

## Aviso de temperaturas extremas em Santa Catarina

Maria Laura Guimarães Rodrigues<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Salles de Araujo<sup>2</sup>, Rosandro Boligon Minuzzi<sup>3</sup>,  
Rafael Censi Borges<sup>4</sup> e Anderson Nascimento Monteiro<sup>5</sup>

### Introdução

O crescimento e o desenvolvimento de seres vivos são influenciados pela variação da temperatura do ar. Os efeitos térmicos em animais e vegetais dependem das características de cada espécie e da magnitude com que os extremos de mínima e de máxima ocorrem em determinada época do ano e local (Marcantonio, 2006; Rosa et al., 2009). Além do setor agropecuário, indústria, comércio e turismo movimentam uma economia no Estado bastante influenciada por oscilações de temperatura.

Ondas de calor ou de frio, intensas ou fora de época, têm sido bem previstas por centros de meteorologia com pelo menos 5 dias de antecedência (<http://ciram.epagri.sc.gov.br>). Mas o efeito de determinado valor de temperatura vai depender da sua região de ocorrência e, ainda, se esse valor está ou não fora do padrão esperado para aquela época do ano. Assim, o presente estudo definiu uma metodologia para disponibilizar aos diversos usuários da previsão de tempo em Santa Catarina avisos de temperatura que levam em consideração a época do ano e o clima predominante nas diferentes regiões do Estado. Para tal, foram utilizadas as saídas diárias de previsão de temperatura geradas pelo WRF (Weather Research & Forecasting), sistema de previsão numérica de tempo e simulação atmosférica usado em

aplicações de pesquisa e operação, cuja versão 3 é descrita por Skamarock et al. (2008).

Baseada no uso de equações que simulam o comportamento passado e futuro da atmosfera, e permitindo a assimilação de dados medidos localmente, a modelagem numérica é uma importante ferramenta para a previsão de variáveis atmosféricas, como temperatura, vento e chuva, tendo sido implantada na Epagri/Ciram.

### Objetivo

O presente estudo teve por objetivo gerar um produto automatizado para a emissão diária de avisos de extremos de temperatura mínima e de temperatura máxima do ar em Santa Catarina para os dois dias próximos.

### Metodologia

O aviso para os extremos de temperatura mínima e temperatura máxima foi determinado a partir da comparação entre, respectivamente, o menor e maior valor da temperatura diária prevista pelo modelo atmosférico WRF e a climatologia definida para regiões homogêneas no Estado de Santa Catarina em cada uma das quatro estações do ano.

Para a previsão das temperaturas mínima e máxima diárias foram utilizadas saídas do modelo atmosférico

WRF (Skamarock et al., 2008) a cada 3 horas na escala espacial de 15km, com reamostragem para 5km, e escala temporal de 72 horas (3 dias) a partir das análises da 0h UTC<sup>6</sup>. Dessas saídas foram obtidos os valores diários mínimo e máximo de temperatura prevista no segundo e terceiro dias (próximos dois dias).

Para determinar a climatologia das temperaturas das regiões climaticamente homogêneas (Braga & Ghellre, 1999) no Estado de Santa Catarina foram utilizadas séries de dados diários de temperatura mínima e máxima, de 1997 a 2008, obtidas das estações meteorológicas convencionais (Figura 1) pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (InMet) (São José, Lages, São Joaquim, Campos Novos, Chapecó e Indaial), da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) (Urussanga, Florianópolis, Itajaí, Rio do Campo, Major Vieira, Caçador, Matos Costa, Ponte Serrada, São Miguel d'Oeste, Itapiranga e Ituporanga), da Univille (Joinville) e da Furb (Blumenau). Para cada série histórica das temperaturas mínimas e máximas, em cada trimestre representativo do verão, outono, inverno e primavera (dez./fev., mar./maio, jun./ago., set./nov.), foram delimitados intervalos de temperatura com base na técnica estatística dos percentis ( $P_i$ ) (Xavier, 2007). No caso de uma região climaticamente

Aceito para publicação em 9/9/11.

<sup>1</sup> Meteorologista, M.Sc., Epagri/Ciram, Rod. Admar Gonzaga, 1.347, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3239-8062, e-mail: laura@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Oceanógrafo, Dr., Epagri/Ciram, fone: (48) 3239-8063, e-mail: kadu\_araujo@epagri.sc.gov.br.

