

Modelos estatísticos para previsão de geada branca

Alessandro da Silva^{(1)*}, Rosandro Boligon Minuzzi⁽²⁾

⁽¹⁾ Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

⁽²⁾ Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

* Alessandro da Silva – Email: alessandroagroufsc@yahoo.com.br

Resumo: O objetivo do trabalho foi obter modelos estatísticos para a previsão de geada branca. Foram utilizados dados meteorológicos diários de temperatura mínima e temperatura média do ar das 18 h e 00 h (TMG - Tempo Médio de Greenwich) no período de maio a agosto de 2000 a 2015, de estações localizadas nos municípios de Campos Novos, Lages, Chapecó e São Joaquim, em Santa Catarina. Foi utilizada a regressão linear simples e polinomial para correlacionar as variáveis independentes (X), temperatura mínima, temperatura média, temperatura das 18 h e 00 h (TGM) do dia anterior (T_{i-1}), com a variável dependente (Y), temperatura mínima do dia presente ($T_{min i}$). O índice de confiança foi utilizado para avaliar a confiabilidade da estimativa de temperatura mínima (T_i). A temperatura do ar a 00 h (TMG) foi a melhor variável preditora para a temperatura mínima ($T_{min i}$). Os modelos estatísticos obtidos para previsão de temperatura mínima ($T_{min i}$) apresentaram um desempenho ‘muito bom’. Em eventos de geada branca ($T_{min} \leq 4^{\circ}\text{C}$), o acerto nas estimativas esteve entre 64,3% e 88,9%.

Palavras-chave: temperatura mínima, radiação terrestre, geada de radiação

Abstract: The objective was to obtain statistical models for the prediction of hoarfrost. Were used daily weather data minimum temperature and average air temperature of 18 h and 00 h (GMT - Greenwich Mean Time) in the period May-August 2000 to 2015, of stations located in the cities of Campos Novos, Lages, Chapecó and São Joaquim, Santa Catarina. Was used

Simple Linear Regression and Polynomial for correlating the independent variables (X), minimum temperature, mean temperature, temperature of 18 h and 00 h (GMT) on the previous day (T_{i-1}), with the dependent variable (Y), temperature minimum present day ($T_{min i}$). The confidence index was used to assess the reliability of the estimated minimum temperature (T_i). The air temperature at 00 h (GMT) was the best predictor variable for the minimum temperature ($T_{min i}$). Statistical models obtained for minimum temperature forecast ($T_{min i}$) presented a performance of 'very good'. In hoarfrost events ($T_{min} \leq 4$ °C), the accuracy of estimates was between 64,3% and 88,9%.

Key words: minimum temperature, terrestrial radiation, radiation frost

1. Introdução

No contexto meteorológico, a geada é caracterizada pela deposição de gelo sobre plantas e outras superfícies que estejam expostas ao relento. Sentelhas e Angelocci (2012) relatam que em noites de céu sem nebulosidade, sem vento, com baixa concentração de vapor d'água, sob domínio de uma massa de ar polar e aliada à perda de radiação terrestre, tem-se a inversão térmica, onde a temperatura de relva encontra-se abaixo da temperatura do ar, originando a geada branca.

Aguiar e Mendonça (2004) observaram que embora ocorra na região Sudeste do Brasil, a maior incidência de geada branca se dá na região Sul, aonde no inverno as temperaturas ficam abaixo de 0 °C com mais frequência.

Em Santa Catarina as constantes entradas de massas de ar polar, fazem com que este evento não fique restrito ao inverno, além do que as condições de latitude, maritimidade e relevo resultam numa maior distribuição espacial pelo Estado. Araújo et al. (2009) apontou a maior ocorrência de geadas em Santa Catarina no período de maio a agosto, sendo a maior parte de baixa intensidade (40% a 60%) e apenas 20% a 35% de intensidade moderada.

Agronomicamente, a geada está diretamente associada a prejuízos na lavoura. Para Sentelhas e Angelocci (2012) a geada branca não é tão danosa quanto à geada negra, causada pela baixa umidade e o vento frio de alta intensidade, o que resulta na necrose completa dos tecidos das plantas. Isto porque durante o processo de congelamento do vapor d'água na relva, há a liberação de calor latente, impedindo que a temperatura baixe ainda mais. Porém o congelamento dos tecidos vegetais leva a perda do potencial de turgescência, redução do

volume celular, resultando na desidratação das células. Como consequência, pode resultar na morte parcial ou total da planta (PERISSATO et al., 2013).

Perissato et al. (2013) relataram que a geada afeta as culturas em diferentes estádios fenológicos, citando como exemplo a Canola, que se atingida pela geada no início de seu desenvolvimento, prejudica o seu florescimento e o enchimento dos grãos, refletindo na baixa produtividade e consequentemente na produção de óleo, utilizado na fabricação de biocombustível. Também constataram a redução na massa dos grãos de milho atingido pela geada.

