

ISSN 0104-1347

## Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado do Paraná

### Climatic risk zoning for coffee (*Coffea arabica* L.) in Paraná state, Brazil

Paulo Henrique Caramori<sup>1,5</sup>, João Henrique Caviglione<sup>1</sup>, Marcos Silveira Wrege<sup>2</sup>,  
Sergio Luiz Gonçalves<sup>3</sup>, Rogério Teixeira de Faria<sup>1</sup>, Armando Androcioli Filho<sup>1</sup>,  
Tumoru Sera<sup>1</sup>, Júlio César Dias Chaves<sup>1</sup> e Mirian Sei Koguish<sup>4</sup>

**Resumo** - O Paraná (22°30'S a 26°30'S e 48°W a 55°W) localiza-se em uma região de transição climática, do norte para o sul do estado, apresentando variações regionais e locais devido à altitude e ao relevo. Ao longo dos anos, a cafeicultura se estabeleceu no norte do estado e avançou para o sul e oeste até os limites de risco em que era possível o cultivo econômico. As análises dos riscos climáticos englobando geadas, deficiência hídrica e temperaturas elevadas, realizadas nesse trabalho, revelaram que as geadas constituem o único elemento climático limitante ao cultivo do café no Paraná. Assim, foi realizado um estudo detalhado do risco de geadas em todo o estado, com base em séries históricas de dados de temperatura mínima. Esses dados foram ajustados à distribuição de extremos, a qual indicou, para cada estação, a probabilidade de ocorrerem temperaturas de abrigo iguais ou inferiores a um valor mínimo. Uma análise cuidadosa das geadas que afetaram a cafeicultura nos últimos 25 anos revelou que temperaturas mínimas no abrigo abaixo de 0°C estão associadas a danos generalizados nas lavouras, sendo portanto, um indicativo de geadas severas. Assim, as probabilidades de ocorrerem temperaturas abaixo de 0°C no abrigo meteorológico foram correlacionadas com altitude, latitude e longitude, para gerar uma grade detalhada de risco de geadas, que possibilitou traçar uma carta indicando a região com menores riscos de geada, apta para o cultivo, uma região de transição, com riscos mais elevados, mas que pode conter alguns microclimas aptos, e uma região inapta, devido ao elevado risco de geadas ou por restrições de solos e de ambiente.

**Palavras-chave:** risco de geadas, balanço hídrico, regionalização, cafeeiro, Brasil.

**Abstract** - The state of Paraná (22°30' to 26°30' S latitude, 48° to 55° W longitude) is located within a region of climatic transition, from north to south, with regional and local variation due to altitude and topography. Coffee was initially established in the north part of the state and gradually advanced to the south and west reaching up the geographical limits in which economical exploitation was feasible. Analyses of climatic risks involving frosts, water deficiency and high temperatures, revealed that frost is the only limiting factor for coffee cultivation in Paraná. Therefore, a detailed study of frost risk was carried out for the state, based on historical series of minimum screen shelter temperature. These data were adjusted to the distribution of extremes which indicated, for each weather station, the probability of occurring yearly minimum screen shelter temperatures

<sup>1</sup> Pesquisador do IAPAR, Caixa Postal 481, CEP 86001-970 Londrina, PR. E-mail: caramori@pr.gov.br

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

<sup>3</sup> Pesquisador da UnB-Finatec/Zoneamento Agrícola-MAPA.

<sup>4</sup> Bolsista do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café.

<sup>5</sup> Bolsista do CNPq-PQ.

equal to or lower than a minimum value. A carefully inspection of the frosts that caused damages to the coffee crop in the last 25 years revealed that minimum screen shelter temperatures below 0°C are associated to damages of large proportion, and so this threshold was taken as an indication of frost for the coffee crop. The probabilities of occurring temperatures below 0°C in the meteorological screen shelter were correlated with altitude, latitude and longitude, to generate a detailed grid of frost risk that made possible to map a region with lower frost risk, suitable for cropping, a transition region in which it is possible to find suitable areas depending upon local inspection, and a region that is not suitable for cropping, due to very high frost risk or soil and environmental restrictions.