<sup>3</sup> Meteorologista, Dr., UFSC/Centro de Ciências Agrárias (CCA), fone: (48) 3239-8015, e-mail: rbminuzzi@hotmail.com.

<sup>4</sup> Técn. meteorologista, Epagri/Ciram, fone: (48) 3239-8064, e-mail: censi@epagri.sc.gov.br.

<sup>5</sup> Técn. meteorologista, Epagri/Ciram, fone: (48) 3239-8064, e-mail: anderson@ciram.com.br.

<sup>6</sup> O horário em UTC representa o Tempo Médio de Greenwich. Para transformar em hora local, sem considerar o horário de verão, deve-se diminuir 3 horas.

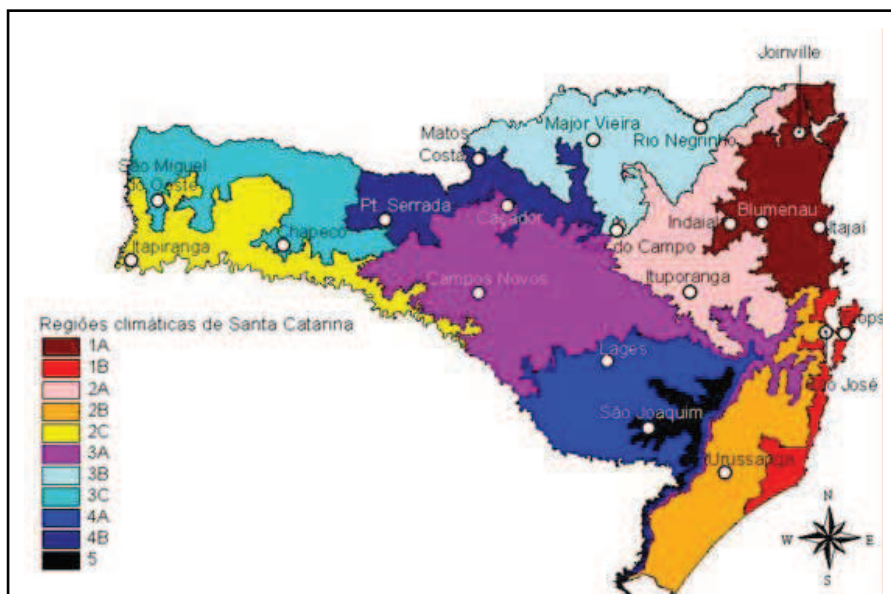


Figura 1. Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo, nas respectivas regiões climaticamente homogêneas (Braga & Ghellre, 1999)

Tabela 1. Intervalos de percentil e respectivas probabilidades de ocorrência do valor de temperatura, condição de aviso e nível de cor

Intervalos de percentis	Probabilidade de ocorrência dos valores	Condição de aviso	Nível de cor
<b>Temperatura mínima</b>			
$P_{0,15} < T < P_{1,00}$	85 vezes em cada 100	Sem aviso	Verde
$P_{0,05} < T \leq P_{0,15}$	de 5 a 15 vezes em cada 100	Tmin baixa	Amarelo
$P_{0,01} < T \leq P_{0,05}$	de 1 a 5 vezes em cada 100	Tmin muito baixa	Laranja
$T \leq P_{0,01}$	1 vez em cada 100	Tmin extremamente baixa	Vermelho
<b>Temperatura máxima</b>			
$P_{0,00} < T < P_{0,85}$	85 vezes em cada 100	Sem aviso	Verde
$P_{0,85} \leq T < P_{0,95}$	de 5 a 15 vezes em cada 100	Tmax alta	Amarelo
$P_{0,95} \leq T < P_{0,99}$	de 1 a 5 vezes em cada 100	Tmax muito alta	Laranja
$T \geq P_{0,99}$	1 vez em cada 100	Tmax extremamente alta	Vermelho

homogênea com duas ou mais estações meteorológicas (Figura 1), foi calculada a média dos intervalos das estações pertencentes à região. Estes valores de percentis definidos para as 11 regiões climáticas (Figura 1) foram usados para determinar níveis de aviso das temperaturas mínimas e máximas previstas.

Com o uso de um algoritmo, as temperaturas mínimas e máximas diárias previstas pelo WRF para os próximos dois dias são obtidas para os pontos de grade do modelo e comparadas com a média climatológica da respectiva região homogênea, no trimestre considerado. Conforme o

intervalo de percentil no qual se insere a temperatura prevista, é determinada a condição de aviso, visualizada por nível de cor (Tabela 1), na forma de mapa, com o uso do software GrADS.