Brixner et al. (2014) verificaram que em videiras da cultivar ‘Cabernet Sauvignon’ atingidas por geadas, os danos nos órgãos e tecidos foram visíveis, principalmente nas gemas em início de brotação, caracterizados pelo aspecto caramelado e depois seco. Outra constatação foi que em áreas de maior incidência de geadas, o ciclo fenológico da videira se estendeu.

Aguiar e Mendonça (2004) relataram que mesmo para o trigo cuja geada é benéfica quando se encontra na fase vegetativa, pode ter uma lavoura inteira dizimada se esta ocorrer em fases posteriores, onde a planta torna-se sensível a baixas temperaturas. Produtos como hortifrutigranjeiros também estão entre os mais atingidos pela geada.

A geada também influencia diretamente na pecuária, uma vez que afeta o crescimento das pastagens, diminuindo a oferta de alimentos e fazendo com que o produtor precise utilizar outros complementos nutricionais, como rações e silagens, o que aumenta significativamente os custos de produção. Por sua vez, esta alta atingirá diretamente o consumidor, devido à escassez de produtos como a carne e o leite, além do aumento da demanda.

Ramos et al. (2011) estudaram a variação da temperatura ao decorrer do dia nas cidades de Petrolina-PE e Botucatu-SP, correlacionando-as aos horários de medição das estações meteorológicas. Concluíram que a medição entre as 22 h e 8 h da manhã do dia seguinte, são os mais indicados para uso na modelagem devido a menor influência de outras condições climáticas locais.

Portanto além de influenciar na produção a geada também traz prejuízos econômicos e sociais, tornando importante sua previsão com maior precisão, para auxiliar na adoção de medidas preventivas a curto, médio e longo prazo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo obter modelos estatísticos para previsão de geada branca em Santa Catarina.

2. Material e métodos

Foram utilizados dados diários de temperatura mínima e temperatura média do ar das 18 h e 00 h (TMG - Tempo Médio de Greenwich) no período de maio a agosto de 2000 a 2015, de estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Tabela 1).

Tabela 1. Coordenadas geográficas, altitude e município a qual pertencem as estações meteorológicas utilizadas no estudo

Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Lages	27° 49' S	49° 56' W	937
São Joaquim	28° 18' S	50° 20' W	1415
Campos Novos	27° 24' S	51° 12' W	952
Chapecó	27° 07' S	52° 37' W	679

Para obtenção dos modelos para previsão da ocorrência de geada, foi utilizada a regressão linear simples e a regressão polinomial, para correlacionar as variáveis independentes (X) temperatura mínima ($T_{min\ i-1}$), temperatura média, temperatura das 18 h e 00 h (TMG) do dia anterior (T_{i-1}), com a temperatura mínima do dia presente ($T_{min\ i}$), como a variável dependente (Y).

Assim foram feitas as seguintes correlações:

- temperatura mínima ($T_{min\ i-1}$) x temperatura mínima ($T_{min\ i}$);
- temperatura 18 h (TMG) ($18T_{i-1}$) x temperatura mínima ($T_{min\ i}$);
- temperatura 00 h (TMG) ($00T_{i-1}$) x temperatura mínima ($T_{min\ i}$);
- média mensal temperatura mínima (\bar{T}_{min}) x n° de dias mensal com temperatura mínima $\leq 4^{\circ}\text{C}$ (N°_{geada});
- média mensal temperatura média (\bar{T}) x n° de dias mensal com temperatura mínima $\leq 4^{\circ}\text{C}$ (N°_{geada}).

O software estatístico PAST 3.0 foi utilizado para avaliar a significância estatística das correlações, utilizando o coeficiente de correlação (r), o coeficiente de determinação da regressão linear (R^2), o erro padrão de estimativa (EPE) e o valor F ao nível de 5%. Os dados dos anos 2014 e 2015 foram utilizados para testar os modelos estatísticos com a regressão linear de melhor correlação (Equação 1).

$$Y = a + bX + cX^n \dots \pm \text{EPE} \quad (1)$$

Os índices de concordância (d) e de confiança (c) foram utilizados para avaliar a confiabilidade das correlações estatísticas. O índice de concordância (d) (Willmott 1981) apud Minuzzi (2014), descrito pela Equação 2, varia de 0 a 1 e representa o quanto os valores de temperatura mínima estimada aproximam-se da temperatura mínima observada, sendo que, valores próximos a 1 indicam uma concordância perfeita.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|Y_i - \bar{X}| + |X_i - \bar{X}|)^2} \right] \quad (2)$$

sendo, X_i = valores de temperatura mínima observada; \bar{X} = é a média dos valores de temperatura mínima observada; Y_i = são os valores de temperaturas mínimas estimados pelo modelo; e N = é o número de dados de temperatura mínima.