**Key words:** frost risk, water balance, climatic zoning, coffee crop, Brazil.

## Introdução

A espécie *Coffea arabica* L. é originária de áreas tropicais da Etiópia localizadas entre 6° e 9° Norte de latitude, em altitudes que variam entre 1.600 e 2.000 m. A temperatura média anual nesta região é de 18 a 20°C (mínima de 4 a 5°C e máxima de 30 a 31°C) e a precipitação anual é de 1.500 a 1.800 mm (CAMARGO & PEREIRA, 1994). A estação chuvosa é concentrada no verão, de março a outubro, com ocorrência de inverno seco de novembro a fevereiro (CAMARGO & FRANCO, 1981).

Os trabalhos de zoneamento da cultura do café no Brasil foram desenvolvidos, considerando-se aspectos macroclimáticos e a análise dos fatores térmico e hídrico. Por exemplo, CAMARGO (1977) estabeleceu faixas térmicas para o cultivo do café arábica, indicando uma área inapta com temperaturas médias anuais superiores a 23°C e inferiores a 17°C, uma área marginal com temperaturas de 17 a 18°C e 22 a 23°C e uma área apta com temperaturas médias anuais de 18 a 22°C. Regiões com temperatura média anual inferior a 18°C, em geral, têm o período de dormência das gemas florais retardado e o desenvolvimento dos frutos mais lento, o que faz com que o período de maturação seja coincidente com novo florescimento, dificultando a colheita (CAMARGO & PEREIRA, 1994). Isso é observado principalmente, nas cultivares com ciclo de maturação mais tardio, como a Catuaí.

Analisando as necessidades hídricas do cafeeiro e os balanços hídricos de diversas regiões de cultivo, CAMARGO (1977), também, estabeleceu os limites para o cultivo de *Coffea arabica* L., com base no déficit hídrico anual, definindo áreas

aptas para o cultivo sem irrigação aquelas com deficiência hídrica anual inferior a 150 mm e inaptas com déficit hídrico anual superior a 200 mm.

Combinando as exigências térmicas e hídricas do cafeeiro, CAMARGO (1974) apresentou um mapa de zoneamento climático da cultura do café no Brasil. Sob o ponto de vista hídrico, o estado do Paraná não apresenta nenhuma restrição (FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1978). Os impedimentos são de natureza térmica, tendo sido traçada a isoterma de 17°C de temperatura média anual como limite para o cultivo do cafeeiro, abaixo da qual as áreas são inaptas devido à ocorrência severa de geadas (CAMARGO, 1974). Esta restrição se justifica devido ao fato de que nenhuma das variedades cultivadas de *Coffea arabica* L. disponíveis apresenta tolerância genética a geadas (ANDROCIOLO FILHO et al., 1986). Entretanto, sob o ponto de vista microclimático, existem áreas acima dessa linha com condições adequadas e inadequadas ao plantio de café, dependendo da configuração local do terreno (CARAMORI & MANETTI FILHO, 1993).

A ocorrência de danos provocados por baixas temperaturas nos cafeeiros é variável conforme as partes atingidas, status nutricional e o tempo de exposição. CAMARGO & SALATI (1967) e FERRAZ (1968) observaram que temperaturas entre -3 e -4°C na superfície da folha, provocam a morte dos tecidos. MANETTI FILHO & CARAMORI (1986) concluíram que os danos foliares podem ocorrer com temperaturas a partir de -2°C, dependendo do tempo de exposição. Resultados obtidos por CHAVES & MANETTI FILHO (1990), mostraram que a suplementação de potássio e cálcio confere maior tolerância a

baixas temperaturas. FRANCO (1960) constatou que temperaturas abaixo de  $-2^{\circ}\text{C}$  podem causar lesões aos troncos dos cafeeiros, causando a “geada de canela”.

