

ISSN 0104-1347

Regiões potenciais para cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, com base na análise do risco de geadas

Potential regions for sugarcane cultivation in the State of Paraná, Brazil, based on frost risk analysis

Marcos Silveira Wrege¹, Paulo Henrique Caramori², Antônio Carlos Andrade Gonçalves³, Altair Bertonha³, Rodrigo Cornacini Ferreira⁴, João Henrique Caviglione⁵, Rogério Teixeira de Faria², Paulo Sergio Lourenço de Freitas³ e Sergio Luiz Gonçalves⁵

Resumo – O estado do Paraná localiza-se entre 22°S e 27°S e tem como característica uma grande variabilidade climática interanual, o que dificulta a utilização de valores médios em estudos de zoneamento agroclimático. Todo o estado do Paraná é sujeito à ocorrência de geadas, mas a localização geográfica e a altitude contribuem para a diferenciação dos níveis de risco entre localidades. No presente trabalho, o objetivo foi identificar regiões com menores riscos de ocorrência de geadas para o cultivo de cana-de-açúcar. Os cálculos de frequência de geadas foram baseados em séries históricas de temperatura mínima de abrigo abaixo de 3°C. Por meio de análise de regressão, o risco de geadas foi correlacionado com altitude e latitude para se mapear o estado utilizando um sistema de informação geográfica. As regiões aptas para o cultivo da cana-de-açúcar foram aquelas com risco de geadas inferior a 10%. Os resultados mostraram que as áreas com altitudes superiores a 900 metros, localizadas no sul e nos Campos Gerais, apresentaram os maiores riscos, com valores em torno de 70%. As áreas com menores altitudes, localizadas no norte, mostraram riscos inferiores a 10%, em sua maioria concentrados entre junho e agosto e são consideradas aptas para o cultivo da cana de açúcar.

Palavras-chave: risco de geadas, risco climático, zoneamento agrícola, geoprocessamento, sistema de informação geográfica.

Abstract – The state of Parana is located between 22°S and 27°S in Brazil, and it has as a characteristic a great interannual climatic variability, which makes difficult the use of mean values in studies of agroclimatic zoning. All state of Parana is subject to frost occurrence, but the geographic location and variation in altitude contribute to the differentiation in the levels of risk among locations. In the present work the aim was to identify regions with lower risk of frost occurrence for sugarcane cultivation. Frost frequency calculation was based on historical series of minimum screen temperatures lower than 3°C. Through regression analysis, frost risk was correlated with altitude and latitude to map the state using a geographical information system. The regions apt for sugarcane cultivation were those with frost risk lower than 10%. The results showed that the areas with altitude above 900 meters in the south and Campos Gerais presented the highest risk, with values around 70%. The areas with lower altitudes located in the north showed risks below 10%, mostly concentrated between June and August and are considered apt for sugarcane cultivation.

Key words: frost risk, climatic risk, crop zoning, geoprocessing, geographic information system.

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, nº5.790. C. Ciências Agrárias. D. Agron. E-mail: acagoncalves@uem.br

⁴Eng. Agr. Mestrando da UEM. E-mail: agrorcf@yahoo.com.br

⁵Eng. Agr. MS. IAPAR. BR369, Km 375. Londrina-PR. E-mail: jhenriq@pr.gov.br

Introdução

O Paraná se localiza em latitudes médias, entre os paralelos 22°S e 27°S e tem como característica a grande variabilidade interanual do clima, que dificulta a utilização de valores médios para estudo de zoneamentos agroclimáticos de espécies vegetais. Em toda a região do Estado, a temperatura do ar pode se reduzir a ponto de ocorrer geada. Entretanto, a variação geográfica do terreno, com altitudes muito variáveis, colaboram para que a probabilidade de ocorrência de geada seja diferente entre um lugar e outro, tendo em vista que a altitude influencia no comportamento dos fenômenos climáticos, principalmente a temperatura. O clima se constitui de fenômenos repetitivos, estes mudam substancialmente de intensidade de um ano para outro. Algumas regiões que são atingidas por geadas em um ano podem não ser atingidas em outro, constituindo risco constante aos agricultores. Não existe uma regularidade cronológica nos fenômenos climáticos na região, o que lhes confere um caráter de risco à agricultura, principalmente em se tratando de geada (CUNHA, 2003). Essa falta de regularidade, dificulta o planejamento da época de plantio, principalmente usando médias. CAVIGLIONE *et al.* (2000) caracterizaram o clima do Paraná, por meio das normais climatológicas. Mas, como a média ameniza as variações interanuais que afetam a produtividade agrícola, é muito mais apropriado se trabalhar com estudos probabilísticos (WREGGE *et al.*, 2000; CARAMORI *et al.*, 2001a,b). Analisando-se as séries históricas de dados, é possível que se verifique a ocorrência de geadas que, neste estudo, foram consideradas quando as temperaturas mínimas no abrigo meteorológico eram inferiores a 3°C. O Estado, assim, foi dividido em zonas de risco, por meio de uma relação com a altitude e a latitude, variáveis que têm alta correlação com a ocorrência de temperaturas baixas e geadas. O Paraná apresenta regiões com mais de 1200 metros de altitude na região Sul, menos de 300 metros no Vale do Rio Paranapanema (região Norte) e valores inferiores a 200 metros no Vale do Rio Paraná (região Oeste) (CARAMORI *et al.*, 2001).