O índice de confiança (c), proposto por Camargo e Sentelhas (1997) apud Minuzzi (2014), foi utilizado para avaliar a confiabilidade da estimativa de temperatura mínima, conforme Equação 3. O critério de interpretação dos valores de c, consta na Tabela 2.

$$c = r \cdot d \quad (3)$$

Tabela 2. Critério de interpretação do índice de confiança.

Índice de confiança (c)	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,60	Mau
≤0,40	Péssimo

Foi considerado um dia com ocorrência de geadas, aquele em que a temperatura mínima no abrigo foi menor ou igual a 4°C. Este valor serviu como base para todas as estações meteorológicas, pois ao considerar as margens de erro toda a faixa de maior ocorrência da geadas estaria contemplada na avaliação. Apenas na interpretação da tabela, foi

individualizada a faixa de maior ocorrência de geada branca de acordo com os valores encontrados para cada estação.

3. Resultados e discussão

Como resultado das análises de regressão linear e polinomial, os maiores coeficientes de determinação (R^2), correlação (r) e fator 'F', foram entre a temperatura do ar à 00h TMG ($00T_{i-1}$) do dia anterior (T_{i-1}) com a temperatura mínima do dia presente ($T_{min i}$), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Resultados das análises de regressão linear.

Local	R^2	r	valor-p	F	Equação
Campos Novos	0,69	0,83	1,2E-28	3460	$T_{min i} = -2,399 + 0,885 \cdot (00T_{i-1}) \pm 2,50$
Lages	0,66	0,81	1,7E-56	3057	$T_{min i} = -3,57 + 0,9622 \cdot (00T_{i-1}) \pm 2,54$
Chapecó	0,78	0,89	0	5280	$T_{min i} = -2,944 + 0,9365 \cdot (00T_{i-1}) \pm 2,30$
São Joaquim	0,67	0,86	1,7E-63	3260	$T_{min i} = -1,978 + 0,8742 \cdot (00T_{i-1}) \pm 2,63$

r =coeficiente de correlação; R^2 =coeficiente de determinação.

Os valores dos coeficientes de determinação (R^2) indicam que a temperatura mínima do dia presente ($T_{min i}$), é explicada de 69% a 78 % pela temperatura a 00 h (TMG) do dia anterior ($00T_{i-1}$). As estações que apresentaram os maiores índices foram Chapecó (0,78) e Campos Novos (0,69), seguidos por São Joaquim (0,67) e Lages (0,66).

Os gráficos de dispersão em torno da reta 1:1 dos pontos entre as duas citadas variáveis meteorológicas demonstram que os resultados tendem a ser superestimados em todas as estações, conforme apresentados na Figura 1.

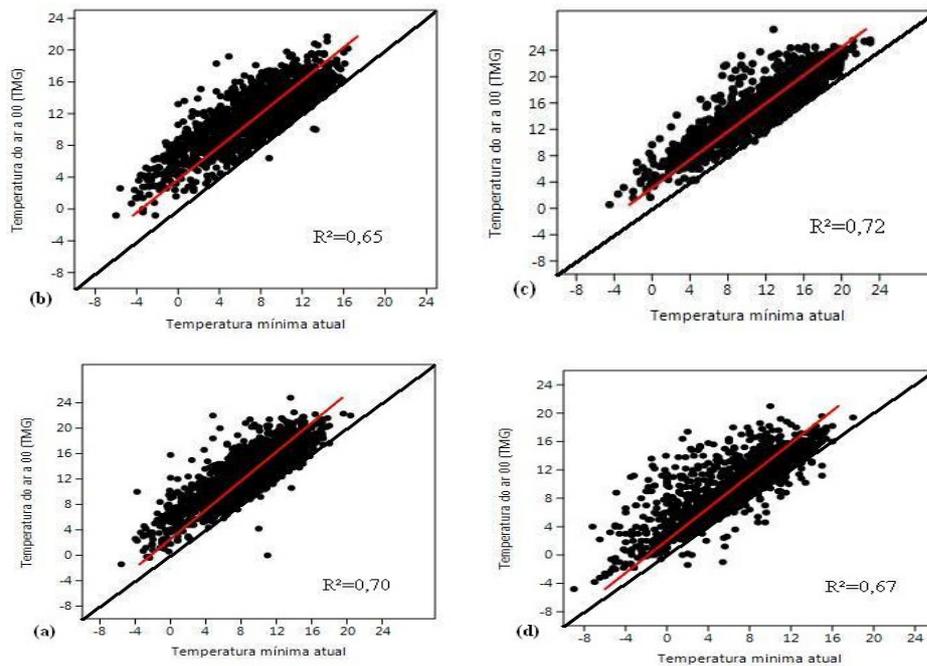


Figura 1. Relação entre temperatura do dia anterior a 00 h (TMG) e temperatura mínima do dia presente (T_{min}) em Campos Novos (a), Lages (b), Chapecó (c) e São Joaquim (d).