Conforme a Tabela 1, o aviso ocorre quando os valores previstos apresentam baixa probabilidade de ocorrência, estando situados em intervalos de percentil inferiores a 15%, no caso da temperatura mínima (aviso de **Tmin baixa, muito baixa e extremamente baixa**), e superiores a 85%, no caso da temperatura máxima (aviso de **Tmax alta, muito alta e extremamente alta**). Como valores extremos, que caracterizam eventos mais raros,

foram considerados os intervalos de percentil inferiores a 1% (aviso de **Tmin extremamente baixa**) e superiores a 99% (aviso de **Tmax extremamente alta**).

## Resultados e discussões

A Tabela 2 apresenta os limiares de temperatura mínima e temperatura máxima obtidos para cada região climática de Santa Catarina (Figura 1), em cada trimestre, com base na técnica dos percentis.

Observa-se a importância de considerar valores da climatologia conforme a época do ano e a região climática do Estado. Se os limiares não diferem muito para uma mesma região entre os trimestres de outono e de primavera, diferenças de mais de 10°C aparecem entre os limiares dos meses de verão e de inverno. Para uma mesma época do ano, diferenças significativas de temperatura são observadas entre as distintas regiões climáticas. Nos meses de inverno, para gerar um aviso de temperatura mínima extrema nas regiões de altitude elevada (Regiões Climáticas 3A, 3B, 4A, 4B e 5), é necessário o registro de temperaturas mínimas próximas ou inferiores a 0°C. Com exceção das regiões serranas, os avisos de temperatura máxima extrema serão gerados para temperaturas acima de 30°C.

Na Figura 2 há exemplos do produto gerado: mapa de Santa Catarina com aviso de temperatura mínima extrema para o dia 12/8/2009 (Figura 2A) e mapa de Santa Catarina com aviso de temperatura máxima extrema para o dia 5/11/2009 (Figura 2B).

Para melhor compreensão das etapas executadas até a geração do produto final, tomemos como exemplo a previsão de temperatura máxima (Figura 2B). Percebe-se que os municípios de Lages e São Joaquim, pertencentes às regiões climáticas ▶

Tabela 2. Valores de temperaturas mínima e máxima por trimestre do ano e por condição de aviso para cada região climática de Santa Catarina

