

ISSN 0104-1347

Análise da ocorrência de geadas no Estado do Paraná

Analysis of frost occurrence in the State of Parana, Brazil

Ilya Kim¹, Leocádio Grodzki², Paulo Henrique Caramori³ e Sandro Vissotto⁴

Resumo - A ocorrência de geadas no Estado do Paraná tem causado grandes prejuízos para a agricultura. Geralmente, tem-se usado, para os cálculos climáticos da ocorrência de geadas no Estado do Paraná, as temperaturas mínimas do ar no abrigo $\leq 3^{\circ}\text{C}$. Neste trabalho, procurou-se estudar séries históricas de temperatura mínima de abrigo $\leq 0^{\circ}\text{C}$, temperatura de relva $\leq 0^{\circ}\text{C}$, temperatura mínima de abrigo $\leq 3^{\circ}\text{C}$ e geadas observadas nas 28 estações da rede do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR. Foram definidos os períodos com maior probabilidade de ocorrência da primeira e última geada, nas estações que representam as diferentes regiões do Estado. Também foram calculadas as probabilidades de persistência de geada para os dias seguintes. Os resultados indicaram que na maior parte (89%) das estações meteorológicas, o método de se adotar temperatura mínima do ar no abrigo $\leq 3^{\circ}\text{C}$ para determinar a ocorrência de geada não tem boa precisão. A comparação do número de geadas com base nos critérios $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$ e observação visual, mostrou que em 71% das estações o número de geadas observadas é significativamente maior que as determinadas pelo critério $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$, em 18% ocorre o contrário e em 11% os resultados são comparáveis.

Palavras-chave: temperatura mínima, estação de crescimento, probabilidade de geadas.

Abstract - Frost occurrences in the state of Paraná, Southern Brazil, has caused severe losses in agriculture. Minimum temperatures of 3°C or less in the shelter have been used for climatic calculations of frost occurrences in the State of Paraná. In this work, a comparative analysis was carried out with historical series of shelter minimum temperature ($\leq 0^{\circ}\text{C}$), grass minimum temperature ($\leq 0^{\circ}\text{C}$), shelter minimum temperature ($\leq 3^{\circ}\text{C}$) and observed frosts over 28 agrometeorological stations from Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR. Periods with higher probability of the first and the last frost were defined for representative agrometeorological stations over the State. In addition, the probabilities of frost occurrence over consecutive days were calculated. The results showed that for most agrometeorological stations (89%), the $\leq 3^{\circ}\text{C}$ minimum air temperature method did not have good precision. Comparisons of the number of frosts based on $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$ and visual observations, showed that the number of visual frosts is 71% higher than determined with the condition $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$, the opposite occurred in 18%, and in 11% the results were comparable.

Key words: Minimum temperature, growing season, frost probability.

Introdução

A ocorrência de geadas pode causar graves conseqüências para a agricultura, principalmente se ocorrerem com intensidade e em épocas em que as

culturas se encontram em fases críticas de crescimento. O Paraná é um Estado com expressiva atividade agropecuária, no qual muitos estudos foram desenvolvidos para contornar os riscos de ocorrência de geadas, principalmente voltados para a área agrícola

¹Dr., Pesquisador do CNPq, Inst. Tecnológico SIMEPAR - CP 19100, CEP 81531-990, Curitiba - Paraná - Brasil. (iskim@simepar.br)

²Dr., Pesquisador do Inst. Agronômico do Paraná (IAPAR) - CP 19100, CEP 81531-990, Curitiba - Paraná - Brasil. (leocadio@simepar.br)

³Dr., Pesquisador do Inst. Agronômico do Paraná (IAPAR) - CP 481 CEP: 86001-970, Londrina - Paraná - Brasil. (caramori@pr.gov.br)

⁴Estagiário do Inst. Tecnológico SIMEPAR - CP 19100, CEP 81531-990, Curitiba - Paraná - Brasil. (sandrov@simepar.br)

(CARAMORI *et al.*, 1999; GONÇALVES *et al.*, 1999a e b; CARAMORI *et al.*, 2000; GRODZKI *et al.*, 2001; CARAMORI *et al.*, 2001a e b).