Vieira Júnior et al. (2009) observaram que as deficiências na modelagem de elementos climáticos se dão em razão da interação entre eles, assim como, fatores como a altitude, tem grande importância na previsão da temperatura mínima, corroborando com Bootsma (1976) apud Galvani et al. (2000), onde afirmaram que a nebulosidade juntamente com a velocidade do vento, são responsáveis por 74% da variação da temperatura mínima no abrigo e na relva.

A Tabela 4 apresenta a avaliação da estimativa da temperatura mínima (T_{min}) pelos modelos obtidos para cada local em estudo. Na associação dos resultados dos coeficientes de correlação (r) e de concordância (d), nota-se que as estimativas do modelo tiveram um desempenho ‘muito bom’.

Tabela 4. Avaliação da estimativa da temperatura mínima utilizando dados de temperatura do ar a 00 h TMG

Local	R ²	r	d	EPE	c	Desempenho
Campos Novos	0,70	0,84	0,98	2,5	0,83	Muito Bom
Lages	0,65	0,81	0,98	2,5	0,78	Muito Bom
Chapecó	0,72	0,85	0,99	2,4	0,84	Muito Bom
São Joaquim	0,67	0,83	0,98	2,6	0,81	Muito Bom

r=coeficiente de correlação; R²=coeficiente de determinação; d=índice de confiança; EPE= erro padrão de estimativa.

Na análise comparativa entre os municípios, Chapecó e Campos Novos obtiveram os melhores resultados, seguidos por São Joaquim e Lages, respectivamente. Assim, a temperatura mínima registrada a 00 h (TMG) responde por 65% a 72% da temperatura mínima do dia presente ($T_{min\ i}$), com uma variabilidade de 2,4 a 2,6°C. Hipoteticamente, isso pode ser explicado pelas diferenças de altitude entre as estações, como a de Chapecó que está situada a uma altitude menor (679 m).

Filho et al. (2006) analisaram a correlação da temperatura média do ar para as cidades do Rio Grande do Sul, através de modelos elaborados a partir da latitude, longitude e altitude. Concluíram que a latitude e longitude não apresentaram uma correlação significativa com a temperatura média do ar, ao contrário da altitude que apresentou maior influência nos resultados. Massignam e Dittrich (1998) também obtiveram resultados semelhantes ao testar um modelo baseado na altitude, latitude e longitude para previsão mensal de ocorrência de geadas em Santa Catarina.

Bardin et al. (2010) analisaram as variações de temperaturas mínimas e máximas no circuito das frutas no estado de São Paulo e constataram que as variações de temperaturas máximas e mínimas, estão diretamente associadas a altitude, sendo que, quanto mais alto a localidade, maior a variação que no estudo chegou a 1,0°C para máximas e 0,8°C para mínimas a cada 100 m. Como a diferença de altitude na região de estudo foi pequena, os autores especificaram que no inverno a entrada das massas de ar polar tornaram quase nulas estas diferenças.

Os valores observados e estimados pelos modelos somente em dias de ocorrências de geada branca (temperaturas mínimas $\leq 4^\circ\text{C}$) no período de maio a agosto de 2014 e 2015, são apresentados na Figura 2 para cada uma das localidades analisadas no estudo.