Região climática – 1A					Região climática – 1B				
Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.	Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.
<b>Temperatura mínima</b>					<b>Temperatura mínima</b>				
Extremamente baixa	8,6	4,0	7,4	17,7	Extremamente baixa	8,6	3,4	6,8	15,5
Muito baixa	10,5	6,6	11,7	16,7	Muito baixa	10,8	6,4	11,1	17,1
Baixa	13,8	9,5	14,2	18,6	Baixa	13,7	9,4	13,9	19,0
<b>Temperatura máxima</b>					<b>Temperatura máxima</b>				
Alta	32,4	27,3	30,0	34,0	Alta	30,4	25,4	27,2	31,8
Muito alta	34,5	29,5	32,2	35,5	Muito alta	32,3	27,8	29,6	33,5
Extremamente alta	36,9	31,9	34,9	37,3	Extremamente alta	34,1	30,7	31,9	35,1
Região climática – 2A					Região climática – 2B				
Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.	Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.
<b>Temperatura mínima</b>					<b>Temperatura mínima</b>				
Extremamente baixa	2,7	-1,6	3,2	11,2	Extremamente baixa	3,8	0,3	4,8	12,5
Muito baixa	5,8	1,2	7,7	13,7	Muito baixa	7,0	2,9	7,6	14,6
baixa	9,6	5,1	11,0	15,6	Baixa	10,4	5,5	11,0	16,5
<b>Temperatura máxima</b>					<b>Temperatura máxima</b>				
Alta	30,1	24,7	28,8	32,0	Alta	31,5	28,4	30,5	33,3
Muito alta	31,9	27,4	30,5	33,5	Muito alta	33,8	31,0	33,7	35,5
Extremamente alta	33,8	30,1	32,7	35,1	Extremamente alta	36,1	33,5	36,0	37,5
Região climática – 2C					Região climática – 3A				
Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.	Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.
<b>Temperatura mínima</b>					<b>Temperatura mínima</b>				
Extremamente baixa	3,4	-0,9	2,4	10,8	Extremamente baixa	0,4	-3,2	0,4	9,5
Muito baixa	6,6	2,0	5,8	13,2	Muito baixa	3,6	-0,7	5,1	11,6
Baixa	10,0	4,8	9,5	15,0	Baixa	7,3	2,9	8,7	13,6
<b>Temperatura máxima</b>					<b>Temperatura máxima</b>				
Alta	33,5	29,0	33,0	36,0	Alta	27,6	24,6	27,8	29,2
Muito alta	35,5	31,2	35,0	38,0	Muito alta	29,3	26,3	29,8	30,5
Extremamente alta	37,3	33,5	36,8	39,0	Extremamente alta	31,0	28,3	31,1	32,2
Região climática – 3B					Região climática – 3C				
Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.	Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.
<b>Temperatura mínima</b>					<b>Temperatura mínima</b>				
Extremamente baixa	0,2	-3,4	0,5	9,8	Extremamente baixa	3,2	0,0	3,0	12,4
Muito baixa	3,0	-0,3	6,7	12,2	Muito baixa	6,6	2,7	7,8	14,4
Baixa	7,8	3,3	9,4	14,1	Baixa	10,0	5,5	10,7	16,2
<b>Temperatura máxima</b>					<b>Temperatura máxima</b>				
Alta	28,6	25,0	28,3	30,2	Alta	30,2	26,7	30,4	31,9
Muito alta	30,5	27,1	30,4	31,5	Muito alta	31,9	28,6	32,0	33,1
Extremamente alta	32,3	29,2	31,9	33,1	Extremamente alta	33,5	30,5	33,6	34,5
Região climática – 4A					Região climática – 4B				
Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.	Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.
<b>Temperatura mínima</b>					<b>Temperatura mínima</b>				
Extremamente baixa	1,3	-3,4	1,6	9,1	Extremamente baixa	0,2	-3,6	-0,3	8,9
Muito baixa	3,8	-0,5	5,3	11,4	Muito baixa	3,3	-0,4	4,4	10,6
baixa	7,7	2,9	8,7	13,6	baixa	7,2	2,9	7,7	12,5
<b>Temperatura máxima</b>					<b>Temperatura máxima</b>				
Alta	27,1	23,7	29,4	29,4	Alta	26,6	23,2	26,6	28,1
Muito alta	29,3	25,9	31,0	31,0	Muito alta	28,0	25,1	28,2	29,4
Extremamente alta	31,3	28,3	32,4	32,4	Extremamente alta	30,3	26,9	29,7	30,9
Região climática - 5									
Condição de aviso	mar./maio	jun./ago.	set./nov.	dez./fev.					
<b>Temperatura mínima</b>									
Extremamente baixa	-0,7	-5,0	-1,2	6,5					
Muito baixa	2,6	-1,6	2,0	8,5					
Baixa	5,7	1,5	5,4	10,4					
<b>Temperatura máxima</b>									
Alta	23,2	20,0	23,0	25,0					
Muito alta	25,2	22,4	25,0	26,0					
Extremamente alta	26,6	24,0	27,6	27,6					

