

ISSN 0104-1347

Ocorrência da primeira geada de outono e última de primavera no Estado do Paraná

Occurrence of last spring and first autumn frost in the State of Paraná, southern Brazil

Marcos Silveira Wrege¹, Paulo Henrique Caramori², Antônio Carlos Andrade Gonçalves³, Altair Bertonha³, João Henrique Caviglione⁴, Rogério Teixeira de Faria², Rodrigo Cornacini Ferreira⁵, Paulo Sergio Lourenço de Freitas³ e Sergio Luiz Gonçalves⁴

Resumo – O Estado do Paraná, localizado entre 22°S e 27°S de latitude, caracteriza-se pela transição climática entre climas tropicais e temperados, com regime regional de geada dependente de latitude e altitude. Com a finalidade de determinar o período livre de geadas que caracteriza a estação de crescimento das culturas, foram determinadas as datas prováveis da última geada de primavera e primeira geada de outono, com base em séries históricas de temperaturas mínimas de abrigo abaixo de 3°C. O critério para se determinar a primeira e última geada foi baseado nas ocorrências de temperaturas abaixo desse limite, com probabilidades cumulativas de 5% e 95%, respectivamente. As probabilidades para cada estação foram correlacionadas com altitude para gerar equações de estimativa da primeira e última geadas, as quais foram mapeadas em um sistema de informação geográfica. As áreas mais elevadas do Sul e dos Campos Gerais, com altitudes acima de 900m, apresentam as menores estações de crescimento, com as geadas iniciando-se em maio e se estendendo até setembro. As áreas de menor altitude e localizadas ao Norte apresentaram maior estação de crescimento, com ocorrência de geadas basicamente entre junho e agosto.

Palavras-chave: estação de crescimento, geadas, risco climático, zoneamento agrícola.

Abstract - The state of Paraná, located between 22 and 27 degrees of latitude south in Brazil, is characterized by the transition between tropical and temperate climates, with regional frost regimes dependent on latitude and altitude. Aiming at establishing the growing season for frost sensitive crops, the most likely dates of the last spring frost and the first autumn frost were estimated based on series of minimum temperature below 3°C measured inside the shelter. The criterion for determining the first and the last frost was based on the occurrence of temperatures below this threshold with cumulative probabilities of 5% and 95%, respectively. Probabilities for each station were correlated with latitude and altitude to generate equations to estimate first and last frosts and to describe spatial distribution of these variables using a geographic information system (GIS). The areas with high elevations in the South showed shorter growing season, with frost beginning in May and ending in September. The areas with lower altitudes in the North showed longer growing season, with likely frosts from June to August.

Key words: growing season, frost, climatic risk, crop zoning.

Introdução

O Paraná é um Estado que apresenta grande heterogeneidade climática, devido ao seu relevo e localização geográfica, situando-se na faixa de

transição climática entre climas tropicais ao Norte, e subtropical com transição para climas temperados ao Sul (CAVIGLIONE et al., 2000). O Estado apresenta regiões com mais de 1200m de altitude ao Sul, menos de 300m no vale do rio Paranapanema ao Norte, e

¹Eng. Agr. Dr. Embrapa Clima Temperado. BR 392. Pelotas-RS. E-mail: wrege@cpact.embrapa.br.

²Eng. Agr. PhD. IAPAR. BR 369, Km 375. Londrina-PR. E-mail: caramori@pr.gov.br.

³Eng. Agr. Dr. UEM. Av. Colombo, 5.790. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. E-mail: acagoncalves@uem.br.

⁴Eng. Agr. MS. IAPAR. BR369, Km 375. Londrina-PR. E-mail: jhenriq@pr.gov.br.

⁵Eng. Agr. Mestrando da UEM. E-mail: agrorcf@yahoo.com.br.

menos de 200m no vale do rio Paraná, na região Oeste. Essas características fazem com que predominem microclimas, principalmente onde ocorrem mudanças bruscas de relevo, tornando necessária a caracterização pormenorizada dos fatores climáticos que causam danos às plantas (CARAMORI *et al.*, 2001a,b).

Em termos agrônômicos, geada é toda queda extrema de temperatura que causa danos à vegetação. Dentre os fatores climáticos que restringem o crescimento e o desenvolvimento das plantas, a geada é um dos mais importantes, trazendo possibilidade de prejuízos consideráveis àqueles que produzam em períodos e locais em que exista uma grande probabilidade de sua ocorrência.

Existem formas de identificar os períodos livres de geadas, por meio da medição de temperaturas mínimas ocorridas junto à relva ou em abrigos termométricos (GRODZKI *et al.*, 1996). As ocorrências da última geada de primavera e primeira geada de outono determinam a estação de crescimento das culturas. A sua determinação probabilística normalmente é realizada com base em séries históricas de dados de temperatura mínima e fornece subsídio para se estabelecer o calendário agrícola em uma região.