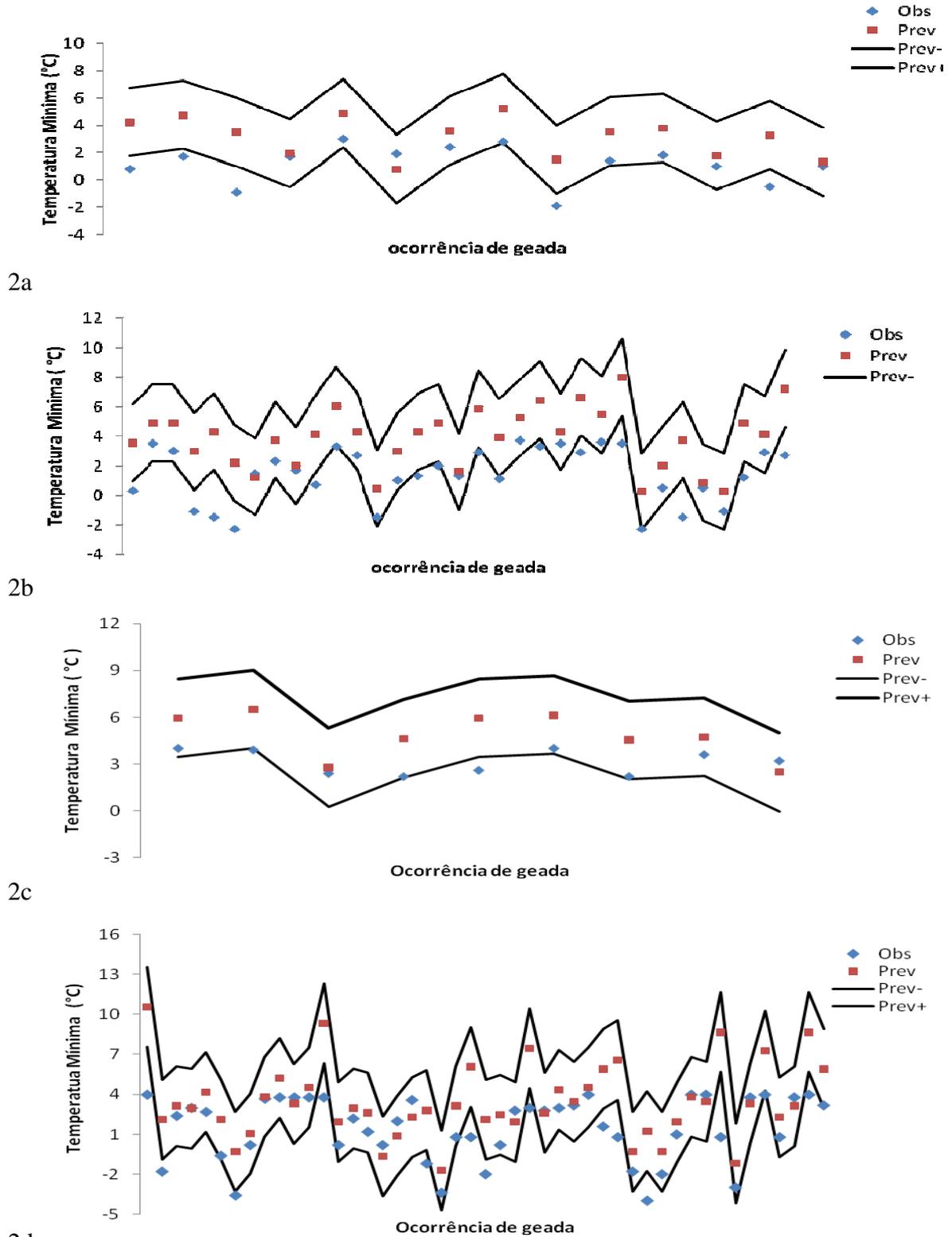


Figura 2. Comparação da temperatura mínima estimada com a observada em dias com ocorrência de geada ($T_{min} \leq 4^{\circ}\text{C}$) para os municípios de Campos Novos (2a), Lages (2b), Chapecó (2c) e São Joaquim (2d) no período de maio a agosto de 2014 e 2015.

Observa-se que o modelo para Chapecó obteve maior precisão nas estimativas. A diferença entre os valores observados e estimados variou entre 0,03 a 7,8°C para São Joaquim, 0,2 a 5,8°C para Lages, 0,3 a 4,4°C para Campos Novos e 0,4 a 3,3°C para Chapecó. A grande maioria dos dados observados para os municípios ficaram dentro das margens de erro. Chapecó obteve 88,9 % de acerto, seguida por Lages 84,9 %, São Joaquim 80,9% e Campos Novos com 64,3%. Esta variação, pode estar associada a umidade relativa do ar, nebulosidade, velocidade do vento e altitude, fatores estes que interferem diretamente na temperatura mínima.

Fritzsons et al. (2008) analisaram a relação entre altitude e temperatura do ar para o estado do Paraná, onde concluíram que a altitude tem grande influência sobre a temperatura, uma vez que, quanto maior a altitude, menor é a pressão a qual o ar está submetido, aumentando seu volume e diminuindo a temperatura. Os pesquisadores acrescentaram que a topografia também exerceu uma influência importante na temperatura do ar, criando microclimas.

Em regiões de relevo mais acidentado, como no caso de São Joaquim, o ar frio mais denso desloca-se pelas encostas e deposita-se nos vales, aumentando a umidade relativa e a ocorrência de inversões térmicas. Já em locais mais abertos e planos, como no caso de Chapecó, outros fatores tem maior relevância, como exemplo, o vento, que por advecção é responsável por remover a camada de ar mais frio que se deposita próximo ao solo e diminuindo a possibilidade do ar atingir a saturação de vapor d'água. Já a nebulosidade minimiza a perda de energia emitida pela terra (radiação terrestre) para a atmosfera, evitando com que a temperatura diminua a valores essenciais para formação de geadas.

Mohanty et al. (1997) testaram modelos para a previsão de temperaturas máximas durante o verão e mínimas durante o inverno em Nova Deli, na Índia, e obtiveram 65% de precisão com erro padrão de ± 1 °C e de 90% com erro padrão de ± 2 °C, sendo que, os maiores desvios na margem de erro se deram devido a rápidos movimentos de sistemas sinóticos associados a chuvas intensas acompanhadas de raios.