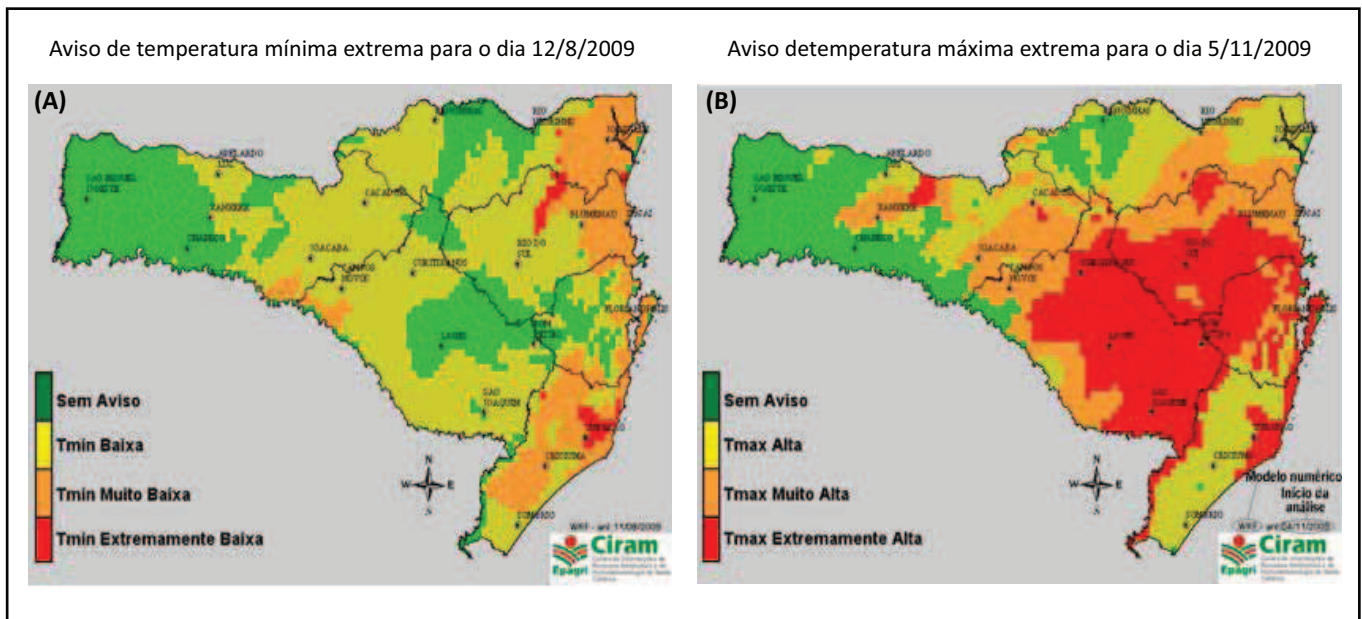


Figura 2. Aviso de (A) temperatura mínima extrema para o dia 12/8/2009 e de (B) temperatura máxima extrema para o dia 5/11/2009 para Santa Catarina

4A e 5, respectivamente (Figura 1), apresentam aviso de temperatura máxima **extremamente alta** para o dia 5 de novembro de 2009. Na previsão da temperatura, foram utilizadas as saídas do modelo WRF, inicializado no dia 4 de novembro de 2009, ou seja, a previsão foi para o dia seguinte. Nas áreas onde estão localizados os referidos municípios, estava previsto um valor de temperatura máxima superior a 27°C, em São Joaquim, e superior a 31,4°C, em Lages, conforme os limiares de temperatura verificados na Tabela 2, no trimestre set./nov., para um intervalo de percentil de 0,99.

Os produtos desenvolvidos neste estudo, para a emissão de avisos de temperatura mínima e máxima extrema em Santa Catarina, foram operacionalizados em uma rotina diária na página da Epagri/Ciram, que podem ser consultados nos seguintes endereços eletrônicos: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/portal/website/index.jsp?url=jsp/aviso/tempExtremasMin.jsp&tipo=aviso>> (aviso de **Tmin**) e <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/portal/website/index.jsp?url=jsp/aviso/tempExtremasMax.jsp&tipo=aviso>> (aviso de **Tmax**).

## Considerações finais

O uso da técnica dos percentis permite a identificação de valores extremos de temperatura, de baixa probabilidade de ocorrência, sendo uma metodologia adequada para a geração de avisos dessa natureza. Além disso, o aviso de valores extremos da temperatura do ar, tanto de mínima como de máxima, é uma importante ferramenta na previsão de eventos meteorológicos extremos. O produto é automático, de fácil execução, e apresenta resultados facilmente compreendidos por parte do usuário.

## Literatura citada

- BRAGA, H.J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 11.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOLOGIA, 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBA, 1999. CD-ROM.
- MARCANTONIO, A.S. Efeito da temperatura sobre a reprodução

da rã-touro, *rana catesbeiana*.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4., 2006, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: SBBiomet, 2006. CD-ROM.

- ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; SILVA, M.R. et al. Estimativa da temperatura base para emissão de folhas em dois clones de morangueiro em Santa Maria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2009. CD-ROM.
- SKAMAROCK, W.C.; KLEMP, J.B.; DUDHIA, J. et al. **A description of the Advanced Research WRF Version 3.** In: NCAR Technical Note Rep. NCAR/TN-479+STR, 88 pp, National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, 2008.
- XAVIER, T.M.B.S.; XAVIER, A.F.S.; ALVES, J.M.B. Quantis e Eventos Extremos: aplicações em Ciências da Terra e Ambientais. In: RDS, 278p, Fortaleza, 2007. ■