Dentro do conceito da meteorologia, as geadas ocorrem quando a temperatura do ponto de orvalho do ar atinge valores abaixo de 0°C e o vapor de água passa diretamente para o estado sólido, havendo a formação dos cristais de gelo. A geada não é o orvalho congelado (BLAIR & FITE, 1964). Por outro lado, se uma frente fria traz ar muito seco, estando a uma temperatura do ponto de orvalho abaixo de 0°C, pode ocorrer geada sem formação de gelo (geada negra). As geadas são classificadas como *advectivas* e *de irradiação*: *advectivas*, quando as temperaturas baixam devido ao deslocamento da massa de ar polar e *de irradiação*, quando ocorrem com presença de anticiclones, em noites sem vento ou com vento muito fraco, em que o balanço de radiação é bastante negativo. As geadas ocorrem mais facilmente nos locais baixos e de difícil escoamento do ar. A geada pode ocorrer na superfície mesmo que a temperatura do ar, no abrigo, esteja positiva. A diferença entre a temperatura de relva e a temperatura do ar a 1,5 m acima do solo, pode atingir até 8°C ou mais (BOOTSMA, 1980).

As condições fisiográficas do Estado do Paraná se caracterizam por apresentar variações em altitude e diferentes exposições, o que dificulta a tentativa de separar regiões homogêneas. Em estudos climáticos de ocorrências de geadas no Paraná (GRODZKI *et al.*, 1996; GUETTER & ZAICOVSKI, 1999; NERY & SANSIGOLO, 2000), foi adotada a temperatura mínima de 3°C no abrigo para a determinação de ocorrência de geada ao nível de relva, conforme proposto por GRODZKI *et al.* (1996). Valores próximos a 3°C no abrigo foram adotados para determinação de geada para Santa Catarina e São Paulo (SENTELHAS *et al.*, 1995; SILVA & SENTELHAS, 2001).

Material e métodos

No presente estudo foram usados os dados de temperatura mínima do ar (T_{\min}), temperatura mínima de relva ($T_{R\min}$) e geadas observadas visualmente nas 28 estações da rede do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a partir do início das observações até o ano 2000. Os registros visuais de geada foram feitos com a observação do fenômeno em torno das estações agrometeorológicas e próximo

do horário de leitura matinal. Na Tabela 1 são mostradas as disposições das estações meteorológicas da rede do IAPAR.

Analisou-se as frequências de ocorrência de geadas mensal e anual, determinadas com o uso de $T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$ e $T_{\min} \leq 3^\circ\text{C}$ no abrigo, $T_{R\min} \leq 0^\circ\text{C}$ e geadas observadas visualmente. Na análise foi considerado cada caso de geada, independente da ocorrência das geadas no dia anterior ou não.

O intervalo móvel de 20 dias foi usado para determinação dos períodos com maior probabilidade de ocorrência da primeira e última geada. O intervalo de 20 dias foi aplicado para um passo de um dia adiante, a partir do início do outono (primavera) ao final do outono (primavera), e identificando o período com maior número das primeiras (últimas) geadas.

A probabilidade de persistência de geada para os dias seguintes (segundo e terceiro dia) foi calculada para intervalos da $T_{R\min}$ de 0°C a -0,9°C, -1°C a -2,9°C e $\leq -3^\circ\text{C}$. Também foram calculadas e analisadas as normais climáticas mensais e anuais das geadas, com base nos dados de geadas observadas visualmente.

Resultados e discussão

Geralmente nas estações meteorológicas se registram as geadas visualmente ou com $T_{R\min} \leq 0^\circ\text{C}$. Porém, na maioria dos estudos climáticos de ocorrências de geadas no Estado do Paraná, utilizou-se o critério $T_{\min} \leq 3^\circ\text{C}$ no abrigo para a determinação da ocorrência de geada ao nível de relva, fundamentado no trabalho de GRODZKI *et al.* (1996).

Na Tabela 2 são apresentados os números de casos com os valores da $T_{R\min} \leq 0^\circ\text{C}$ ou de geadas (N_g), números de casos com $T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$ (N_{m0}) e $T_{\min} \leq 3^\circ\text{C}$ (N_{m3}), bem como o número de geadas ocorridas com os valores da $T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$ e $T_{\min} \leq 3^\circ\text{C}$ (N_{tr0} e N_{tr3} , respectivamente). Ainda, na Tabela 2, são mostradas as porcentagens das geadas ocorridas relativas aos números da $T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$ (P1), relativas aos números de geada total (P2), para $T_{\min} \leq 3^\circ\text{C}$ (P3) e relativas aos números de geada total (P4). Sempre ocorreram geadas quando houve $T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$. A análise da Tabela 2 mostrou que cerca de 2/3 das geadas ocorreram com a $T_{\min} > 0^\circ\text{C}$, com exceção para a estação de Londrina, onde verificou-se a ocorrência de mais de 90% das geadas com $T_{\min} > 0^\circ\text{C}$. A Tabela 2 também mostra o cálculo, levando-se em conta a $T_{\min} \leq 3^\circ\text{C}$

Tabela 1. Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo.

