horas em que a temperatura permanece abaixo de um limite crítico (horas de frio abaixo de 7,2°C), importante às espécies frutíferas de clima temperado. Isso tem trazido preocupação

¹ Pesquisador da Embrapa Clima Temperado. Rod. BR 369, Km 78, CEP 96.001-970 CP 403, Pelotas / RS. E-mail: wrege@cpact.embrapa.br

² Pesquisador da Fepagro, Porto Alegre / RS.

ao setor produtivo, que depende do frio para produzir frutas de clima temperado no Brasil, principalmente nos meses de maio a setembro.

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de simular o impacto do aquecimento global sobre a ocorrência de horas de frio no Rio Grande do Sul e suas conseqüências para a fruticultura de clima temperado.

Material e Métodos

Foram utilizados dados climáticos diários (1960-1990) de séries históricas (30 anos) de temperatura mínima em abrigo (Tabela 1), para 32 estações agrometeorológicas da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro) e do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8ºDISME/INMET) no Rio Grande do Sul, cobrindo geograficamente todo o Estado. Esses dados foram aplicados num modelo desenvolvido por DAMARIO et al. (1999), para estimar o número de horas de frio (abaixo de 7,2°C). Nesse caso, foram consideradas as horas de frio acumuladas de maio a setembro, período em que, normalmente, as espécies frutíferas de clima temperado encontram-se em dormência. A equação usada foi a seguinte:

$$Hf = 3929,91 - 54,86t_{min_{ms}} - 372,31t_{min_a} + 1,85t_{min_{ms}}^2 + 0,24t_{min_{ms}}^2 + 9,38t_{min_a}^2$$

sendo Hf o número anual de horas de frio, $t_{min_{ms}}$ a temperatura mínima média de maio a setembro e t_{min_a} a temperatura mínima média anual.

Sobre os dados de temperatura mínima diárias, foram somados os valores de 1°C, 3°C e 5,8°C, simulando situações em que haveria aumento de temperatura de 1°C, 3°C e 5,8°C, respectivamente, para os próximos 10, 50 e 100 anos. Esses novos valores de temperatura mínima foram aplicados sobre a equação anteriormente citada de horas de frio, calculando os valores ocorridos com as mudanças climáticas para os próximos 10, 50 e 100 anos.

A partir dos dados obtidos, foram feitos os mapas, através do programa de sistema de informações geográficas 'SPRING' (CÂMARA et al., 1996). Os mapas foram feitos sobre uma grade de pontos distanciados 90 metros um do outro (escala

1:250.000), usando o mapa de altitude do USGS (GTOPO30) (USGS, 1999) e mapas de latitude e longitude, relacionando as horas de frio com a altitude, a latitude e a longitude, para extrapolação dos valores, segundo as equações apresentadas a seguir (Tabela 2).

As tabelas 3 a 6 apresentam-se com os dados das análises de variância das equações de regressão das horas de frio atual e simuladas para as temperaturas atual+1°C, atual+3°C e atual+5,8°C. Todos os valores de F foram significativos ao nível de 5% de probabilidade e todos os coeficientes foram significativos.

Foram calculadas as áreas de 14 classes de horas de frio para a situação de temperatura mínima atual, atual+1°C, atual+3°C e atual+5,8°C. Para isso, converteram-se os mapas de coordenadas geográficas para coordenadas métricas (projeção UTM). Foram usados dois fusos UTM (Fuso 21 e Fuso 22), os quais recobrem o Estado do Rio Grande do Sul, calculando-se separadamente as áreas das classes para cada um dos fusos e somando-se as mesmas em seguida, para obter a área total de cada classe para o Estado.

Resultados e Discussão

Pode ser observado que, com apenas 1°C de aumento da temperatura mínima do ar, se comparado com a situação atualmente existente (Figura 1), a distribuição geográfica das horas de frio sobre o Rio Grande do Sul sofreria grande mudança, com as áreas de maior número de horas de frio (350 horas) diminuindo e as áreas de menor número de horas de frio aumentando (Figura 2). Na Tabela 7 podem ser observadas as áreas de cada classe de horas de frio atual com a simulação de cenários de aquecimento (atual+1°C, atual+3°C e atual+5,8°C).