As culturas de verão de uma maneira geral são pouco tolerantes a baixas temperaturas. O feijão das águas, devido à sua baixa tolerância a temperaturas elevadas na floração (MARIOT, 1989), deve ser plantado o mais cedo possível para evitar abortamento de flores por temperaturas elevadas, mas a semeadura só deve ser iniciada quando o risco de geadas for desprezível (CARAMORI *et al.*, 2001b). O milho também é uma cultura muito sensível à geada e temperaturas mínimas de abrigo abaixo de 3°C estão relacionadas a danos agrônômicos (GERAGE, 1999). Assim, a data da última geada é fundamental para se definir o início do plantio da safra normal e a data da primeira geada para definir a colheita do milho “safrinha”, que em muitas regiões tem se estendido no período frio, com perdas em alguns anos (GONÇALVES *et al.*, 2003). A cana-de-açúcar, cuja área cultivada no Paraná tem se expandido nos últimos anos, também pode ser muito afetada pela geada, com danos variáveis dependendo da duração do frio e da temperatura mínima atingida, de acordo com o estágio de desenvolvimento (PARANHOS, 1987). As partes jovens são as mais sensíveis, principalmente as gemas e as folhas. As folhas se danificam com temperaturas inferiores a 3°C. As folhas centrais do palmito da cana-

de-açúcar, no ápice do colmo, apodrecem quando as temperaturas caem abaixo de 3,9°C (IRVINE, 1968). As gemas são um pouco mais resistentes, suportando até 0°C (BACCHI *et al.*, 1980; BRINHOLI, 1978). O conhecimento da extensão do período frio é importante para definir as regiões que tenham um período mínimo de tempo necessário ao desenvolvimento e definir a época de plantio e de corte.

O presente estudo teve o objetivo de determinar as datas prováveis da primeira e da última geada do ano, para auxiliar no planejamento das épocas de cultivo no Estado do Paraná.

Material e Métodos

Foram utilizados os dados de temperatura mínima de abrigo de 20 estações meteorológicas do IAPAR localizadas no Paraná (Tabela 1), com séries de 25 a 30 anos de registros diários. Assumiu-se que ocorreu geada ao nível da superfície do solo quando a temperatura mínima de abrigo foi inferior a 3°C. Assim, analisando-se a série de dados de cada estação, sempre que a temperatura de um dia era inferior ou igual a 3°C era associado o valor “1” e em caso contrário era atribuído o valor “0”. Em seguida foram calculadas as probabilidades de ocorrer pelo menos uma geada por decêndio, movendo-se uma janela de 10 dias ao longo da série de dados com passo um (1-10, 2-11, 3-12, etc.) e analisando-se o ano todo. Adotando-se este procedimento, se dentro de um dado decêndio houvesse ocorrido uma ou mais geadas, aquele decêndio era computado como “1”, independente do número de vezes nos quais a geada ocorreu, caso contrário, era computado “0”. Com base nas seqüências de “0” e “1” de toda a série histórica de cada estação, calculou-se a frequência acumulada de geadas ao longo do ano para cada estação. A data em que se acumulou 5% de probabilidade em cada uma das estações foi assumida como a primeira geada de outono, contando-se do início para o final do ano. A última geada de primavera também foi determinada para uma frequência acumulada de 5% de probabilidade, mas realizando-se os cálculos partindo-se do final para o início do ano.

Com as coordenadas planas das estações (UTM) e a altitude, foram ajustadas duas equações de regressão linear múltipla, para estimar a ocorrência da primeira geada de outono e a última geada de primavera em todo o Estado do Paraná

(CAVIGLIONE et al., 2000; PINTO et al., 1972; ROBERTSON & RUSSELO, 1968). Este procedimento foi executado com o programa de geoprocessamento SPRING, versão 3.6.4. Para que as equações utilizassem os valores das variáveis independentes, foi criada uma grade regular de coordenadas planas de latitude e outra de coordenadas planas de longitude, com resolução de arcos de 30", o que representou um valor a cada 866m x 866m, na escala 1:1.000.000, utilizando-se a projeção UTM - South American Datum 1969 (SAD69). Foi utilizado um arquivo de altitude do "United States Geological Survey" (USGS, 1999), também com uma grade regular de 866m x 866m, na mesma escala e projeção dos anteriores, conforme apresentado na Figura 3. Assim, foram obtidas as três grades necessárias à entrada dos valores dessas variáveis, que serviram para a interpolação dos dados gerados pelas equações de regressão. Essa equação foi executada na linguagem própria de programação do SPRING, conhecida como LEGAL.