Galvani et al. (2000) demonstraram que a temperatura observada a 00 h (TMG) teve 82,5% de influência na temperatura mínima na cidade de Maringá-PR, enquanto a nebulosidade respondeu por 13,8%. Significa que a nebulosidade foi responsável por um acréscimo de até 0,6 °C na temperatura mínima, considerando a condição de céu encoberto no momento de observação. Quando os pesquisadores repetiram o experimento utilizando apenas a temperatura do ar a 00 h (TMG), o valor subiu para 83% de influência desta, na temperatura mínima do dia subsequente. Assim, defenderam a adoção do modelo baseado na temperatura

do ar medida a 00 h (TMG) por ser de fácil observação e necessitar de apenas uma variável, além de que a nebulosidade é um fator subjetivo e dependente da interpretação de cada observador.

Em Santa Catarina, as noites de inverno são caracterizadas pela baixa nebulosidade, em virtude da maior frequência da atuação de massas de ar frio e/ou polar, o que diminui a influência desta na temperatura mínima do dia subsequente Araújo et al. (2009).

Silva e Sentelhas (2001) pesquisaram a relação entre a temperatura do abrigo e a medida na relva em noites de geada para Santa Catarina, concluindo que a diferença média entre estes dois ambientes, variou de 2,1 a 4,8 °C, de acordo com as condições atmosféricas associadas à topografia e as características da superfície. Como as estações meteorológicas são padronizadas, a nebulosidade, a umidade do ar e a velocidade do vento foram os principais responsáveis pela variação no balanço energético de radiação, o que explica a diferença entre a temperatura no abrigo e na relva. Ao considerarem a relação desta variação com o risco de geada, notaram que para algumas cidades a faixa com probabilidade de ocorrência é maior do que em relação às outras. Em São Joaquim, o risco de geada ultrapassou a variação de até 10 °C, diferente das demais cidades onde o risco não ultrapassa 7 °C.

Assim, os pesquisadores encontraram que para Campos Novos, a maior frequência ficou na faixa de 0,1 a 3,0 °C com 49,4%, Chapecó e São Joaquim 3,1 a 5,0°C com 45,7% e 30%, respectivamente, e Lages 4,1 a 6,0 °C com 46,2% de probabilidade de ocorrência.

O cruzamento da faixa de maior ocorrência para cada cidade com o seu respectivo modelo de estimativa baseado na temperatura mínima do ar a 00 h (TMG), permitiu elaborar uma tabela para estimar a temperatura mínima do dia subsequente e, assim, a possibilidade de ocorrência de geada branca (Tabela 1 do Apêndice).

De posse destas informações, podem-se tomar medidas em curto prazo, necessárias para evitar/minimizar os danos decorrentes da geada, como a cobertura de mudas utilizando-se materiais como resíduos vegetais (palhada), sacos plásticos, bambu-açú ou até mesmo o solo (enterrio de mudas), servindo como isolantes térmicos reduzindo a troca de calor entre o solo e o ar. Outra medida é o chegamento de terra no caule, evitando que este fique exposto ao ar frio, o que possibilita o rebrote mesmo que a parte aérea venha a morrer. Uma prática comum entre os agricultores é o uso de aquecimento através de pequenas fogueiras nas entrelinhas ou em latões no caso de estufas ou viveiros, porém não sendo ecologicamente corretos por utilizar a queima de combustíveis fósseis como o óleo diesel (CARAMORI et al., 2008).

O uso de agrotêxtil em forma de túneis retráteis vem se mostrando uma alternativa viável para pequenas propriedades que trabalham com culturas como melão, melancia, morango, pimentão, feijão vagem, alface e couve (Barros Júnior et.al., 2004).

Embora uma situação sinótica favorável para a ocorrência de geada possa ser prevista com relativa facilidade e antecedência razoável, a formação de geada em uma região com distintos microclimas requer um conhecimento maior e ferramentas mais aprimoradas (SELUCHI, 2009).

Nas Tabelas 5 e 6, têm-se os resultados mais significativos das regressões linear e polinomial entre o número de ocorrências de geada com a média das temperaturas mínimas e com a média das temperaturas médias mensais, respectivamente.

Tabela 5. Resultados das análises de regressão entre a média da temperatura mínima mensal (\bar{T}_{\min}) e nº de dias com temperaturas $\leq 4^{\circ}\text{C}$ (N°_{geada}).

Local	R ²	r	valor-p	F	Equação
Campos Novos	0,70	0,83	1,28E-14	117,560	$N^{\circ}_{\text{geada}}=19,79-1,71 \cdot \bar{T}_{\min}$
Lages	0,08	0,28	0,042	4,350	$N^{\circ}_{\text{geada}}=7,926-0,2871 \cdot \bar{T}_{\min}$
Chapecó	0,01	0,10	0,8388	0,418	-
São Joaquim	0,02	0,14	0,3356	0,945	-

r=coeficiente de correlação; R²=coeficiente de determinação.

Tabela 6. Resultados das análises de regressão entre a média da temperatura média mensal (\bar{T}) e nº de dias com temperaturas $\leq 4^{\circ}\text{C}$ (N°_{geada}).