CAMARGO (1975), analisando dados de ocorrência de geadas durante um século, classificou-as quanto aos danos nas lavouras cafeeiras em três categorias: geadas moderadas (uma a cada três anos); geadas severas (uma a cada cinco a seis anos) e geadas severíssimas (três em cem anos). As geadas moderadas podem causar grandes prejuízos se não forem observadas as condições microclimáticas, como por exemplo, evitar os plantios nas áreas mais baixas, para onde o ar frio escorre durante as noites. As geadas severas provocam perdas na produção do ano seguinte que podem ser significativas, caso a lavoura não esteja plantada em condições de topoclima e de microclima adequadas. As geadas severíssimas são eventos extremos, que felizmente ocorrem com frequência muito baixa.

O estágio atual de conhecimentos e a disponibilidade de melhores bases de dados possibilitam a realização de estudos mais detalhados, visando delimitar as áreas com condições ótimas para o plantio de café. Assim, neste trabalho, foram realizadas análises de risco climático com séries de dados atualizadas e bases altimétricas detalhadas, com o objetivo de orientar a renovação da cafeicultura paranaense em áreas de menor risco. Este trabalho é particularmente importante nesta fase em que a cafeicultura do Paraná passa por um processo de revolução tecnológica, por meio do sistema de cultivo adensado (SIQUEIRA *et al.*, 1985; IAPAR, 1991; CARAMORI *et al.*, 1994).

## Material e métodos

### a) Risco de geadas

Com base na análise de séries históricas de temperatura mínima do abrigo e temperatura mínima de relva da rede de 32 estações meteorológicas do IAPAR, foram determinados os riscos de ocorrência de geadas ao nível da estação (GRODZKI *et al.*, 1996). Partindo da constatação de que nas geadas de irradiação for-

ma-se uma inversão térmica com gradiente médio em torno de 3 a  $4^{\circ}\text{C}$  entre o abrigo e a relva (SENTELHAS *et al.*, 1995; GRODZKI *et al.*, 1996), e que os danos foliares ocorrem com temperaturas entre  $-3$  e  $-4^{\circ}\text{C}$  (CAMARGO & SALATI, 1967; FERRAZ, 1968; MANETTI FILHO & CARAMORI, 1986), a ocorrência de geadas foi considerada somente com temperaturas mínimas menores que  $0^{\circ}\text{C}$  no abrigo. Este limite inclui as geadas severas e severíssimas (CAMARGO, 1975), que provocam maiores danos à cafeicultura. Os dados observados de temperatura mínima de abrigo menores que  $0^{\circ}\text{C}$  foram ajustados à distribuição de extremos, seguindo o procedimento descrito por ASSIS *et al.* (1996). Não foram consideradas as geadas moderadas que ocorrem com temperaturas mínimas de abrigo acima de  $0^{\circ}\text{C}$ , pois estas são fenômenos típicos de baixadas, onde não se recomenda o plantio do cafeeiro. Foi obtida uma equação de regressão entre as probabilidades de geada versus latitude, longitude e altitude de cada estação, com a finalidade de gerar mapas de temperatura mínima para todo o estado.

A base altimétrica disponibilizada pelo United States Geological Survey na Internet ([www.cr.usgs.gov/landdac/gtopo30/gtopo30.html](http://www.cr.usgs.gov/landdac/gtopo30/gtopo30.html)), contendo valores médios de altitude a cada trinta segundos, foi importada para o software de Sistema de Informação Geográfica SPRING e recortada sobre o estado do Paraná. Sobre esta base foi aplicada a equação de regressão, gerando-se uma malha de valores de risco de geadas, a partir da qual foram traçadas isolinhas de risco. Regiões que apresentaram risco inferior a 25% (no máximo uma geada a cada quatro anos) foram consideradas aptas ao cultivo do cafeeiro do ponto de vista macroclimático. As regiões com risco entre 25 e 35% foram consideradas de transição, admitindo-se que pode haver condições locais de menor risco que sejam adequadas ao plantio, dependendo da inspeção de um agrônomo. Regiões com risco acima de 35% foram consideradas inaptas.

## b) Temperatura

Com base nos dados históricos de temperatura média diária compensada das 32 estações do IAPAR no Paraná, determinou-se as temperaturas médias anuais e efetuou-se a correlação dos valores pontuais com altitude, latitude e longitude para a geração de um mapa com isolinhas de temperatura média em intervalos de 1°C. Áreas com temperatura média superior a 24°C e com deficiência hídrica superior a 100 mm anuais foram consideradas inaptas.