Estação	Latitude S	Longitude W	Altitude (m)	Período de observação
01 – Bela Vista do Paraíso	22° 57' S	51 12' O	600	1971 a 2000
02 – Joaquim Távora	23° 30' S	49° 52' O	512	1971 a 2000
03 – Cambará	23° 00' S	50° 02' O	450	1957 a 2000
04 – Bandeirantes	23° 06' S	50° 21' O	440	1974 a 2000
05 – Londrina	23° 18' S	51° 09' O	566	1976 a 2000
06 – Apucarana	23° 30' S	51° 32' O	746	1964 a 2000
07 – Ibiporã	23° 16' S	51° 01' O	484	1971 a 2000
08 – Paranaíba	23° 05' S	52° 26' O	480	1974 a 2000
09 – Cianorte	23° 40' S	52° 35' O	530	1971 a 2000
10 – Umuarama	23° 44' S	53° 17' O	480	1971 a 2000
11 – Telêmaco Borba	24° 20' S	50° 37' O	768	1971 a 2000
12 – Nova Cantu	24° 40' S	52° 34' O	540	1976 a 2000
13 – Palotina	24° 18' S	53° 55' O	310	1972 a 2000
14 – Morretes	25° 30' S	48° 49' O	95	1966 a 2000
15 – Guaraqueçaba	25° 18' S	48° 20' O	40	1977 a 2000
16 – Antonina	25° 13' S	48° 48' O	60	1977 a 2000
17 – Lapa	25° 47' S	49° 46' O	910	1988 a 2000
18 – Ponta Grossa	25° 13' S	50° 01' O	880	1954 a 2000
19 – Fernandes Pinheiro	25° 27' S	50° 35' O	893	1963 a 2000
20 – Guarapuava	25° 21' S	51° 30' O	1020	1973 a 2000
21 – Laranjeiras do Sul	25° 25' S	52° 25' O	880	1973 a 2000
22 – Planalto	25° 42' S	53° 46' O	400	1973 a 2000
23 – Quedas do Iguaçu	25° 31' S	53° 01' O	514	1972 a 2000
24 – Palmas	26° 29' S	51° 59' O	1110	1979 a 2000
25 – Clevelândia	26° 25' S	52° 21' O	930	1972 a 2000
26 – Pato Branco	26° 07' S	52° 41' O	700	1979 a 2000
27 – Cerro Azul	24° 49' S	49° 15' O	443	1972 a 2000
28 – São Miguel do Iguaçu	25° 11' S	54° 08' O	307	1982 a 2000

no abrigo para identificar geada. Por exemplo, na estação de Ponta Grossa foram observados 483 casos com $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$, sendo que em 397 (82,2%) deles foram observadas $T_{\text{Rmin}} \leq 0^{\circ}\text{C}$ (geadas). Em Londrina, 94,3% dos casos da $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$ foram acompanhados com $T_{\text{Rmin}} \leq 0^{\circ}\text{C}$ (geadas), já em Cascavel e

Fernandes Pinheiro isto ocorreu em 54,9% e 60,2% dos casos, respectivamente.

Porém, a análise dos números de $T_{\text{Rmin}} \leq 0^{\circ}\text{C}$ ocorridos com $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$ relativos aos números totais de casos de $T_{\text{Rmin}} \leq 0^{\circ}\text{C}$, mostrou que em Londri-

Tabela 2. Número de geadas que ocorreram com a $T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ e $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$ e porcentagem relativa ao número de casos de $T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ (P1) e $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$ (P3) e ao número de geada total (P2 e P4).