Aumentando-se a temperatura mínima do ar em 3°C (Figura 3), as horas de frio sofreriam grande diminuição, de modo geral. Aumentariam as áreas com até 150 horas de frio e diminuiriam aquelas com mais de 150 horas. Considerando-se as cultivares atualmente usadas de espécies frutíferas no Rio Grande do Sul, haveria redução expressiva da área para produção de frutas de clima temperado no Rio Grande do Sul, principalmente das espécies com maior necessidade de frio. Nas regiões de maior

Tabela 1. Estações agrometeorológicas da Fepagro e do Inmet utilizadas para as simulações de aquecimento global e localizações geográficas.

Estação	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
Alegrete	29° 48' 55"	55° 50' 90"	130
Cachoeira	29° 57' 5"	51° 7' 42"	5
Caxias do Sul	29° 8' 52"	50° 59' 20"	840
Cruz Alta	28° 36' 18"	53° 40' 37"	430
Encruzilhada	30° 33' 17"	52° 24' 40"	410
Erechim	27° 39' 43"	52° 18' 30"	760
Farroupilha	29° 12' 13"	51° 20' 10"	680
Guaíba	30° 6' 6"	51° 40' 40"	50
Ijuí	28° 26' 27"	54° 00' 23"	280
Itaqui	29° 10' 7"	56° 33' 8"	50
Júlio de Castilhos	29° 10' 57"	53° 41' 32"	490
Marcelino Ramos	27° 28' 5"	51° 54' 32"	520
Montenegro	30° 00' 00"	52° 7' 00"	31
Osório	30° 29' 00"	51° 8' 00"	32
Passo Fundo	28° 14' 58"	52° 24' 18"	690
Pelotas	31° 31' 20"	52° 12' 6"	220
Quaraí	30° 23' 10"	56° 28' 53"	100
Rio Grande	32° 0' 10"	52° 18' 10"	5
Santa Maria	29° 40' 90"	53° 54' 90"	125
Santa Rosa	27° 51' 53"	54° 27' 53"	330
Santana do Livramento	30° 52' 33"	55° 25' 33"	205
Santo Ângelo	28° 16' 3"	54° 16' 3"	285
Santo Augusto	27° 50' 8"	53° 53' 8"	450
São Borja	28° 41' 57"	55° 58' 57"	90
São Gabriel	30° 20' 12"	54° 16' 12"	120
Soledade	28° 49' 20"	52° 29' 20"	530
Taquari	29° 47' 47"	51° 50' 47"	65
Uruguaiana	29° 50' 37"	57° 5' 37"	80
Vacaria	28° 27' 22"	50° 58' 22"	915
Veranópolis	28° 53' 30"	51° 32' 30"	705
Viamão	30° 2' 8"	51° 1' 8"	65

Tabela 2. Equações de regressão do número de horas de frio (<7,2°C) acumuladas entre maio e setembro em função da altitude, da latitude e da longitude, para a situação de temperatura mínima atual, atual +1°C, atual +3°C e atual +5,8°C.

Horas de frio	Equações	r²
Atual	$-2008,39 - 76,58 * latitude + 0,47 * longitude + 0,5414 * altitude$	0,707
Atual +1°C	$-1697,54 - 62,87 * latitude + 0,43 * longitude + 0,4492 * altitude$	0,695
Atual +3°C	$-1007,03 - 35,46 * latitude + 0,35 * longitude + 0,2648 * altitude$	0,642
Atual +5,8°C	$113,027 + 2,925 * latitude + 0,22 * longitude + 0,0066 * altitude$	0,048

Tabela 3. Análise da variância para as horas de frio, considerando as temperaturas atuais.

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	3	452.685	150.895	19,47157
Resíduo	27	209.236,6	7.749,502	
Total	30	661.921,5		

Tabela 4. Análise da variância para as horas de frio, considerando as temperaturas atuais+1°C.

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	3	313.516	104.505,3	18,82025
Resíduo	27	149.925,9	5.552,812	
Total	30	463.442		

Tabela 5. Análise da variância para as horas de frio, considerando as temperaturas atuais+3°C

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	3	111.816,4	37.272,13	15,95952
Resíduo	27	63.056,26	2.335,417	
Total	30	174.872,7		

Tabela 6. Análise da variância para as horas de frio, considerando as temperaturas atuais+5,8°C.