Calculou-se também o número médio de dias em que as temperaturas máximas foram superiores a 34°C (GONÇALVES et al., 1997) nos meses de setembro, de outubro e de novembro e realizou-se a interpolação dos valores por estação pelo processo de krigeagem, utilizando o software comercial Surfer.

## c) Deficiência hídrica

Foi utilizado o método de balanço hídrico de THORNTHWAITE & MATHER (1955) para realizar os cálculos. Os níveis de armazenamento de água no solo foram considerados fixos em 125 mm, com base em análises anteriores realizadas para a cultura do café (CAMARGO, 1977). Os balanços hídricos foram determinados para o ano todo, a partir dos valores normais mensais de cada estação. Regiões com deficiência anual superior a 150 mm foram consideradas inaptas. Os resultados obtidos foram interpolados no software comercial Surfer e transferidos para o SPRING, ambiente em que foi gerado o mapa de deficiência anual.

## d) Verificação e validação dos resultados

Os resultados dos cruzamentos dos fatores de risco foram confrontados inicialmente com informações históricas de área de cultivo e de produtividade de café nos municípios paranaenses. Além disso, foram realizadas reuniões com técnicos ligados à extensão rural e cooperativas, para discussão e ajuste local dos resultados. As incoerências verificadas nas análises iniciais foram revisadas e obteve-se um mapa final indicando as áreas macroclimaticamente aptas ao cultivo do cafeeiro.

## Resultados e discussão

As análises de temperatura média anual (Figura 1) e balanço hídrico anual (Figura 2) mostram que apenas uma pequena área no Paraná, localizada na região noroeste, apresenta valores de temperatura entre 23 e 24°C e deficiência hídrica anual de 5 a 20 mm. Entretanto, dados experimentais obtidos pelas equipes do IAPAR e de estatística de produção comprovam que o cultivo econômico de café nesta região é plenamente viável. Isto ocorre devido ao fato de que, mesmo havendo temperaturas consideradas elevadas para *C. arabica* L., o balanço hídrico favorável minimiza possíveis estresses provocados por calor, uma vez que o processo de transpiração é um mecanismo excelente de regulação térmica. As temperaturas extremas, acima de 34°C durante o período de floração, que normalmente ocorrem de setembro a novembro (Figura 3), também apresentam baixa frequência, indicando baixo nível de risco quanto a este fator.

A probabilidade de ocorrência de geadas ajustou-se adequadamente à distribuição de extremos para todas as estações meteorológicas, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 95% de probabilidade. A Tabela 1 apresenta os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição de extremos para cada estação e as probabilidades de temperaturas mínimas abaixo de 0°C, geradas por meio desta distribuição. Em geral observou-se que os riscos de geadas aumentam com a latitude e altitude, com exceção da região litorânea, devido ao efeito de oceanidade.