Estação	Período de observação	Nt	$T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$				$T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$			
			N_{tm0}	N_{tr0}	P1	P2	N_{tm3}	N_{tr3}	P3	P4
Cascavel	1972 a 1999	69	24	24	100 %	34,8 %	102	56	54,9 %	81,2 %
Londrina	1958 a 2000	148	9	9	100 %	6,1 %	87	82	94,3 %	55,4 %
Palmas	1979 a 2000	537	150	148	98,7 %	27,6 %	421	362	86,0 %	67,4 %
Ponta Grossa	1954 a 2000	442	159	158	99,4 %	35,8 %	483	397	82,2 %	89,8 %
Fernandes Pinheiro	1963 a 1996	254	96	95	98,9 %	37,4 %	367	221	60,2 %	87,0 %

N_{tm0} – temperatura mínima de abrigo $\leq 0^{\circ}\text{C}$;

N_{tr0} – temperatura mínima de relva $\leq 0^{\circ}\text{C}$;

N_{tm3} – temperatura mínima de abrigo $\leq 3^{\circ}\text{C}$;

N_{tr3} – temperatura mínima de relva $\leq 3^{\circ}\text{C}$.

na e em Palmas ocorreram em somente 55,4% e 67,4% do total de geadas, respectivamente. Nas outras estações esta percentagem ficou entre 81,2% e 89,8%. Isto significa que cerca de metade dos casos de geadas em Londrina e 1/3 em Palmas ocorreram com $T_{\min} > 3^{\circ}\text{C}$, enquanto nas outras estações este valor esteve entre 10% e 20%.

Foram calculadas e analisadas as diferenças entre a T_{\min} e $T_{R\min}$ em dias com geada (Tabela 3). A maior diferença absoluta ocorreu em Londrina com $11,3^{\circ}\text{C}$, quando a T_{\min} no abrigo registrou $9,1^{\circ}\text{C}$ e a $T_{R\min}$ $-2,2^{\circ}\text{C}$ (ocorrência em 03 de agosto de 1996). Em Palmas foi registrada $10,2^{\circ}\text{C}$ de T_{\min} no abrigo, enquanto que a $T_{R\min}$ foi de $-0,2^{\circ}\text{C}$ (16 de junho de 1999). Portanto, a análise mostrou que no Estado do Paraná, em casos extremos, pode ocorrer geada quando a T_{\min} no abrigo for positiva em até mais que 10°C .

Foi feita uma análise das datas de ocorrências de geadas em diferentes locais do Paraná (Tabela 4). As datas de ocorrência de geadas precoces (outono) e tardias (primavera) nas mesmas estações, mostram que as datas de geadas determinadas com uso de $T_{R\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ e $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$ são diferentes. A diferença entre as datas das primeiras geadas pode alcançar até dois meses (Palmas) e a diferença nas datas das últimas geadas atinge mais que um mês em Fernandes Pinheiro.

Entre as cinco estações consideradas com base na $T_{R\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ (Tabela 4), as primeiras geadas podem ocorrer no sul do Estado na metade de janeiro (Palmas) e as últimas geadas também ocorrem no sul de Estado (20/11, Palmas). Na estação de Palmas as geadas podem ocorrer praticamente durante todo o ano, exceção para o final do novembro, dezembro e início de janeiro. O período mais curto de ocorrência de geadas é em Cascavel (entre 15/5 e 31/8).

Tabela 3. Maiores diferenças absolutas das temperaturas mínima do ar e temperatura da relva, durante a ocorrência de geada.

Estação	T_{\min}	$T_{R\min}$	Data
Cascavel	6,7	-1,0	23/06/1990
Londrina	9,1	-2,2	03/08/1996
Palmas	10,2	-0,2	16/07/1999
Ponta Grossa	7,8	-0,1	19/08/2000
Fernandes Pinheiro	10,0	-1,0	20/08/1991

T_{\min} – Temperatura mínima de abrigo ($^{\circ}\text{C}$);

$T_{R\min}$ – Temperatura mínima de relva ($^{\circ}\text{C}$).

Nas mesmas estações, com a utilização dos intervalos de tempo móveis (20 dias) e com uso dos critérios $T_{R\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ e $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$, foram definidos os períodos mais prováveis de ocorrência da primeira e última geadas. Na Tabela 5 são mostrados os períodos com maior probabilidade de ocorrências das primeiras geadas, com a aplicação de ambos os critérios. Verifica-se que as diferenças dos períodos com maior probabilidade de ocorrência da primeira geada pode atingir até 1 mês. Por exemplo, na estação de Cascavel o período real de maior probabilidade de ocorrência da primeira geada, é de 22/06 a 11/07 (para $T_{R\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$) e 25/05 a 13/06 para $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$. As probabilidades de ocorrência das primeiras geadas nos períodos definidos, para $T_{R\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$, variam entre 33,3% e 44,8%.