GRODZKI *et al.* (1996) relacionou a ocorrência da geada com a temperatura mínima no abrigo termométrico e verificou que existe um gradiente de temperatura entre o abrigo, situado a 1,5 metro da superfície do solo, e a relva, que é de 3 a 4°C, aproximadamente. Assim, temperaturas mínimas no abrigo em torno de 3°C estão relacionadas a

temperaturas, em nível de relva de, aproximadamente, -1°C, que é capaz de causar danos à cana-de-açúcar e a outras culturas de clima tropical, tendo em vista que não é necessário haver o congelamento da água para que haja dano à cana-de-açúcar. Basta que ocorra queda brusca da temperatura (geada agrônômica), tanto é que a temperatura base para a cana-de-açúcar é de 18°C.

Mas, os danos provocados dependem também do tempo em que a temperatura mínima permanece baixa e do estágio em que se encontra a planta no momento da geada (PARANHOS, 1987). As partes novas são mais sensíveis, principalmente as gemas e as folhas, que se danificam com temperaturas inferiores a 3°C. As folhas centrais que saem do ápice do colmo secam e apodrecem quando a temperatura cai e permanece abaixo de 3,9°C (IRVINE, 1968). As gemas, que resistem ao frio mais que as folhas, toleram até 0°C (BACCHI *et al.*, 1980; BRINHOLI, 1978).

A distribuição espacial do risco de geadas pode auxiliar na definição das regiões para o plantio da cana-de-açúcar no Paraná, separando as regiões nas quais o risco é menor para o desenvolvimento da cultura. No caso de haver risco em determinado período, pode-se programar o plantio para que a maturação fisiológica se complete antes da chegada desse período e, assim, a cana-de-açúcar possa ser colhida e enviada às usinas para beneficiamento. Em vista disso, este trabalho foi conduzido com o propósito de descrever a distribuição espacial do risco de geadas no Estado do Paraná, identificando as regiões aptas para o cultivo da cana-de-açúcar.

Material e Métodos

Foram usados os dados de temperatura mínima de abrigo de 24 estações meteorológicas do IAPAR, situadas no Paraná (Figura 1), para calcular o risco de geada (Tabela 1), com séries diárias de dados de 25 a 30 anos. Considerou-se que tenha ocorrido geada, em nível de superfície do solo, quando a temperatura mínima de abrigo era inferior a 3°C (GRODZKI *et al.*, 1996). Assim, analisando-se a série de dados de cada estação, sempre que a temperatura de um dia fosse inferior a 3°C, associava-se o valor "1" ao evento "ocorrência de geada" e, 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 dez dias ao longo da série de dados com passo diário (dias 1-10 julho, 2-11 julho, 3-12 julho, etc.) em todo o ano. Analisando-se estes dados, se dentro de um dado decêndio houvesse ocorrido uma ou mais geadas, aquele decêndio era computado com valor "1", independente do número de vezes que a mesma houvesse ocorrido. Não havendo nenhuma ocorrência no decêndio, era computado o valor "0". Com base nas seqüências de "0" e "1" de toda a série de dados de cada estação, calculou-se a frequência de geadas ao longo do ano para cada estação.

$$fg = (n/10) \times 100$$

em que n é o número de dias em que ocorreu geada (temperatura mínima $< 3^{\circ}\text{C}$), em dez dias (valor entre 0 e 10) e fg a frequência de geadas.

Foi necessário estimar valores de risco de geada para outros pontos, através da correlação com altitude e latitude, usando uma regressão, formando

um valor a cada 866 metros, na forma de uma grade regular, utilizando ferramentas de geoprocessamento. Sobre essa grade, foram unidos os pontos de mesmo valor, formando isolinhas de risco de geada. O procedimento usado em SIG é descrito em seguida.

Os valores de frequência de geadas por estação foram correlacionados com as coordenadas planas das estações (UTM) e a altitude, ajustando-se quatro equações de regressão linear múltipla, uma para cada mês, em junho, julho, agosto e setembro. As equações foram aplicadas em um sistema de informações geográfico, formando um plano de informação contendo uma grade regular de valores estimados, com espaçamento entre os pontos de 866 metros, com informações de risco de geada. O risco de geada estimado é obtido pela regressão, baseando-se na altitude, na latitude e na longitude (CAVIGLIONE et al., 2000; PINTO et al., 1972; ROBERTSON e RUSSELO, 1968). Esse procedimento foi realizado