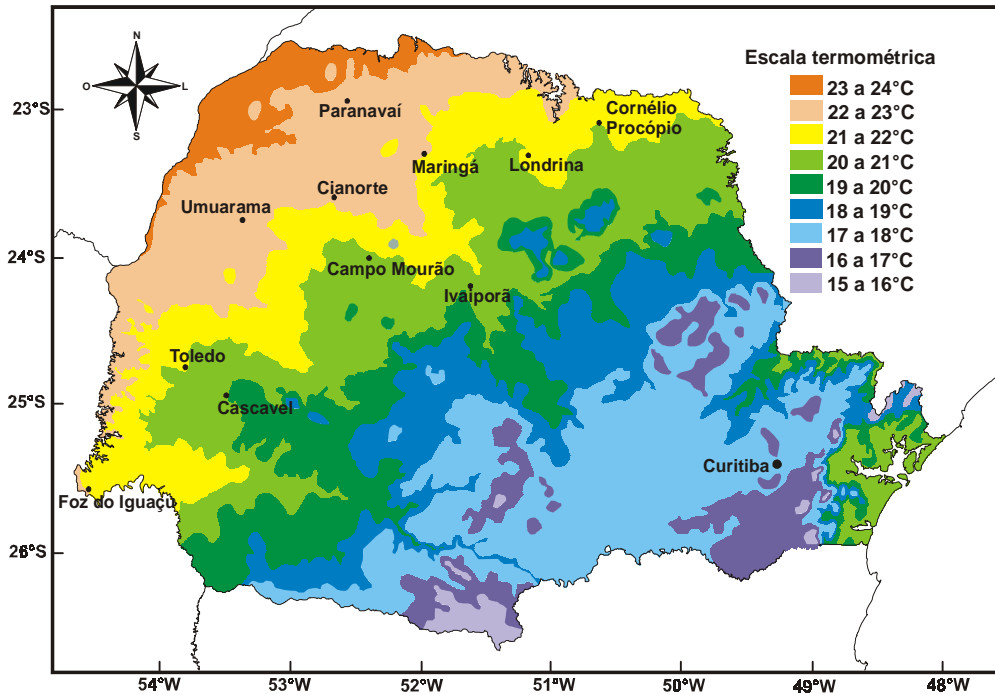
A equação de regressão linear múltipla obtida entre as probabilidades de geadas com temperatura de abrigo inferior a 0°C versus latitude, longitude e altitude foi a seguinte:

$$\bullet \text{ Risco de geadas} = -270,571 - 10,300 \text{ latitude} - 0,214 \text{ longitude} + 0,073 \text{ altitude}$$

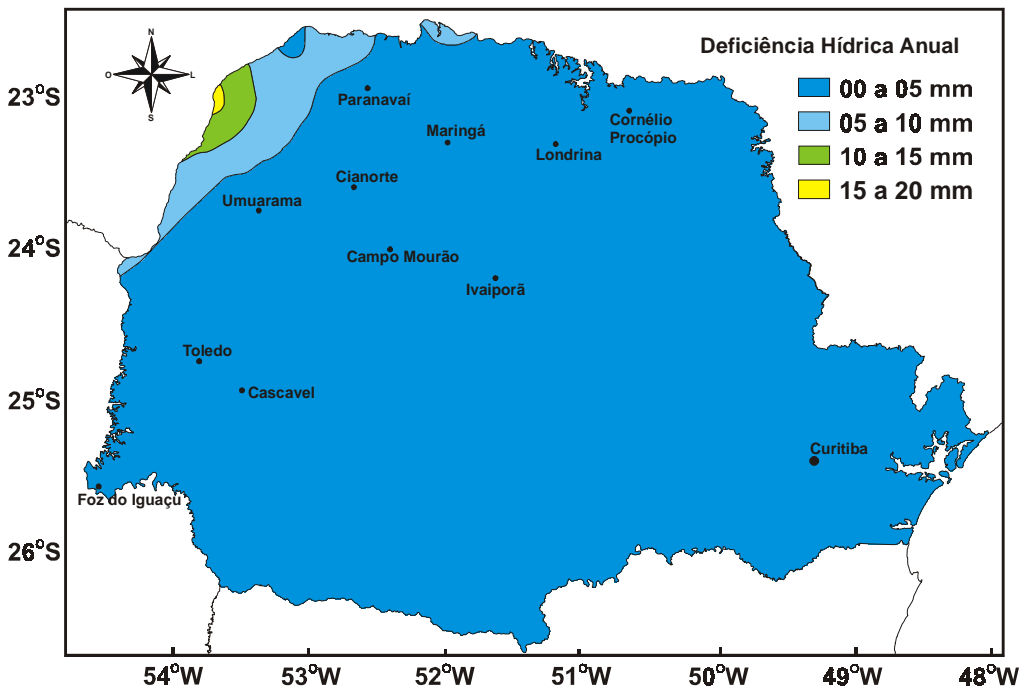
O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,9295. Esta equação aplicada à base altimétrica com dados a cada trinta segundos, resultou no mapa de risco de geadas apresentado na Figura 4. Definiu-se uma área com risco máximo de uma geada a cada quatro anos como macroclimaticamente apta ao cultivo do cafeeiro e uma área de transição,

com risco de geadas de até um evento a cada três a quatro anos, em que podem haver microclimas favoráveis ao cultivo. Esses dados foram valida-