A Tabela 6 mostra os períodos com maior probabilidade de ocorrência das últimas geadas. Observa-se que as diferenças dos períodos com maior probabilidade de ocorrência da última geada, com uso de $T_{R\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ e $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$, pode atingir também até 1 mês. Por exemplo, na estação de Fernandes Pinheiro o período de maior probabilidade de ocorrência da última geada é de 04/08 a 23/08 para $T_{R\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ e 03/09 a 22/09 para $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$. As probabilidades de ocorrência das últimas geadas para $T_{R\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$, variam entre 38,0% e 46,7%.

Como já foi descrito, as geadas no Estado do Paraná geralmente ocorrem com o deslocamento de massas polares que pode causar um abaixamento da temperatura do ar durante vários dias. Por isso foram calculadas as probabilidades de persistência de geada para os dias seguintes. Os resultados do cálculo são mostrados na Tabela 7. Verifica-se que, se ocorreu geada com $T_{R\min}$ entre 0°C a $-0,9^{\circ}\text{C}$, a probabilidade de que ocorra geada no dia seguinte nas estações de Cascavel e Londrina é de 14% e 21%, respectivamente. Nas estações de Palmas, Ponta Grossa e Fernandes Pinheiro estes valores são maiores, atingindo 32%, 26% e 29%, respectivamente. A probabilidade de ocorrência de geada para o terceiro dia em todas as estações é pequena, sendo de 12% ou menos. A análise mostrou que nas estações de Cascavel e Londrina os números de geadas são baixos, por isso como segundo intervalo foi considerado $T_{R\min} \leq -1^{\circ}\text{C}$. Neste intervalo, durante o período estudado, ocorreram 48 e 99 geadas em Cascavel e Londrina, respectivamente. Ocorreram geadas no dia seguinte em 44% dos casos em Cascavel e 48% dos casos em Londrina. O registro de geadas para o terceiro dia foi 10% e 11% dos casos em Cascavel e Londrina, res-

Tabela 4. Datas de ocorrência de geadas precoces e tardias com $T_{Rmin} \leq 0^{\circ}C$ e $T_{min} \leq 3^{\circ}C$.

Estação	Precoce		Tardia	
	$T_{Rmin} \leq 0^{\circ}C$	$T_{min} \leq 3^{\circ}C$	$T_{Rmin} \leq 0^{\circ}C$	$T_{min} \leq 3^{\circ}C$
Cascavel	15/05/1993	12/05/1973	31/08/1978	19/09/1979
Londrina	18/04/1999	17/05/1968	17/09/1980	11/09/1975
Palmas	11/01/1994	11/03/1987	20/11/1991	24/10/1983
Ponta Grossa	05/04/1997	06/04/1968	13/10/1989	23/11/1970
Fernandes Pinheiro	25/04/1971	24/04/1971	11/10/1995	23/11/1970

T_{Rmin} – Temperatura mínima de relva;

T_{min} – Temperatura mínima de abrigo.

Tabela 5. Períodos mais prováveis de ocorrências das primeiras geadas, com $T_{Rmin} \leq 0^{\circ}C$ e $T_{min} \leq 3^{\circ}C$.

Estação	$T_{Rmin} \leq 0^{\circ}C$		$T_{min} \leq 3^{\circ}C$	
	Período	Probabilidade de ocorrência	Período	Probabilidade de ocorrência
Cascavel	22/06 a 11/07	33,3 %	25/05 a 13/06	50,0 %
Londrina	30/05 a 18/06	44,8 %	30/05 a 18/06	40,7 %
Palmas	05/04 a 24/04	44,4 %	01/05 a 20/05	47,4 %
Ponta Grossa	04/05 a 23/05	34,8 %	19/05 a 7/06	41,3 %
Fernandes Pinheiro	16/05 a 04/06	42,4 %	20/05 a 8/06	62,5 %

T_{Rmin} – Temperatura mínima de relva;

T_{min} – Temperatura mínima de abrigo.

pectivamente. Em Palmas, Ponta Grossa e Fernandes Pinheiro, com intervalo de T_{Rmin} entre $-1^{\circ}C$ e $-2,9^{\circ}C$, foram registradas geadas no segundo dia em 44%, 34% e 36% dos casos, e para o terceiro dia em 20%, 13% e 12% dos casos, respectivamente. Para $T_{Rmin} \leq -3^{\circ}C$, as geadas que ocorreram no dia seguinte foram em 65%, 61% e 63% dos casos e no terceiro dia em 29%, 25% e 28% dos casos, respectivamente.