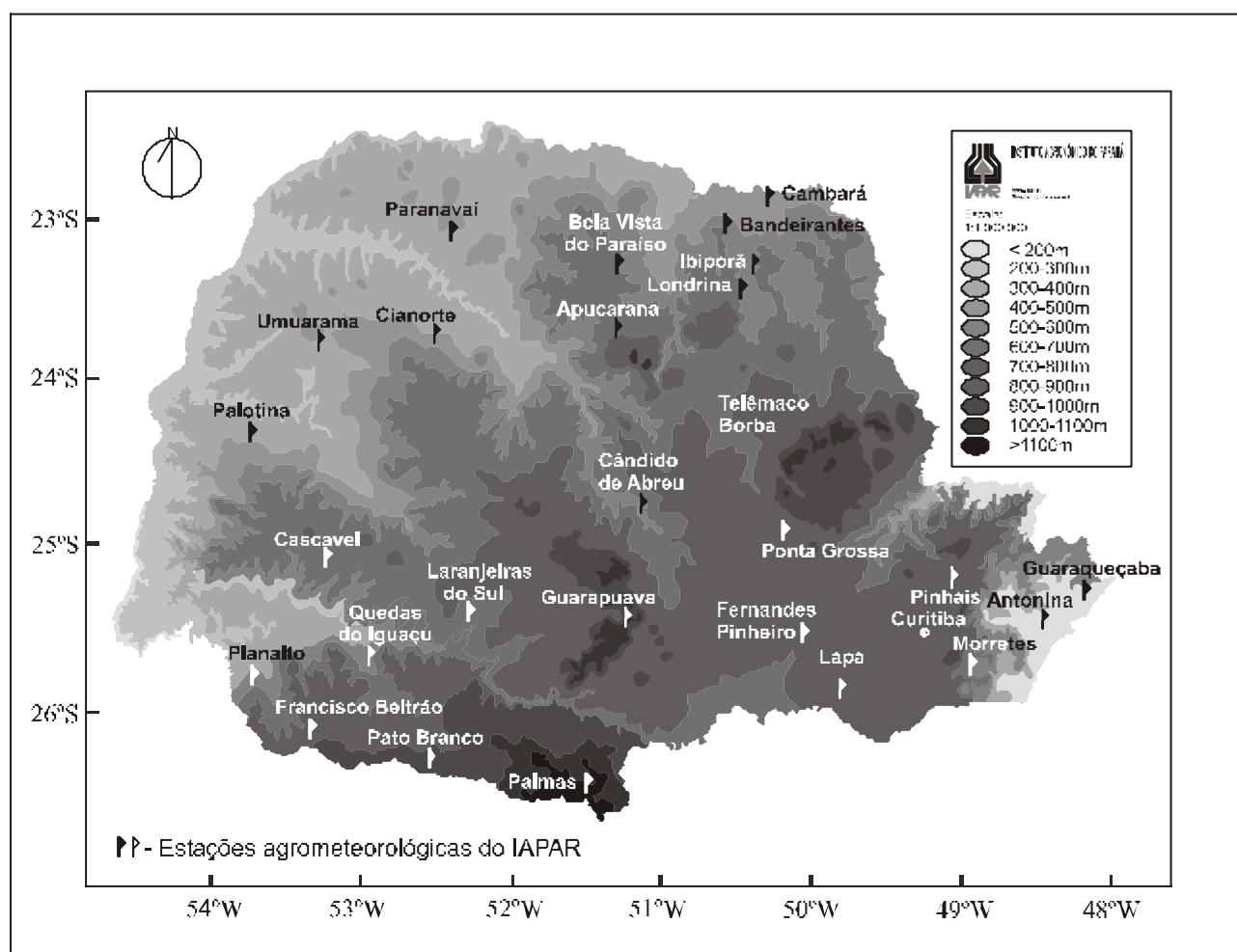


Figura 1. Localização das estações meteorológicas do IAPAR e altitude do Paraná (em metros).

com o programa de geoprocessamento 'Spring', desenvolvido pelo INPE. Para uso da regressão, foi criada uma grade regular com os valores de coordenadas planas de latitude, que foi denominada plano de informação latitude e outra de coordenadas planas de longitude, denominada plano de informação longitude, ambas dentro de uma mesma categoria, que foi chamada de DEM, com resolução de arcos de 30", o que representou um valor a cada 866 metros, na escala 1:1.000.000, utilizando-se a projeção UTM - South American Datum 1969 (SAD69). Foi usado um arquivo de altitude, formado por uma grade regular com valores a cada 866 metros, desenvolvido pelo Eros Data Center, do U.S.GEOLOGICAL SURVEY (1999), a partir de imagens de satélite, na mesma escala e projeção dos outros, em um plano de informação chamado altitude, dentro da mesma categoria da latitude e da longitude. Foi usada a regressão para calcular os riscos de geada. Foram unidos pontos com mesmo valor, formando isolinhas de risco de geada, classificadas a cada 10% de risco.

Como existe continuidade das informações para além do limite estadual, nos locais não existe representação de estações e, portanto, as informações não têm uma estimativa adequada, foi digitalizada a divisa estadual com as mesmas características dos mapas anteriores, para excluir os valores situados fora do Estado.