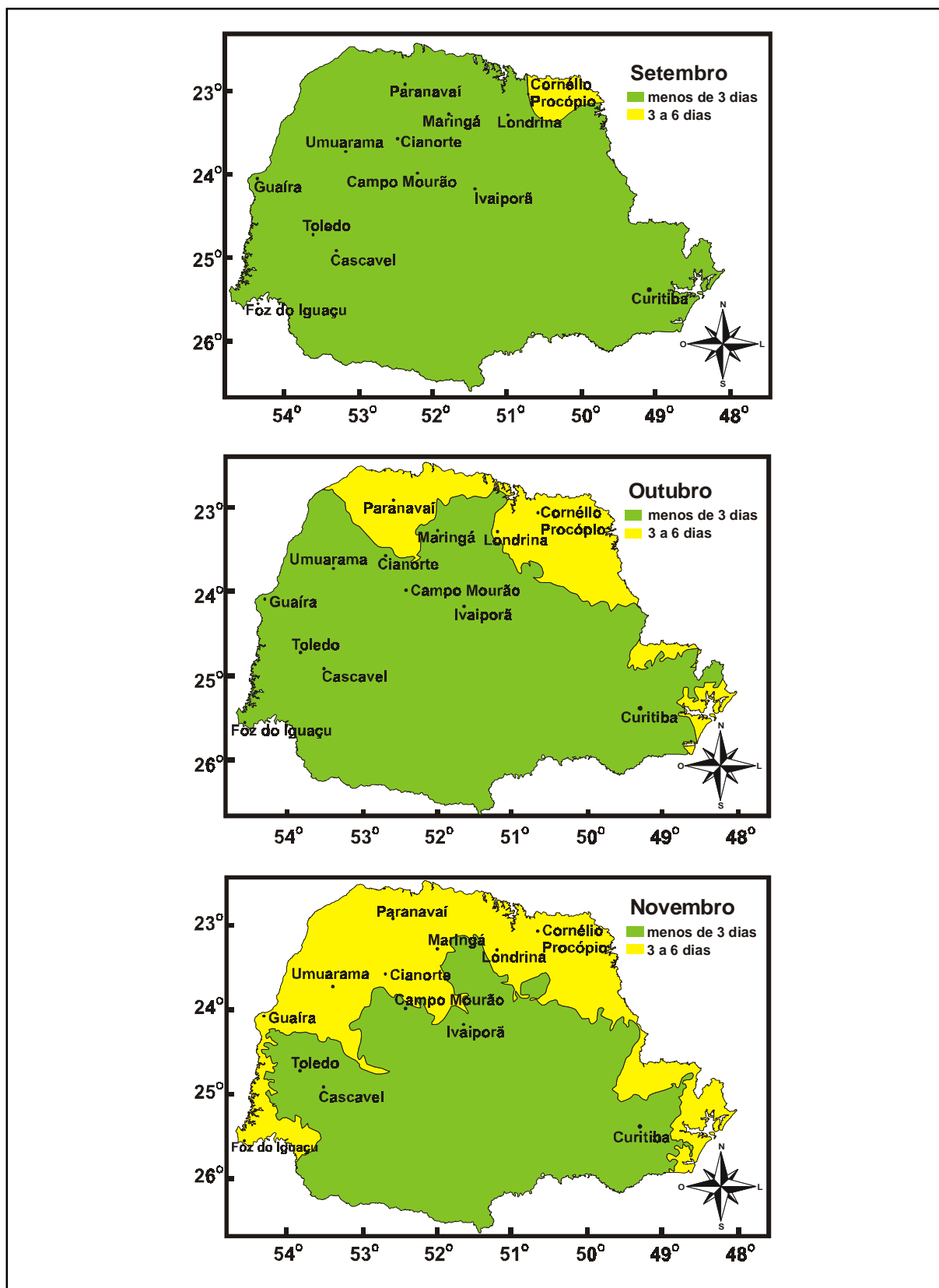
dos localmente, por meio de visitas, discussões com técnicos e produtores e análise de séries históricas de dados de produção de café.