Foi digitalizada a divisa estadual, com as mesmas especificações dos mapas anteriores,

excluindo os valores situados fora do Estado, a fim de permanecerem somente os valores para o Paraná.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta as datas prováveis de primeira e última geada para cada estação meteorológica, as quais foram utilizadas para obter as equações de regressão linear múltipla para estimar a primeira geada de outono e a última geada de primavera. A Tabela 2 apresenta as análises de variância para as datas da geada e a Figura 1 apresenta a distribuição dos resíduos padronizados. Na Tabela 3 são apresentadas as regressões lineares para estimar a data provável da primeira e última geada em cada estação meteorológica, em função da probabilidade. Assim, em Apucarana, com 5% de probabilidade, a data provável da primeira geada de outono é 20 de maio (dia 140 do ano) e da última geada de primavera é 25 de agosto (dia 237 do ano). Caso seja de interesse do usuário, as equações da Tabela 2 podem ser utilizadas para gerar as datas prováveis de geada com diferentes níveis de probabilidade.

Tabela 1. Estações utilizadas com as respectivas coordenadas geográficas (grau e minuto) e planas (m), altitude (m) e datas da primeira geada de outono e última geada de primavera.

Estações - IAPAR (PR)	Latitude	Longitude	CoordN	CoordE	Altitude	Primeira geada ⁽¹⁾	Última geada ⁽²⁾
Apucarana	23°30's	51°30'w	7401026	445539	746	19/maio	01/setembro
Bela Vista do Paraíso	23°00's	51°12'w	7462001	479491	600	09/junho	28/agosto
Cerro Azul	24°48's	49°18'w	7254214	676874	443	26/maio	28/agosto
Cianorte	23°42's	52°36'w	7381779	338520	530	03/junho	16/agosto
Clevelândia	26°24's	52°24'w	7077458	365357	930	13/maio	31/agosto
Francisco Beltrão	26°06's	53°06'w	7113467	294945	650	10/maio	15/agosto
Guarapuava	25°24's	51°30'w	7196197	449682	1020	10/maio	31/agosto
Ibiporã	23°18's	51°00'w	7426958	498291	484	29/maio	10/agosto
Laranjeiras do Sul	25°24's	52°24'w	7356825	477940	880	21/maio	22/agosto
Londrina	23°24's	51°12'w	7423260	484657	585	30/maio	16/agosto
Nova Cantu	24°42's	52°36'w	7271052	341460	540	22/maio	17/agosto
Palmas	26°30's	52°00'w	7070405	401985	1100	21/abril	19/setembro
Paranavaí	23°06's	52°24'w	7446534	353179	480	10/junho	12/agosto
Pato Branco	26°06's	52°42'w	7110300	331676	700	18/maio	24/agosto
Planalto	25°42's	53°48'w	7154623	222335	400	31/maio	13/agosto
Ponta Grossa	25°12's	50°00'w	7210693	599056	880	20/maio	23/agosto
Quedas do Iguaçu	25°30's	53°00'w	7176297	297318	513	24/maio	21/agosto
Teixeira Soares	25°30's	50°36'w	7185151	541889	893	21/maio	25/agosto
Telêmaco Borba	24°18's	50°36'w	7308811	538886	768	19/maio	21/agosto
Umuarama	23°42's	53°18'w	7373427	267227	480	08/junho	09/agosto

CoordN: coordenada plana, em metros, pelo sistema UTM, correspondente à latitude.

CoordE: coordenada plana, em metros, pelo sistema UTM, correspondente à longitude.

Altitude: modelo de elevação numérica do terreno, em metros.

⁽¹⁾ Datas da primeira e ⁽²⁾ última geadas, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Análise da variância das datas da primeira geada de outono e última geada de primavera no Estado do Paraná.

	GL	SQ	QM	F	F de significação
Primeira geada					
Regressão	3	1521,925	507,3083	26,27078	$2,02 \times 10^{-6}$
Resíduo	16	308,9719	19,31074	-	-
Total	19	1830,897	-	-	-
Última geada					
Regressão	3	647,5576	215,8525	10,4011	$4,86 \times 10^{-5}$
Resíduo	16	332,0454	20,75284	-	-
Total	19	979,603	-	-	-

Verificou-se a distribuição dos dados (Figura 2) e elaborou-se as regressões, utilizando as coordenadas planas e a altitude de cada estação. As seguintes equações foram obtidas:

Primeira geada de outono (PO):

$$PO = -188,173 + 4,839 \times 10^{-5} \times \text{CoordN} - 1,030 \times 10^{-5} \times \text{CoordE} - 0,019 \times \text{altitude}$$

$$r^2 = 0,8312$$

Última geada de primavera (UP):

$$UP = 379,99 - 2,0 \times 10^{-5} \times \text{CoordN} + 2,4 \times 10^{-5} \times \text{CoordE} + 0,01369 \times \text{altitude}$$

$$r^2 = 0,6610$$

Observou-se menor correlação para a última geada de primavera, provavelmente devido à extensão das séries de dados de 25 a 30 anos, para caracterizar geadas tardias esporádicas.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os mapas com as datas prováveis de primeira geada de primavera

e última geada de outono. Como a temperatura tem alta correlação com a altitude e a latitude, conforme visto no coeficiente de determinação (r^2) da equação de regressão, as regiões de maior latitude e localizadas em altitudes mais elevadas são as mais frias, apresentando a primeira geada em maio e a última geada em setembro. Essas regiões apresentam menor período para o desenvolvimento das culturas, com um período estreito para plantio e exigem maior rigor no planejamento dos cultivos. Nas regiões Oeste, Norte e Noroeste do Estado, a altitude é menor (Figura 3) e, portanto, a temperatura é mais elevada, com um período maior sem geadas. Existe uma grande variabilidade da geada em algumas regiões onde o relevo é muito acidentado, como é o caso da região de Palmas, município com a maior altitude no Paraná, no extremo Sul do Estado e próximo à bacia hidrográfica do Rio Iguaçu, onde existem variações de até 1000m de altitude. Os vales da região Oeste, embora apresentem riscos menores que as áreas de altitudes elevadas do Sul, também apresentam alto risco devido à latitude elevada, sendo atingidas mais diretamente pela entrada das frentes frias, que

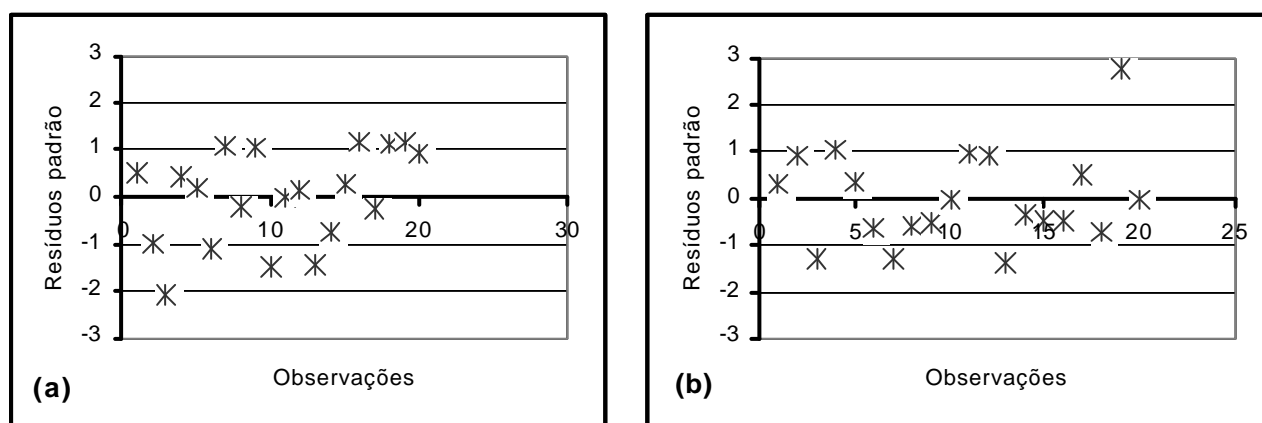


Figura 1. Distribuição dos resíduos padrão da primeira geada de outono (a) e última geada de primavera (b) no Estado do Paraná.

Tabela 3. Equação de regressão para determinação da data da primeira e última geada do ano (y) nas estações agrometeorológicas em função da probabilidade de ocorrência (x)^(*) e coeficiente de determinação (R²).

Municípios	Primeira geada	R ²	Última geada	R ²
Apucarana	$y = 1,0681x + 134,82$	0,92	$y = -1,0730x + 242,70$	0,91
Bela V. do Paraíso	$y = 0,9647x + 151,74$	0,92	$y = -0,9704x + 249,41$	0,92
Cerro Azul	$y = 1,1021x + 140,12$	0,98	$y = 1,0377x + 142,61$	0,99
Cianorte	$y = 0,8718x + 147,45$	0,95	$y = -0,8731x + 235,53$	0,95
Clevelândia	$y = 1,2282x + 128,17$	0,98	$y = -1,2282x + 251,99$	0,98
Francisco Beltrão	$y = 1,2583x + 118,01$	0,96	$y = 1,0762x + 126,59$	0,98
Guarapuava	$y = 1,2576x + 125,48$	0,98	$y = -1,2576x + 252,25$	0,98
Ibiporã	$y = 0,8098x + 146,96$	0,94	$y = -0,8098x + 228,94$	0,94
Laranjeiras do Sul	$y = 1,0356x + 137,20$	0,98	$y = -1,0208x + 240,77$	0,98
Londrina	$y = 0,9016x + 144,83$	0,98	$y = 0,8703x + 146,96$	0,97
Nova Cantu	$y = 1,1709x + 127,78$	0,96	$y = 0,9622x + 138,75$	0,98
Palmas	$y = 1,6805x + 103,67$	0,96	$y = -1,6812x + 272,49$	0,96
Paranavaí	$y = 0,6983x + 159,27$	0,93	$y = -0,7021x + 230,20$	0,93
Pato Branco	$y = 1,4098x + 118,11$	0,94	$y = 1,0855x + 134,13$	0,97
Planalto	$y = 1,0933x + 132,88$	0,93	$y = 0,8174x + 148,41$	0,96
Ponta Grossa	$y = 1,3437x + 124,50$	0,95	$y = 1,0564x + 136,63$	0,98
Quedas do Iguaçu	$y = 1,1980x + 129,09$	0,96	$y = 0,9885x + 141,00$	0,98
Teixeira Soares	$y = 1,3523x + 124,52$	0,96	$y = 1,0672x + 137,09$	0,98
Telêmaco Borba	$y = 1,3416x + 123,30$	0,95	$y = 1,0438x + 135,40$	0,99
Umuarama	$y = 0,7977x + 151,26$	0,93	$y = 0,6829x + 157,47$	0,91