Foram calculados os números de geadas observadas visualmente e definidas por meio do critério $T_{min} \leq 3^{\circ}C$, nas 28 estações da rede do IAPAR e feita uma comparação entre eles. Verifica-se na Tabela 8, onde são mostrados os números de geadas totais, observadas visualmente e determinadas com o uso do critério $T_{min} \leq 3^{\circ}C$, que em 20 estações (71%), o número de geadas observadas visualmente foi maior

Tabela 6. Períodos mais prováveis de ocorrências das últimas geadas para $T_{Rmin} \leq 0^{\circ}C$ e $T_{min} \leq 3^{\circ}C$.

Estação	$T_{Rmin} \leq 0^{\circ}C$		$T_{min} \leq 3^{\circ}C$	
	Período	Probabilidade de ocorrência	Período	Probabilidade de ocorrência
Cascavel	07/07 a 26/07	46,7 %	30/7 a 18/8	57,1%
Londrina	21/07 a 09/08	44,3 %	20/7 a 08/8	46,2%
Palmas	18/09 a 07/10	40,0 %	16/9 a 04/10	42,1%
Ponta Grossa	28/07 a 16/08	38,0 %	01/8 a 20/8	38,6%
Fernandes Pinheiro	04/08 a 23/08	38,0 %	03/9 a 22/9	34,5%

T_{Rmin} – Temperatura mínima de relva;

T_{min} – Temperatura mínima de abrigo.

Tabela 7. Probabilidades de persistência de geada nos dias seguintes à primeira geada.

Estação	Intervalo de T_{Rmin} para dia seguinte ($^{\circ}C$)	Número de dias com T_{Rmin} no intervalo	Número de ocorrência de 1 dia seguinte	Número de ocorrência de 2 dias seguintes
Cascavel	$0 \geq T_{Rmin} > -1$	21	3 (14%)	1 (5%)
	$T_{Rmin} \leq -1$	48	21 (44%)	5 (10%)
Londrina	$0 > T_{Rmin} > -1$	47	10 (21%)	4 (9%)
	$T_{Rmin} \leq -1$	99	48 (48%)	11 (11%)
Palmas	$0 > T_{Rmin} > -1$	106	34 (32%)	10 (9%)
	$-1 \geq T_{Rmin} > -3$	217	96 (44%)	44 (20%)
	$T_{Rmin} \leq -5$	194	127 (65%)	57 (29%)
Ponta Grossa	$0 \geq T_{Rmin} > -1$	129	33 (26%)	12 (9%)
	$-1 \geq T_{Rmin} > -3$	174	60 (34%)	22 (13%)
	$T_{Rmin} \leq -3$	135	82 (61%)	34 (25%)
Fernandes Pinheiro	$0 \geq T_{Rmin} > -1$	68	20 (29%)	7 (10%)
	$-1 > T_{Rmin} > -3$	121	44 (36%)	15 (12%)
	$T_{Rmin} \leq -3$	65	41 (63%)	18 (28%)

T_{Rmin} – Temperatura mínima de relva.

que o número de geadas encontradas através do critério $T_{min} \leq 3^{\circ}C$, sendo que em sete estações (25%) os números de geadas observadas foi maior que o dobro. Por outro lado, em cinco estações (18%) foi encontrado o contrário, ou seja, houve maior número de geadas pelo critério $T_{min} \leq 3^{\circ}C$ do que com observação visual. Finalmente, em três estações (11%), o número de geadas observadas visualmente e encontradas por meio do critério $T_{min} \leq 3^{\circ}C$ foram compatíveis (diferença $\leq 4\%$). Portanto, só em 11% das estações do Estado do Paraná é possível aplicar o critério $T_{min} \leq 3^{\circ}C$ para obter características climáticas de frequência de ocorrência de geada.

Foram calculadas as normais climáticas mensais e anuais da frequência de ocorrência de geadas, com uso dos dados de geada observada, cujos resultados são mostrados na Tabela 9. Observa-se que o maior número de geadas ocorreu na estação de Palmas, cerca de 25 vezes por ano em média, enquanto que em Guaraqueçaba, na região litorânea, constatou-se o fenômeno somente uma vez por ano, em média. A maior frequência climática de geadas foi encontrada nas estações do sul e centro do Estado, com 10 a 13 ocorrências por ano, e uma baixa frequência foi detectada nas regiões do litoral e norte do Estado, com 1 a 4 vezes, em média, por ano. A análise das frequências de ocorrência de geadas por mês mostrou que em todas as estações a maior frequência ocorreu no mês de julho. Na estação de Palmas, em julho ocorreram em média 6 geadas, mais de três a quatro geadas nas estações das regiões sul e centro do Estado,

e até três geadas nas estações de outras regiões do Estado. Também existe uma alta frequência de ocorrência de geadas em junho, embora sendo um pouco mais baixa que no mês de julho (Tabela 9). Em maio e agosto as repetições de geada praticamente são iguais e mais baixas que em junho e julho. Em abril, setembro e outubro é rara a ocorrência de geadas, com exceção para Palmas.