Por fim, fez-se um cruzamento entre os planos de informação, obtendo-se o mapa final com a zona apta para a cana-de-açúcar, cruzando-se os mapas de risco de geada em junho, julho, agosto e setembro. Como o modelo de regressão é elaborado para todo o Estado, há um erro nos pontos extremos, ou seja, nos de maior e de menor altitude, por não haver representação de pontos para cima ou para baixo, não devendo ser feitas estimativas para altitudes inferiores à menor altitude de todos os pontos (no lugar existem estações agrometeorológicas – a menor altitude, exceto o Litoral, é representada pela estação de São Miguel do Iguçu, com 307 metros) e, para altitudes superiores à maior altitude, ela é representada pela estação de Palmas. Como a estação de Palmas fica na região de maior altitude, não foi necessário eliminar nenhum dos pontos mais altos, mas eliminaram-se os pontos de menor altitude, por não haver estações representando-os. Foram eliminados os vales de rios, todos com altitude muito baixa e muito quentes no verão, que recebem o impacto direto das frentes frias devido à localização geográfica (latitude) no período mais frio do ano e que estão sujeitos a erros na estimativa de seus riscos.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta as frequências de geada para cada estação agrometeorológica, que foram utilizadas para obter as equações de regressão linear múltipla.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros das equações de regressão para risco de geadas nos meses de junho, julho, agosto e setembro.

O quadro da análise da variância e a distribuição dos resíduos são apresentados (Tabela 3 e Figura 2).

Devido à faixa de transição climática na qual se localiza o Paraná, ocorre, no período do outono, como pode ser observado na Figura 3, grande variação espacial na distribuição dos riscos de geada. Essa diferença entre as regiões também, em parte, pode ser devida ao histórico de dados, em algumas estações agrometeorológicas com poucos anos de informação (cerca de 15 a 20 anos). Em julho, todas as regiões estão sujeitas à ocorrência de geada, diminuindo a diferença dos dados estimados em relação aos dados observados, permitindo obter informações com maior precisão.

Essas regressões podem ser usadas nas seguintes condições: Latitude (UTM): entre 7070405 (Palmas) e 7462001 (Bela Vista do Paraíso). Longitude (UTM): entre 177754 (São Miguel do Iguçu) e 676874 (Cerro Azul). Altitude: entre 307 (São Miguel do Iguçu) e 1100 metros (Palmas). Para os valores estimados fora desses intervalos pode haver aumento do erro da estimativa, por não terem representação de pontos nestas condições.

Em julho, são comuns temperaturas mínimas inferiores a 3°C, criando condições propícias à geada (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). Nos meses de junho e agosto, é comum também a ocorrência de geada em todas as regiões, mas com risco mais baixo. Nesses meses, é possível não haver geada em algumas regiões, principalmente nos anos mais quentes. Por essa razão, a diferença entre o valor estimado e o efetivamente ocorrido pode ser um pouco maior. Em setembro, a diferença aumenta (setembro apresenta maior resíduo), com risco de ocorrer geada baixo, exceto nas regiões de altitude elevada (Palmas).

Nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7, são apresentados os mapas com as frequências de geadas. Os dados de temperatura têm alta correlação com a altitude e a latitude, conforme observado no coeficiente de de-

Tabela 1 Estações utilizadas com as respectivas coordenadas planas, altitude (metros) e frequência de geada mensal (%).

Municípios onde se situam as estações - IAPAR (PR)	Coordenadas planas (m)			(%) Risco de geadas ⁽¹⁾				
	CoordN	CoordE	Altitude	maio	junho	julho	agosto	setembro
Bandeirantes	7445261	566563	440	7,12	8,70	11,36	4,11	0,00
Bela Vista do Paraíso	7462001	479491	600	3,23	4,74	11,11	3,82	0,49
Cândido de Abreu	7248948	475186	645	4,83	12,67	35,48	4,11	0,00
Cambará	7456153	599069	450	10,16	18,02	20,22	8,64	0,49
Cascavel	7240229	254258	760	12,53	23,97	31,64	10,79	6,03
Cerro Azul	7254214	676874	443	8,36	13,95	19,59	12,78	3,83
Cianorte	7381779	338520	530	4,89	6,67	16,75	2,75	0,00
Clevelândia	7077458	365357	930	31,54	51,15	50,00	31,64	20,26
Francisco Beltrão	7113467	294945	650	33,09	52,95	49,63	24,07	8,46
Guarapuava	7196197	449682	1020	35,06	43,04	55,51	30,65	19,03
Ibiporã	7426958	498291	484	2,27	4,94	7,41	1,36	0,00
Joaquim Távora	7400670	615719	512	10,04	17,90	19,95	5,50	0,00
Lapa	7133668	584671	910	22,90	42,67	63,55	21,94	6,67
Laranjeiras do Sul	7356825	477940	880	20,10	34,10	40,52	20,65	7,20
Londrina	7423260	484657	585	5,65	10,28	15,01	5,89	0,00
Nova Cantu	7271052	341460	540	14,11	22,90	30,72	7,71	4,35
Palmas	7070405	401985	1100	48,39	63,33	65,97	48,71	29,17
Paranavaí	7446534	353179	480	0,00	0,26	0,13	0,00	0,00
Pato Branco	7110300	331676	700	23,71	42,17	49,68	16,45	12,67
Planalto	7154623	222335	400	0,00	0,38	1,03	0,25	0,00
Ponta Grossa	7210693	599056	880	32,47	43,73	48,89	26,38	8,22
Quedas do Iguaçu	7176297	297318	513	0,00	0,75	1,31	0,12	0,12
São Miguel do Iguaçu	7205032	177754	307	0,00	0,67	1,94	0,63	0,00
Telêmaco Borba	7308811	538886	768	1,12	3,91	2,95	1,54	0,29