Local	R ²	r	valor-p	F	Equação
Campos Novos	0,57	0,75	5,63E-14	67,714	$N^{\circ}_{\text{geada}}=28,71-1,877 \cdot \bar{T}$
Lages	0,02	0,13	0,3188	1,014	-
Chapecó	0,00	0,00	0,9906	0,001	-
São Joaquim	0,01	0,10	0,03518	0,522	-

r=coeficiente de correlação; R²=coeficiente de determinação.

Na regressão entre o número de ocorrências de geada com a média mensal da temperatura mínima apenas em Campos Novos e Lages houve significância estatística, apesar do que, para Lages, a média da temperatura mínima mensal explica apenas 28% do número de ocorrências de geada (Tabela 5). Já na correlação com a temperatura média mensal, as ocorrências de geada foram significativas apenas para Campos Novos. A diferença expressiva

entre os valores de Campos Novos com as demais localidades demonstra que o uso de uma metodologia estatística nem sempre é proveitosa entre diferentes locais analisados, mesmo que estejam relativamente próximos entre si. Silva e Sentelhas (2001) atestaram esta informação, ao indicarem um modelo probabilístico ideal para alguns municípios de Santa Catarina na relação entre temperatura mínima do abrigo com a mínima de relva.

4. Conclusões

A temperatura do ar a 00 h (TMG) é a melhor variável preditora para a temperatura mínima do dia seguinte (T_{min}).

Os modelos estatísticos para previsão de temperatura mínima apresentaram um desempenho ‘muito bom’.

Em eventos de geada branca ($T_{min} \leq 4^{\circ}\text{C}$) o acerto esteve entre 64,3% e 88,9%.

5. Referências bibliográficas

AGUIAR, D.; MENDONÇA, M. Climatologia das geadas em Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** GEDN/UFSC, 2004. P.762-773.

ARAÚJOS, C.E.S de; et al. **Previsão de geadas em Santa Catarina**. Florianópolis – SC: Epagri, 2009. 11p. (Relatório do Projeto PREVISÃO DE EVENTOS EXTREMOS NO SUL DO BRASIL – FINEP 14). Disponível em <http://www.ciram.com.br/finep14/recursos/Rel_Finep14_Geada.pdf>

BARDIN, L.; JUNIOR, M.J.P.; MORAES, J.F.L. Estimativa das temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.6, p. 618-624, 2010.

BRIXNER, G.F.; et. Risco de geada e duração dos subperíodos fenológicos da ‘Cabernet Sauvignon’ na região da Campanha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.18, n.2, p. 217-224, 2014.

CARAMORI, P.H.; et al. Métodos de proteção contra geadas em cafezais em formação, **IAPAR** 2008. Disponível em <http://www.iapar.br/arquivos/File/Zip_pdf/protgeada.pdf> Acesso em: 28 maio 2016.

FILHO, A.C.; et al. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decenal do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.893-901, 2006.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.E.; AGUIAR, A.V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v.10, n.1, p.49-64, 2008.

GALVANI, E.; et al. Modelo de estimativa de temperatura mínima do ar para a região de Maringá-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 105-110, 2000.

JÚNIOR, P.A.V.; et al. Previsões meteorológicas do Modelo Eta para subsidiar o uso de modelos de previsões agrícolas no Centro-Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.2, p. 412-420, 2009.

JÚNIOR, B.A.P.; et al. Cultivo de alface em túneis baixos de agrotexteis. **Revista de Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.801-803, 2004.

MASSIGNAM, A.M.; DITTRICH, R.C.; Estimativa do número e da probabilidade mensal de ocorrência de geadas para o estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.213-220, 1998.

MINUZZI, R.B.; et al. Estimativa da evapotranspiração de referência diária por Penman-Monteith FAO com dados de temperatura do ar para Santa Catarina. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.4, p. 548-558, 2014.

MOHANTY, U.C.; et al. Forecasting minimum temperature during winter and maximum temperature during Summer at Delhi. **Meteorology Application**, v.4, p.37-48, 1997.

PERISSATO, S.M.; et al. Efeito Das Geadas em Culturas Energéticas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.1, p.49-58, 2013.

RAMOS, C.M.; et al. Modelagem da variação horária da temperatura do ar em Petrolina-PE e Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.15, n.9, p. 959-965, 2011.

SELUCHI, M.E. Geadas e friagens. In: CAVALCANTI, I.F.A. et al. (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.149-168.

SENTELHAS, P.C.; ANGELOCCI, L.R. Entendendo a Geada, 2012. Disponível em <<http://www.climaonline.com.br/artigo03.php>> Acesso em: 14 março 2016.

SILVA, J. G.; SENTELHAS, P. C. Diferença de temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geada no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 9-15, 2001.

APÊNDICE

Tabela 1 – Estimativa da temperatura mínima do dia subsequente, baseado na temperatura do ar da 00 h (TMG).