y: dias do ano (1 a 365).

x: frequência percentual de geadas, variando de 0 a 100%.

(*) Probabilidade usada para determinação da primeira e última geada: frequência acumulada de 5%.

frequentemente chegam à região, durante o inverno, vindas do Sudoeste. No Litoral o risco é baixo, devido ao efeito de oceanidade.

Os resultados apresentados nas Figuras 4 e 5 indicam a grande importância da geada no planejamento agrícola da agricultura e destacam a

necessidade de estabelecer com rigor as épocas de semeadura e duração dos ciclos das culturas por regiões, para reduzir o risco de perdas. Estes resultados são fundamentais para subsidiar os estudos de zoneamento agrícola com enfoque na redução dos riscos climáticos.

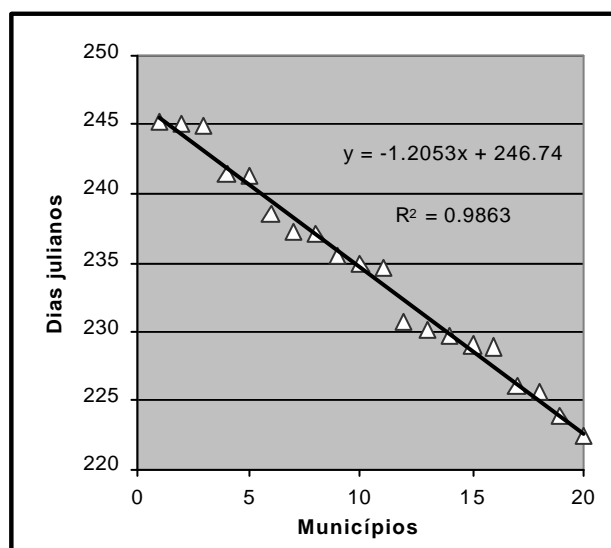
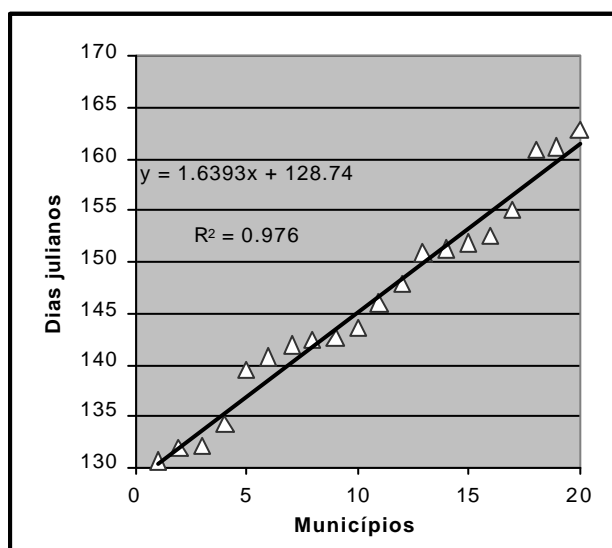


Figura 2. Distribuição dos dados para a primeira geada de outono e última geada de primavera para o Estado do Paraná.