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⁾ Frequência percentual de geadas - média mensal.

terminação das equações de regressão (r^2). Assim, as regiões com maior altitude apresentam temperatura mais baixa e correm maior risco geada. As regiões com maior latitude também apresentam maior risco

de geada, exceto se a altitude for baixa. Nas regiões Oeste, Norte e Noroeste do Paraná, a altitude é menor. O relevo contribui, nessas regiões, para que o risco de geada seja menor. Nas áreas com menos de 307 metros pode haver um erro maior na estimativa

Tabela 2. Parâmetros das equações de regressão para risco de geada no Paraná nos meses junho, julho, agosto e setembro

ψ	α^*	β_0	β_1	β_2	r^2
Junho	491,55	$2,42 \times 10^{-5}$	$-7,01 \times 10^{-5}$	$4,61 \times 10^{-2}$	0,71
Julho	496,83	$3,33 \times 10^{-5}$	$-7,13 \times 10^{-5}$	$5,36 \times 10^{-2}$	0,74
Agosto	261,56	$1,53 \times 10^{-5}$	$-3,83 \times 10^{-5}$	$3,54 \times 10^{-2}$	0,76
Setembro	127,31	$-2,73 \times 10^{-6}$	$-1,86 \times 10^{-5}$	$2,32 \times 10^{-2}$	0,73

* $\psi = a + b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$ sendo x_0 é a longitude, em metros (coordenadas planas); x_1 a latitude, em metros (coordenadas planas); e x_2 : altitude, em metros

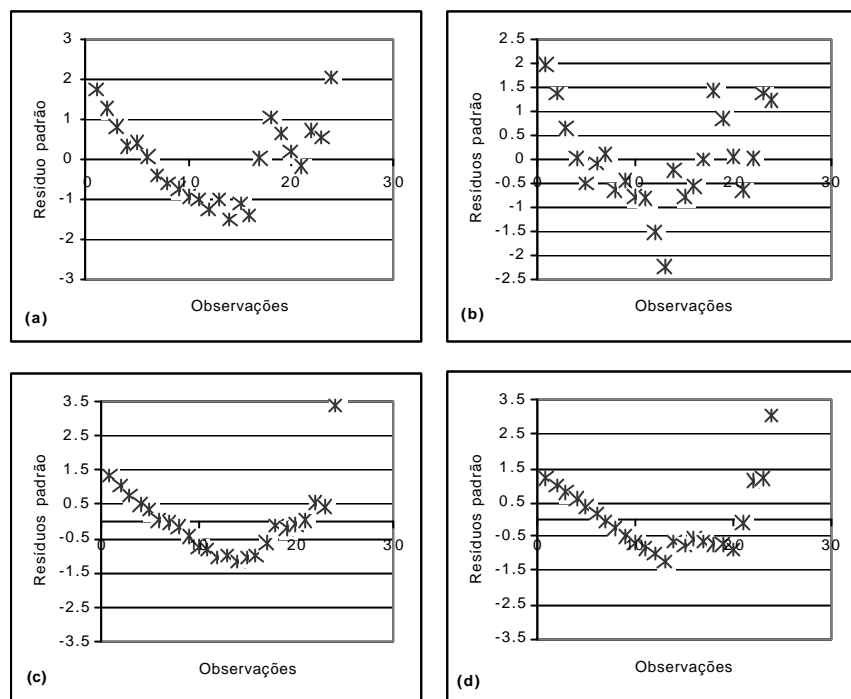


Figura 2 Distribuição dos resíduos das observações nos meses de junho (a), julho (b), agosto (c) e setembro (d).

dos valores, com grande diferença entre o valor ocorrido de fato e o estimado pela regressão. Do Norte para o Sul e do Oeste para o Leste a altitude predominante aumenta significativamente, influenciando na temperatura mínima, que diminui bastante, e no risco de geadas, que aumenta. Entre essas zonas, existem regiões com altitudes intermediárias, que delimitam o clima do Estado, fazendo a transição do Norte e do Oeste, mais quente, com clima tropical, para o

Paraná, o risco é superior a 50%. Em julho, o risco ainda é inferior aos 10% na região Norte, mas aumenta a zona na região Sul do Estado com risco de geada maior que 50%, passando além da região de Palmas e Guarapuava, atingindo a região do Planalto de Castro e toda a região de Curitiba, ficando de fora apenas a região de Lapa, onde a altitude é menor (risco de geada entre 40 e 50%). Na região mais alta da zona Sul (onde ficam os municípios de Palmas e General Carneiro), o risco de geada é maior que 70%,

Sul, com clima temperado. O Litoral é diferente de todas as outras regiões do Paraná, devido à proximidade do mar, que interfere na dinâmica do clima, com temperatura e umidade relativa superiores, o que lhe confere o clima tipicamente tropical. As Figuras 3 a 7 e a Tabela 1 apresentam estes resultados, concordando com o trabalho de GRODZKI *et al.* (1996). No entanto, GRODZKI trabalhou com uma série histórica de dados menor, com menor número de pontos representando o Paraná e sem o mapeamento dos riscos de geada.