Temperatura 00 h TMG (°C)	Temperatura mínima do dia subsequente (°C)							
	São Joaquim		Lages		Chapecô		Campos novos	
	Limites		Limites		Limites		Limites	
	-	+	-	+	-	+	-	+
-8,5	-11,6	-6,7	-14,2	-9,2	-13,2	-8,6	-11,9	-7,9
-8	-11,2	-6,3	-13,8	-8,8	-12,7	-8,1	-11,5	-7,5
-7,5	-10,8	-5,9	-13,3	-8,3	-12,3	-7,7	-11,0	-7,0
-7	-10,3	-5,4	-12,8	-7,8	-11,8	-7,2	-10,6	-6,6
-6,5	-9,9	-5,0	-12,3	-7,3	-11,3	-6,7	-10,2	-6,2
-6	-9,5	-4,6	-11,8	-6,8	-10,9	-6,3	-9,7	-5,7
-5,5	-9,0	-4,1	-11,4	-6,4	-10,4	-5,8	-9,3	-5,3
-5	-8,6	-3,7	-10,9	-5,9	-9,9	-5,3	-8,8	-4,8
-4,5	-8,2	-3,3	-10,4	-5,4	-9,5	-4,9	-8,4	-4,4
-4	-7,8	-2,9	-9,9	-4,9	-9,0	-4,4	-7,9	-3,9
-3,5	-7,3	-2,4	-9,4	-4,4	-8,5	-3,9	-7,5	-3,5
3	-1,7	3,2	-3,2	1,8	-2,4	2,2	-1,7	2,3
-2,5	-6,5	-1,6	-8,5	-3,5	-7,6	-3,0	-6,6	-2,6
-2	-6,0	-1,1	-8,0	-3,0	-7,1	-2,5	-6,2	-2,2
-1,5	-5,6	-0,7	-7,5	-2,5	-6,6	-2,0	-5,7	-1,7
-1	-5,2	-0,3	-7,0	-2,0	-6,2	-1,6	-5,3	-1,3
0	-4,3	0,6	-6,1	-1,1	-5,2	-0,6	-4,4	-0,4
1	-3,4	1,5	-5,1	-0,1	-4,3	0,3	-3,5	0,5
1,5	-3,0	1,9	-4,6	0,4	-3,8	0,8	-3,1	0,9
2	-2,6	2,3	-4,1	0,9	-3,4	1,2	-2,6	1,4
2,5	-2,1	2,8	-3,7	1,3	-2,9	1,7	-2,2	1,8
3	-1,7	3,2	-3,2	1,8	-2,4	2,2	-1,7	2,3
3,5	-1,3	3,6	-2,7	2,3	-2,0	2,6	-1,3	2,7
4	-0,8	4,1	-2,2	2,8	-1,5	3,1	-0,9	3,1
4,5	-0,4	4,5	-1,7	3,3	-1,0	3,6	-0,4	3,6
5	0,0	4,9	-1,3	3,7	-0,6	4,0	0,0	4,0
5,5	0,5	5,4	-0,8	4,2	-0,1	4,5	0,5	4,5
6	0,9	5,8	-0,3	4,7	0,4	5,0	0,9	4,9
6,5	1,3	6,2	0,2	5,2	0,8	5,4	1,4	5,4
7	1,7	6,6	0,7	5,7	1,3	5,9	1,8	5,8
7,5	2,2	7,1	1,1	6,1	1,8	6,4	2,2	6,2
8	2,6	7,5	1,6	6,6	2,2	6,8	2,7	6,7
8,5	3,0	7,9	2,1	7,1	2,7	7,3	3,1	7,1
9	3,5	8,4	2,6	7,6	3,2	7,8	3,6	7,6
9,5	3,9	8,8	3,1	8,1	3,7	8,3	4,0	8,0
10	4,3	9,2	3,6	8,6	4,1	8,7	4,5	8,5
10,5	4,8	9,7	4,0	9,0	4,6	9,2	4,9	8,9
11	5,2	10,1	4,5	9,5	5,1	9,7	5,3	9,3
11,5	5,6	10,5	5,0	10,0	5,5	10,1	5,8	9,8
12	6,1	11,0	5,5	10,5	6,0	10,6	6,2	10,2
12,5	6,5	11,4	6,0	11,0	6,5	11,1	6,7	10,7
13	6,9	11,8	6,4	11,4	6,9	11,5	7,1	11,1
13,5	7,4	12,3	6,9	11,9	7,4	12,0	7,5	11,5
14	7,8	12,7	7,4	12,4	7,9	12,5	8,0	12,0
14,5	8,2	13,1	7,9	12,9	8,3	12,9	8,4	12,4
15	8,7	13,6	8,4	13,4	8,8	13,4	8,9	12,9
15,5	9,1	14,0	8,8	13,8	9,3	13,9	9,3	13,3
16	9,5	14,4	9,3	14,3	9,7	14,3	9,8	13,8

Alto risco de geada

Médio risco de geada

Baixo risco de geada