Conclusões

A análise dos números de geadas mostrou que o número de geadas observadas visualmente em geral foi maior que o número de geadas definidas com $T_{min} \leq 3^{\circ}C$, indicando que para a maioria das estações do Paraná, a estatística climática obtida por meio de $T_{min} \leq 3^{\circ}C$ não tem boa precisão para caracterização de geadas. Também a análise das datas de geadas precoces e tardias nas estações que representam diferentes regiões do Estado do Paraná, por meio de dados de T_{Rmin} e T_{min} , mostrou diferenças significativas nas estimativas, que atingiram até dois meses em casos extremos.

Os cálculos das probabilidades de ocorrência de geadas nos dias subsequentes mostrou que existe uma relação direta com a intensidade do fenômeno, ou seja, quanto mais negativa a temperatura mínima de relva, maior a probabilidade da geada persistir no dia seguinte.

As normais climáticas mensais e anuais de ocorrência de geadas (observadas) evidenciaram gran-

Tabela 8. Número de geadas totais observadas visualmente e definidos por meio de $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$.

Estação	Período de observação	Observadas	$T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$	R
Cascavel	1972 a 2000	88	109	80,7
Londrina	1976 a 2000	106	48	220,8
Palmas	1979 a 2000	540	410	131,7
Ponta Grossa	1954 a 2000	448	401	111,7
Fernandes Pinheiro	1963 a 1996	406	357	113,7
Apucarana	1976 a 2000	56	33	169,7
Bandeirantes	1976 a 2000	41	36	113,9
Bela V. do Paraíso	1976 a 2000	44	17	258,9
Cambará	1976 a 2000	87	55	158,2
Cerro Azul	1976 a 1997	66	64	103,1
Cianorte	1976 a 2000	80	36	222,2
Clevelândia	1976 a 2000	252	309	81,6
Guarapuava	1976 a 2000	331	319	103,8
Guaraqueçaba	1978 a 2000	21	32	65,6
Ibiporã	1976 a 2000	57	20	285,0
Joaquim Távora	1976 a 2000	76	72	105,6
Lapa	1988 a 2000	134	124	108,1
Laranjeiras	1976 a 2000	228	173	131,8
Morretes	1976 a 2000	44	10	440,0
Nova Cantu	1976 a 2000	237	96	246,9
Palotina	1976 a 2000	184	184	100,0
Paranavaí	1976 a 2000	52	34	152,9
Pato Branco	1979 a 2000	259	182	142,3
Planalto	1976 a 2000	147	84	175,0
Quedas do Iguaçu	1976 a 1998	71	95	74,7
São M. do Iguaçu	1983 a 1996	67	63	106,4
Telêmaco Borba	1976 a 2000	198	276	71,7
Umuarama	1976 a 2000	78	29	269,0

T_{\min} – Temperatura mínima de abrigo.

R - Números de geadas observados relativo ao número de geadas definidos com o critério $T_{\min} \leq 3^{\circ}\text{C}$, em %.

des diferenças no estado do Paraná, variando entre o mínimo de 1 a 2 por ano no litoral até 24 a 25 por ano em Palmas. A análise de distribuição dos números de geada/mês, nos meses de inverno, mostrou que há maior ocorrência nos meses de julho e junho em todas as regiões do Paraná.

Referências bibliográficas

- BLAIR, T.A.; FITE, R.C. **Meteorologia** Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964. p. 406.
- BOOTSMA, A. **Frost risk survey of Prince Edward Island. P. E. I** Ottawa: Department of Agriculture and Forestry, 1980, 35 p.
- CARAMORI, P.H.; LEAL, A.C.; MORAIS, H. Temporary shading of young coffee plantations with pigeonpea (*Cajanus cajan*) for frost protection in southern Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 1-4, 1999.
- CARAMORI, P.H.; LEAL, A. C.; MORAIS, H. **GEADA – Técnicas para proteção dos cafezais**. Londrina: IAPAR, 2000. 35 p. (Circular, 112).
- CARAMORI, P.H. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 486-494, 2001a (Número Especial).
- CARAMORI, P.H. et al. Zoneamento de riscos climáticos e definição de Semeadura para o feijão no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 477-485, 2001b (Número Especial).
- GONÇALVES, S.L. et al. Regionalização para épocas de semeadura de trigo no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 239-248, 1999a.