Em junho, o risco de geada no Norte do Paraná é bastante baixo, menor que 10%, ocorrendo menos de uma geada a cada dez anos neste mês. No Sul do

Tabela 3 Análise da variância dos dados das regressões para risco de geadas dos meses de junho, julho, agosto e setembro.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Teste F	F de significação
Junho					
Regressão	3	6379,40	2126,46	16,71	$1,13 \times 10^{-5}$
Resíduo	20	2544,26	127,21	-	-
Total	23	8923,67	-	-	-
Julho					
Regressão	3	7767,05	2589,02	18,75	$4,96 \times 10^{-6}$
Resíduo	20	2760,59	138,02	-	-
Total	23	10527,65	-	-	-
Agosto					
Regressão	3	2879,72	959,90	21,16	$2,03 \times 10^{-6}$
Resíduo	20	906,97	45,34	-	-
Total	23	3786,69	-	-	-
Setembro					
Regressão	3	1037,05	345,68	18,31	$5,91 \times 10^{-6}$
Resíduo	20	377,56	18,87	-	-
Total	23	1414,61	-	-	-

ou seja, em todos os anos, praticamente, há condições propícias para ocorrer geada nesta época. Em agosto aumenta consideravelmente a zona na Região Norte com risco de geada menor que 10% e o risco de geada na região mais fria do Estado é menor que 50%. Em setembro, mais de 50% de todo o território do Paraná, incluindo 100% da Região Norte, estão praticamente livres de geada, com risco de ocorrer menos de uma geada a cada dez anos.

Os resultados, apresentados nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7, indicam a grande importância da geada no planejamento da agricultura no Paraná, principalmente considerando a falta de sua regularidade cronológica, e destacam a necessidade de classificar as regiões conforme o risco, para identificar o tipo de cultura ideal para cada região. Esses resultados são importantes no auxílio aos estudos de zoneamento agrícola com enfoque na redução dos riscos climáticos e, no caso da cultura da cana-de-açúcar, identifica sua região de aptidão.

Conclusões

É possível identificar as regiões aptas para o plantio da cana-de-açúcar no Paraná por meio do mapeamento dos riscos de geada.

O mapeamento dos riscos de geada permite planejar o calendário agrícola para plantio da cana-de-açúcar e para planejar, de forma criteriosa, os processos de produção vegetal.

O mapeamento dos riscos de geada identifica áreas aptas e inaptas, no Paraná, para plantio da cana-de-açúcar.

O relevo exerce influência sobre a temperatura e sobre os riscos de geada. Os riscos são maiores nas áreas mais elevadas do Sul e a região é susceptível, no inverno e em praticamente todos os anos há riscos elevados de geada. As áreas de menor altitude do Norte apresentam menor ocorrência de geadas, apresentando menos de uma a cada dez anos, na média, o que torna a região apta para plantio da cana-de-açúcar.

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. s.p., (Mimeografado).
- BRINHOLI, O. **Resistência ao frio de diferentes variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*).**

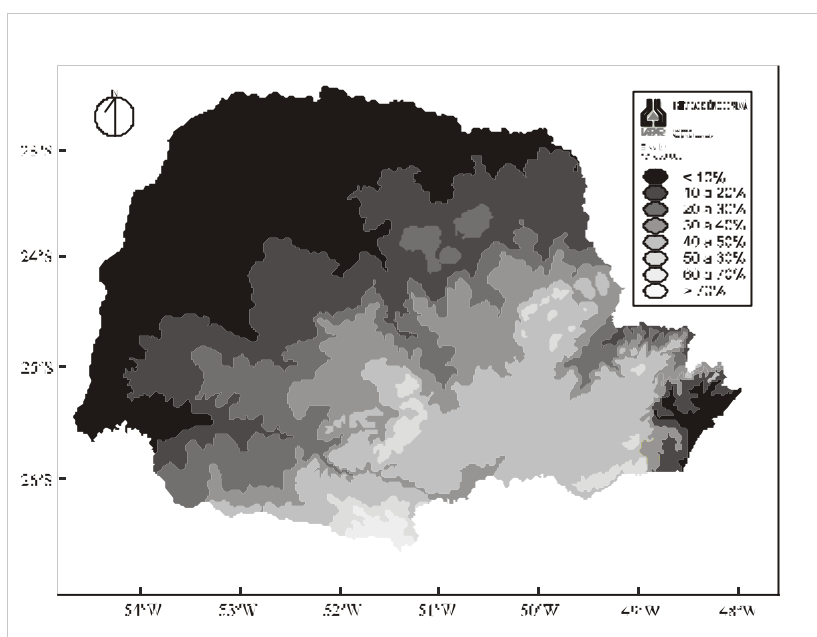


Figura 3 Distribuição espacial dos valores de frequência de geadas em junho no Estado do Paraná.