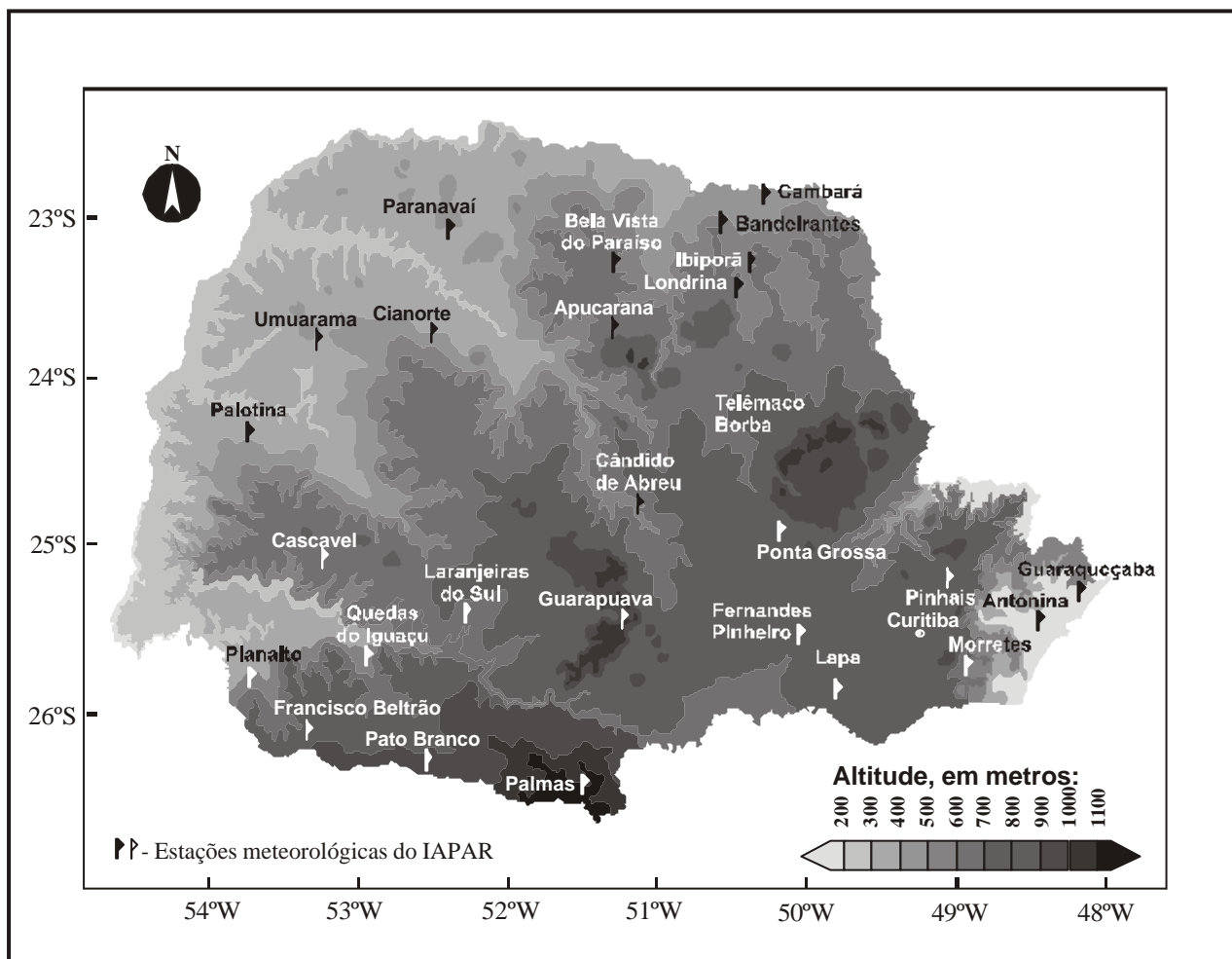


Figura 3. Distribuição espacial dos valores de altitude (m) do Estado do Paraná, a partir de dados disponibilizados pelo USGS (1999)

Conclusões

A identificação da primeira geada do cedo ou de primavera e da última geada do tarde ou de outono-inverno, no Estado do Paraná, torna possível um planejamento mais criterioso dos processos de produção vegetal. Observou-se grande diferenciação na duração da estação de crescimento, fortemente associada com o relevo e o posicionamento geográfico. Áreas mais elevadas do Sul apresentam estação de crescimento mais curta, enquanto as áreas de menor altitude do Norte apresentam período de crescimento longo, com menor ocorrência de geadas. Este estudo permite identificar épocas de colheita com baixo risco de geada, em alguns locais do Norte do Paraná quase sem risco (risco menor que 10%, ou seja, menos de 1 geada severa a cada dez anos). A metodologia utilizada neste trabalho mostrou-se adequada para identificar as datas de ocorrência da primeira geada do cedo ou de outono-inverno e as

datas de ocorrência da última geada do tarde ou de primavera e para o mapeamento das mesmas.

Referências bibliográficas

- BACCHI, O.O.S.; FERRARI, S.E.; ROLIM, V.C. **Acompanhamento do estado de maturação da cana-de-açúcar submetida à geada e deterioração após o fenômeno**. Araras: IAA / PLANALSUCAR. Consul, 1980. (Mimeografado).
- BRINHOLI, O. **Resistência ao frio de diferentes variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Piracicaba, Piracicaba: ESALQ / USP, 1978. ? p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ USP, 1978.
- CARAMORI, P.H. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica L.*) no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 486-494, 2001.