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	3	1.084,329	361,4431	0,801578
Resíduo	27	12.174,69	450,9145	
Total	30	13.259,02		

altitude, como na Serra do Nordeste e na Serra do Sudeste, ainda existiriam temperaturas suficientemente baixas para que espécies pouco dependentes de frio (150 a 350 horas de frio) ainda pudessem produzir. As espécies que necessitam de maior quantidade de frio (maior que 350 horas) não seriam mais viáveis nessa região. Por fim, não haveria área apta no Rio Grande do Sul para as espécies frutíferas de clima temperado se a temperatura mínima diária do ar sofresse aumento maior que 5,8°C, inclusive para as espécies que necessitam de menor frio, mostrando a necessidade de se desenvolver cultivares que não dependam de frio para produzir.

O mapa com a simulação de aumento de temperatura de 5,8°C não foi apresentado em função

de não existir zona representativa de horas de frio para o Rio Grande do Sul.

Conclusões

De acordo com as simulações realizadas, aumentando a temperatura mínima do ar em 1°C, haveria aumento das áreas com menor número de horas de frio e diminuição das áreas com maior número;

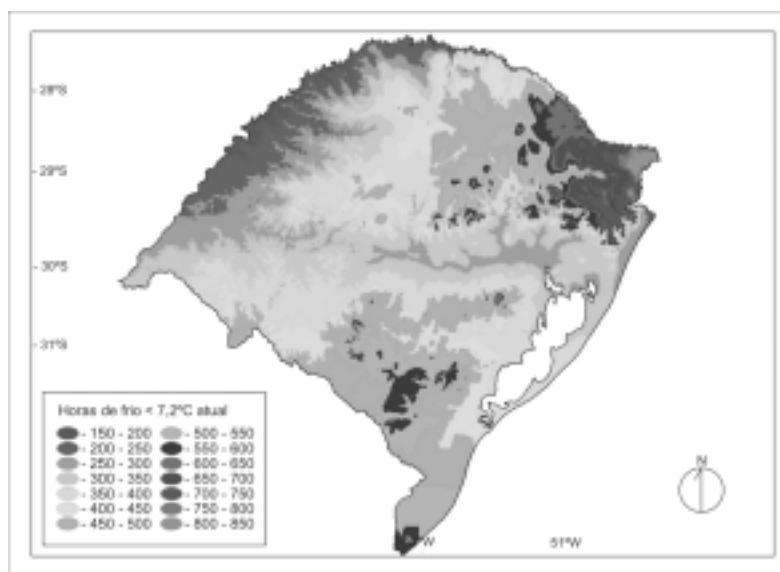
Aumentando a temperatura mínima do ar em 3°C, desapareceriam as áreas com mais de 350 horas de frio;

Aumentando a temperatura mínima do ar em 5,8°C, não haveria mais áreas com acúmulo de horas de frio entre maio e setembro no Rio Grande do Sul.

Tabela 7. Área das classes de horas de frio (<7,2°C) no Rio Grande do Sul para a situação de temperatura mínima atual, atual+1°C, atual+3°C e atual+5,8°C.

Horas de frio (<7,2°C)	Área (ha) x 10 ³			
	Atual	Atual+1°C	Atual+3°C	Atual+5,8°C
0-23*	-	-	-	26.731,79
23-100	-	282,91	13.753,84	0
100-150	28,15	1.563,87	8.029,31	0
150-200	528,93	4.985,41	3.450,50	0
200-250	1.593,75	4.915,30	972,77	0
250-300	4.173,53	5.103,66	451,91	0
300-350	4.134,74	4.461,20	77,59	0
350-400	4.215,94	2.899,17	0	0
400-450	3.969,25	1.214,69	0	0
450-500	3.426,77	566,92	0	0
500-550	2.258,19	470,42	0	0
550-600	1.026,61	182,29	0	0
600-650	507,30	76,24	0	0
650-700	402,05	13,33	0	0
700-750	303,10	0	0	0
750-800	98,05	0	0	0
800-850	68,92	0	0	0

*Simulação feita somente para o cenário “temperatura atual+5,8°C”.

**Figura 1.** Situação das horas de frio com as temperaturas mínimas atuais menores que 7,2°C no Rio Grande do Sul, acumuladas de maio a setembro.