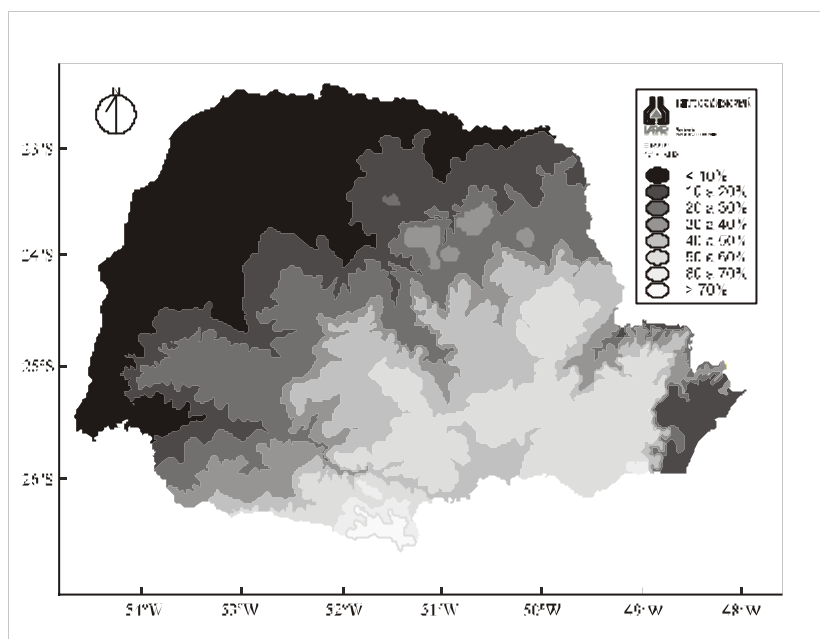


Figura 4. Distribuição espacial dos valores de frequência de geadas em julho no Estado do Paraná.

Piracicaba, ESALQ / USP, 1978. 113 p. Tese (doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, 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, v. 9, n. 3, p. 486-494, 2001.

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

CAVIGLIONE, J.H. et al. **Cartas climáticas do Paraná.** Instituto Agrônomo do Paraná. 2000.

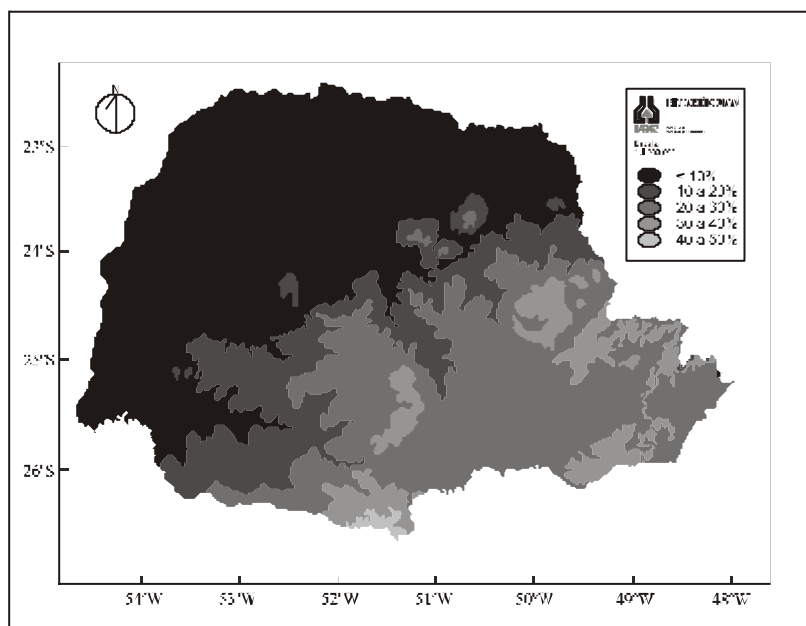


Figura 5. Distribuição espacial dos valores de frequência de geadas em agosto no Estado do Paraná.

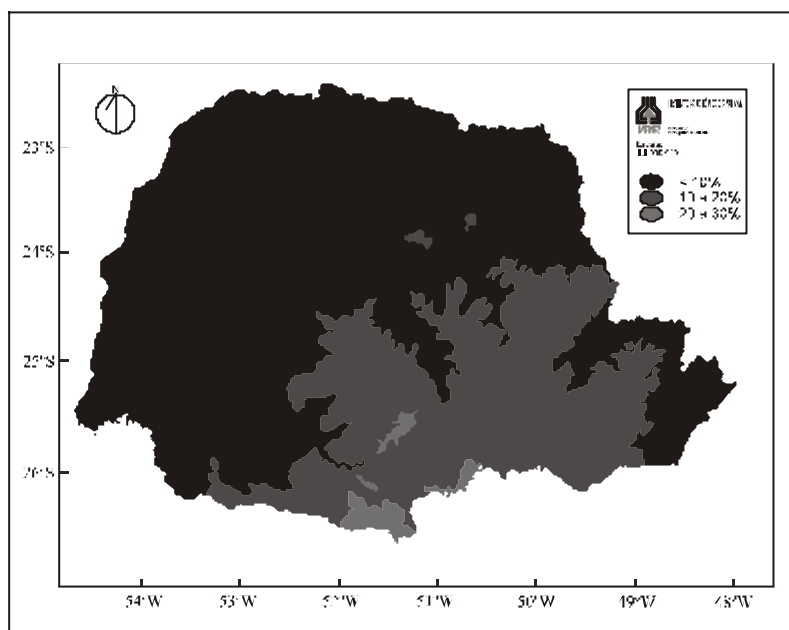


Figura 6. Distribuição espacial dos valores de frequência de geadas em setembro no Estado do Paraná.