Tabela 9. Normais climáticas mensais e anuais de geadas observadas nas estações do IAPAR.

Estação	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	anual
Cascavel	0,0	0,5	1,0	1,3	0,4	0,2	0,0	3,4
Londrina	0,0	0,4	1,4	1,7	0,7	0,0	0,0	4,2
Palmas	1,0	4,5	5,8	6,2	4,2	2,0	0,8	24,6
Ponta Grossa	0,3	1,7	3,5	3,3	1,8	0,5	0,2	11,3
Fernandes Pinheiro	0,2	1,5	3,1	4,2	2,2	1,1	0,1	12,4
Apucarana	0,0	0,2	0,8	1,0	0,3	0,0	0,0	2,3
Bandeirantes	0,0	0,2	0,4	0,9	0,2	0,0	0,0	1,7
Bela V. do Paraíso	0,0	0,1	0,5	0,9	0,2	0,0	0,0	1,8
Cambará	0,0	0,4	1,0	1,4	0,7	0,0	0,0	3,5
Cerro Azul	0,0	0,3	1,0	1,5	0,6	0,1	0,1	3,6
Cianorte	0,0	0,3	1,2	1,2	0,4	0,1	0,0	3,2
Clevelândia	0,4	2,0	2,6	2,6	1,5	0,7	0,2	10,1
Guarapuava	0,6	2,3	3,3	4,0	1,9	0,8	0,3	13,2
Guaraqueçaba	0,0	0,1	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	1,0
Ibiporã	0,0	0,3	1,0	0,7	0,3	0,0	0,0	2,3
Joaquim Távora	0,0	0,4	1,0	1,2	0,4	0,0	0,0	3,0
Lapa	0,7	1,6	2,7	4,3	2,2	0,4	0,0	11,9
Laranjeiras	0,2	1,1	2,7	3,4	1,3	0,5	0,0	9,2
Morretes	0,0	0,1	0,6	0,6	0,3	0,1	0,0	1,7
Nova Cantu	0,1	1,0	2,5	3,5	1,8	0,5	0,1	9,5
Palotina	0,2	0,9	1,9	2,9	1,3	0,3	0,0	7,5
Paranavaí	0,0	0,2	0,6	1,0	0,4	0,0	0,0	2,2
Pato Branco	0,4	1,5	3,0	4,5	1,7	0,9	0,1	12,1
Planalto	0,0	0,9	1,8	2,0	0,8	0,3	0,0	5,8
Quedas do Iguaçu	0,0	0,5	1,3	0,9	0,4	0,1	0,0	3,2
São M. do Iguaçu	0,0	0,4	1,2	2,4	0,6	0,1	0,0	4,7
Telêmaco Borba	0,1	1,1	2,2	3,0	1,3	0,4	0,1	8,2
Umuarama	0,0	0,3	0,9	1,5	0,5	0,0	0,0	3,2

GONÇALVES, S.L. et al. Probabilidade de ocorrência de geada no desenvolvimento inicial da batata (*Solanum tuberosum*, L.) cultivada na safra das águas no Paraná.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis – SC, **Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ EPAGRI, 1999b. p. 254.

GRODZKI, L. et al. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 93-99, 1996.

GRODZKI, L. et al. Avaliação de túneis plásticos como método de proteção de cafezais novos contra geadas no Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, **Anais...**, Vitória:, 2001. p. 12, (em CD).

GUETTER, A.K.; ZAICOVSKI, M.B. Climatologia de geadas do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999. Florianópolis SC. **Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ EPAGRI, 1999, p. 509.

NERY, J.T.; SANSIGOLO, C.A. Distribuições de extremos de temperatura mínima no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 247-253, 2000.

SENTELHAS, P.C.; ORTOLANI, A.A.; PEZZOPANE, J.R.M. Estimativa da temperatura mínima de relva e da diferença de temperatura entre o abrigo e a relva em noites de geada. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 437-445, 1995.

SILVA, J.G. da; 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. 2, p. 9-15, 2001.