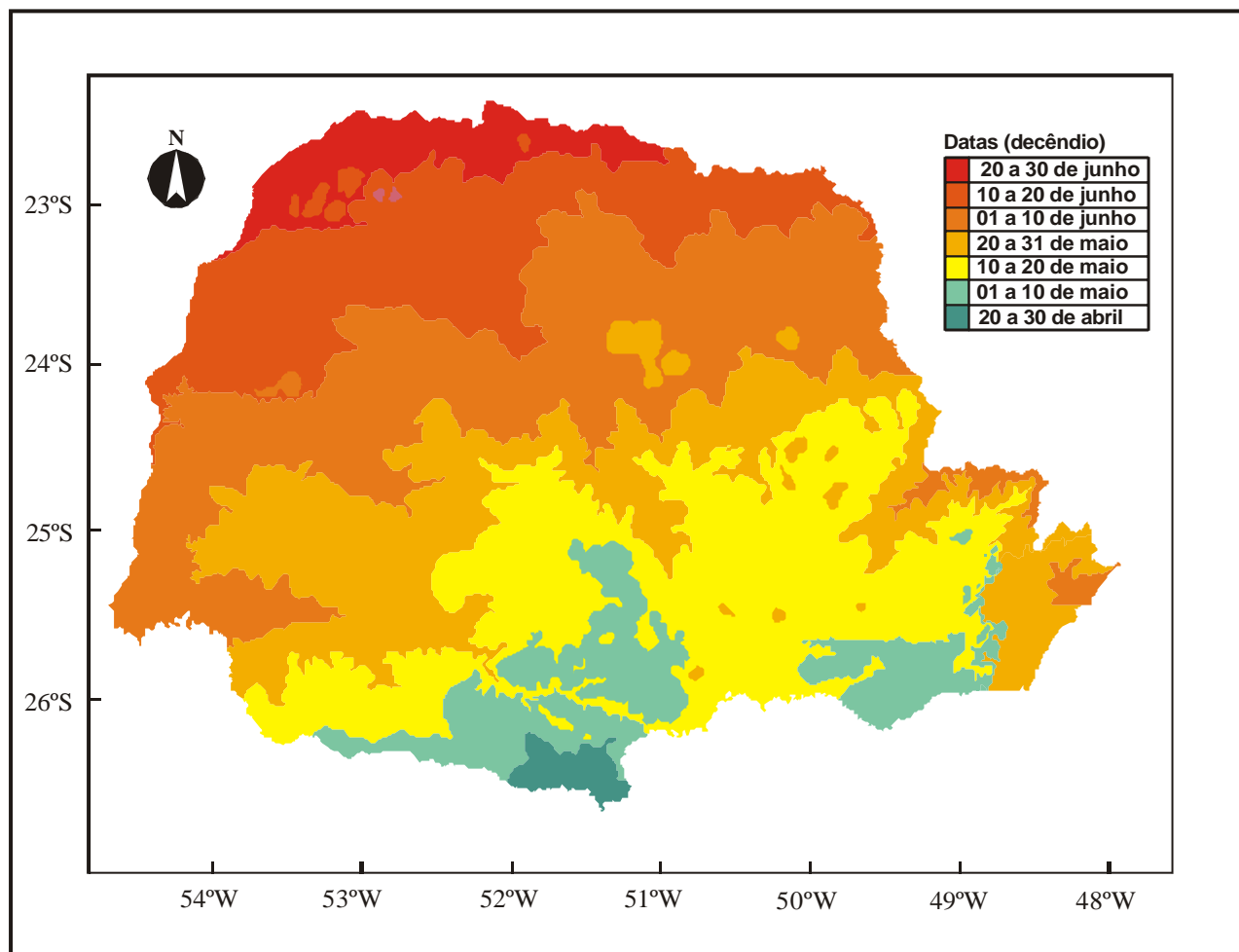


Figura 4. Regiões e decêndios prováveis de ocorrência da primeira geada de outono no Estado do Paraná.

CARAMORI, P.H. et al. Zoneamento de riscos climáticos e definição de datas de semeadura para o feijão no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 477-485, 2001.

CAVIGLIONE, J.H. et al. **Cartas Climáticas do Paraná**. Curitiba: Instituto Agrônômico do Paraná, 2000.

GERAGE, A.C. et al. **Zoneamento agroclimático da cultura do milho no Estado do Paraná**, 1999. p. (Informe da Pesquisa, 129).

GONÇALVES, S.L. et al. Épocas de semeadura do milho "safrinha" no Paraná com menores riscos climáticos. **Acta Scientiarum, Maringá**, v. 4, n. 5, p. 1287-1290, 2003.

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

IRVINE, J.E. Freezing and mill cane. **Sugar Journal**, v. 30, n. 8, p. 23-27, 1968.

MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: **O feijão no Paraná**, Londrina: IAPAR, 1989. p. 25-41. (Circular, 63).

PARANHOS, S.B. Zoneamento agroclimático para o Brasil. In: **Cana-de-açúcar**. Cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 51-55.

PINTO, H.S.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. **Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função de altitude e latitude**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1972. 20 p. (Caderno de Ciências da Terra, 23).

ROBERTSON, G.W.; RUSSELO, D.A. **Freezing temperature risk calculations: systems analysis and computer program**. Ottawa: Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Research Branch, Canada Department of Agriculture, 1968. 31 p. (Canada. Tech. Bull. 60).

U.S. GEOLOGICAL SURVEY - SURVEY NATIONAL MAPPING DIVISION. Global 30 Arc Second Elevation **Data**, 1999. Disponível: <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>. Acessado em: 10/07/1999.

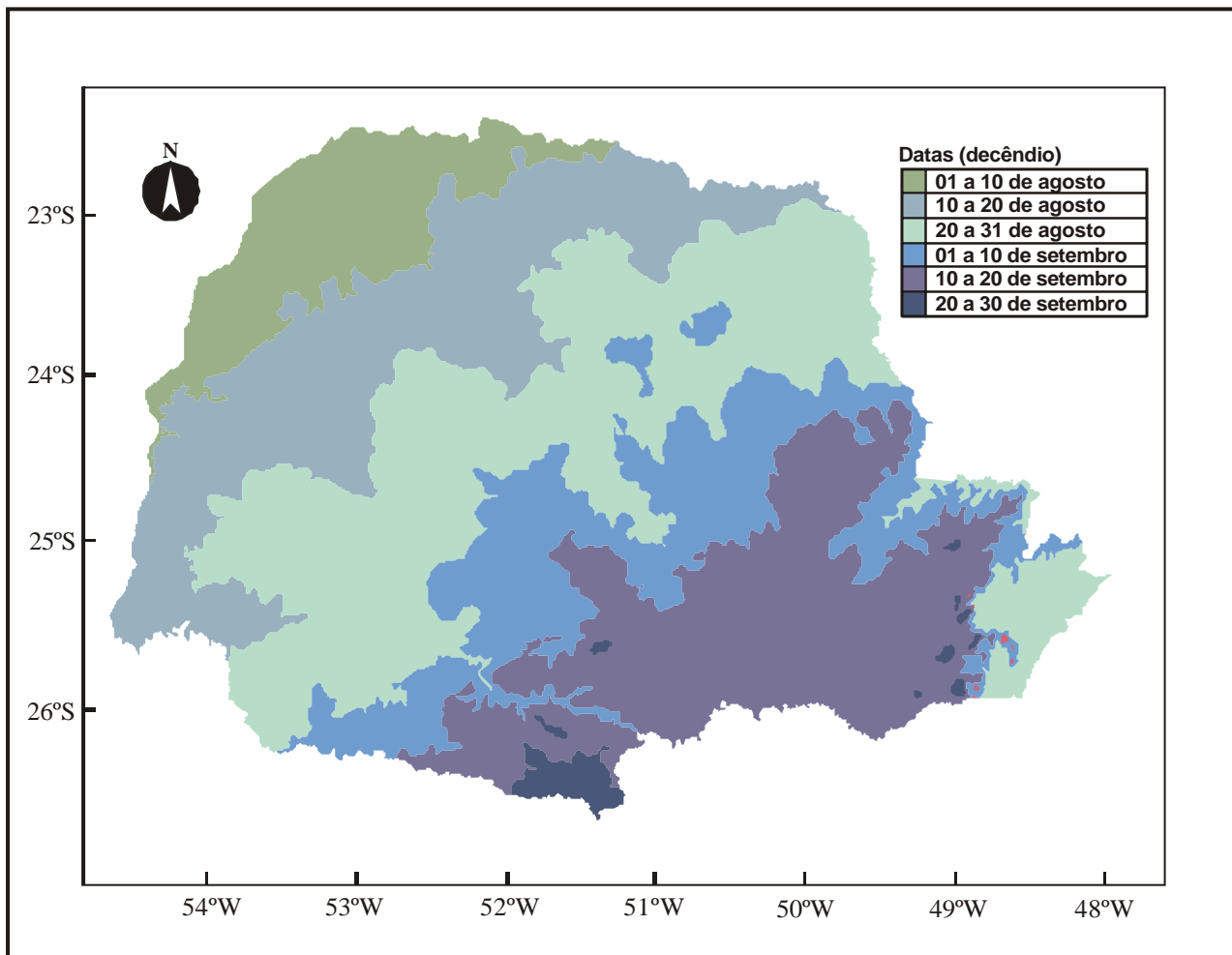


Figura 5. Regiões e decênios prováveis de ocorrência da última geada de primavera no Estado do Paraná.