CUNHA, G.R. **Meteorologia: fatos e mitos-3**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2003. 440 p.

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.

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, Canada: Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Research Branch, Canada Department of Agriculture, 1968. 31 p. (Tech. Bull. 60),.

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

WREGE, M.S. et al. **Cotton zoning based on sowing periods of lower risk in Parana State, Brazil**. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v.43, n.1, p.71 - 79, 2000.

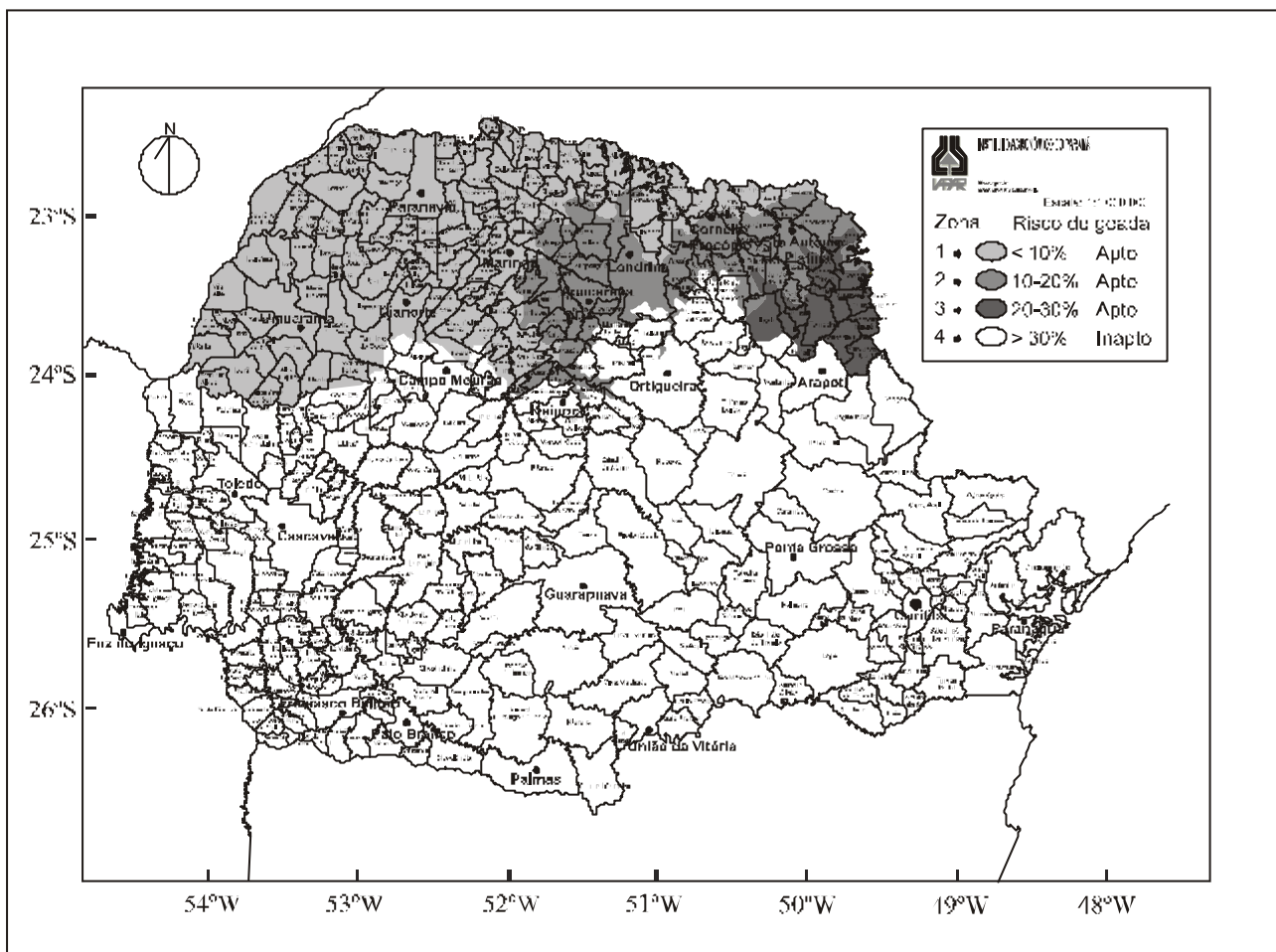


Figura 7. Mapa de aptidão para a cultura da cana-de-açúcar no Estado do Paraná.