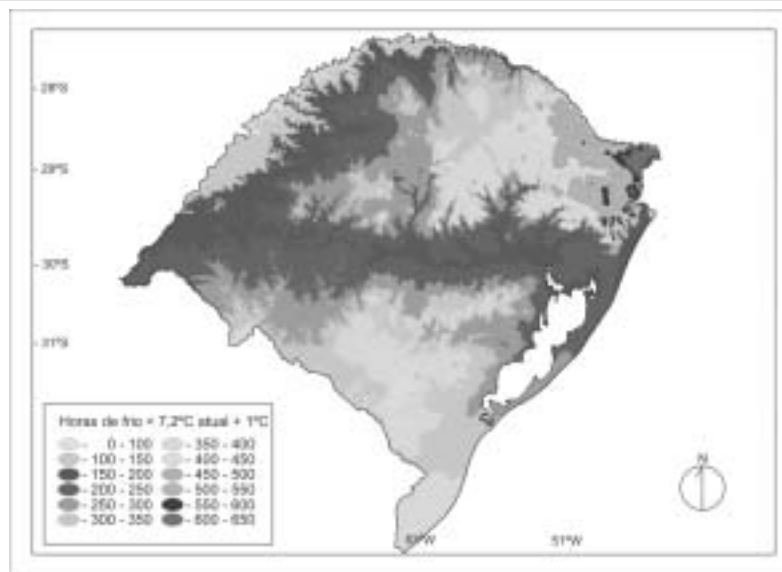


Figura 2. Horas de frio simuladas com o aumento da temperatura mínima do ar de 1°C.

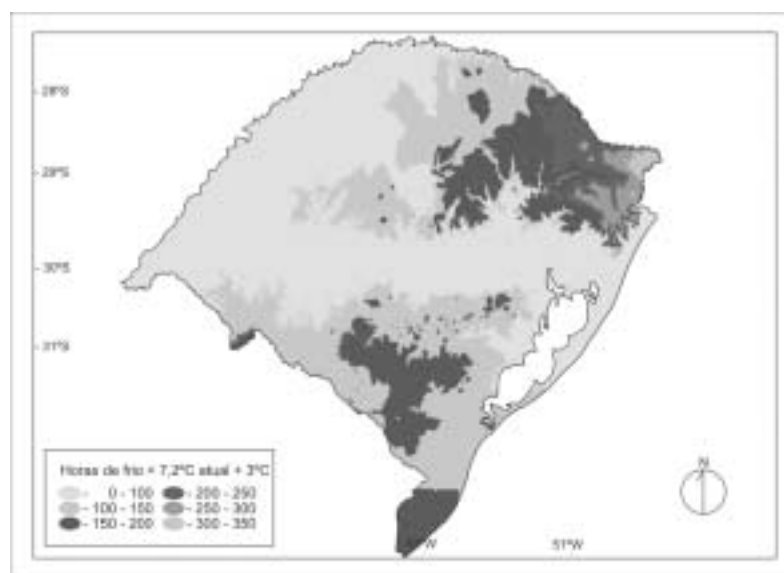


Figura 3. Horas de frio simuladas com o aumento da temperatura mínima do ar de 3°C.

Referências Bibliográficas

CÂMARA G., et al. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>.

DAMARIO, E.A. PASCALE, A.J. BELTRÁN, A. Disponibilidade de horas de frio en el Estado de Rio Grande do Sul. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA. II REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOLOGIA. 1999, Florianópolis. Anais... Florianópolis: EPAGRI, 1999. P.228.

KAROLI, D.J., et al. Detection of a human influence on North American Climate. *Science*, v.302, p.1200-1203, 2003.

PENG, S., et al. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *PNAS*, v.101, n.27, p.9971-9975, 2004. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0403720101>>.

MARENGO J. A. . Mudanças climáticas globais e

regionais: Avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v. 16, p. 1-18, 2002.

STEINMETZ, S., et al. Aumento da temperatura mínima do ar na região de Pelotas, sua relação com o aquecimento global e possíveis impactos no arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2005, Campinas. Anais: Unicamp, 2005. v. 1.

USGS (United States Geological Survey) **Survey National Mapping Division: Global 30 Arc Second Elevation Data**. Disponível em: <<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30>>. Acesso em: 10 jul. 1999.