**Figura 1.** Temperatura média anual compensada no estado do Paraná.



**Figura 2.** Balanço hídrico anual no estado do Paraná segundo o método de THORNTHWAITE & MATTER (1955).



**Figura 3.** Número médio de dias com temperatura superior a 34°C no estado do Paraná, durante os meses de setembro, de outubro e de novembro.

**Tabela 1.** Relação das estações com as respectivas coordenadas, parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição de extremos e probabilidade de ocorrência de temperaturas abaixo de 0°C ( $P < 0^\circ\text{C}$ ).

Estação	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	$\alpha$	$\beta$	$P < 0^\circ\text{C}$
Antonina	25°13'	48°48'	60	3,142	2,228	0,017
Apucarana	23°30'	51°32'	746	1,519	1,968	0,115
Bandeirantes	23°06'	50°21'	440	1,852	2,235	0,101
Bela Vista Paraíso	22°57'	51°12'	600	2,450	2,435	0,065
Cambará	23°00'	50°02'	450	0,369	2,099	0,304
Cândido de Abreu	24°38'	51°15'	645	-0,048	1,832	0,377
Cascavel	24°53'	53°33'	760	-0,188	1,025	0,435
Cerro Azul	24°49'	49°15'	443	0,498	1,595	0,255
Cianorte	23°40'	52°35'	530	1,987	2,086	0,075
Clelândia	26°25'	52°21'	930	-3,050	1,394	0,894
Fernandes Pinheiro	25°27'	50°35'	893	-2,427	1,501	0,820
Francisco Beltrão	26°05'	53°04'	650	-1,904	1,321	0,789
Guarapuava	25°21'	51°30'	1.020	-3,275	1,620	0,876
Guaraqueçaba	25°16'	48°32'	40	2,677	2,615	0,062
Ibiporã	23°16'	51°01'	484	2,677	2,615	0,062
Joaquim Távora	23°30'	49°57'	512	0,254	1,345	0,299
Lapa	25°47'	49°46'	910	-2,101	1,544	0,774
Laranjeiras do Sul	25°25'	52°25'	880	-1,086	1,340	0,641
Londrina	23°22'	51°10'	585	1,538	1,632	0,077
Morretes	25°30'	48°49'	59	1,582	0,998	0,008
Nova Cantu	24°40'	52°34'	540	0,161	1,297	0,322
Palmas	26°29'	51°59'	1.100	-4,076	1,412	0,946
Palotina	24°18'	53°55'	310	-1,759	0,375	0,991
Paranavaí	23°05'	52°26'	480	1,762	2,039	0,093
Pato Branco	26°07'	52°41'	700	-1,469	1,231	0,739
Pinhais	25°25'	49°08'	930	-2,335	1,458	0,817
Planalto	25°42'	53°47'	400	0,129	0,936	0,318
Ponta Grossa	25°13'	50°01'	880	-2,456	1,637	0,800
Quedas do Iguaçu	25°31'	53°01'	513	0,103	0,994	0,330
São Miguel do Iguaçu	25°26'	54°22'	260	-0,235	1,445	0,427
Telêmaco Borba	24°20'	50°37'	768	-0,960	2,085	0,532
Umuarama	23°44'	53°17'	480	2,191	1,870	0,040

Lat: latitude; Long: longitude; Alt: altitude.

Com a finalidade de reduzir ainda mais os riscos de perda por geadas, sugere-se adotar uma série de técnicas e recomendações para reduzir os impactos das geadas ao nível das propriedades, incluindo a escolha do local de menor risco dentro da propriedade e a utilização de técnicas de proteção das lavouras durante o inverno (CARAMORI & CHAVES, 1984; CARAMORI & MANETTI FILHO, 1993; CARAMORI *et al.*, 1996;

CARAMORI *et al.*, 1999; CARAMORI *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c).

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café pelo suporte financeiro para a realização deste trabalho.

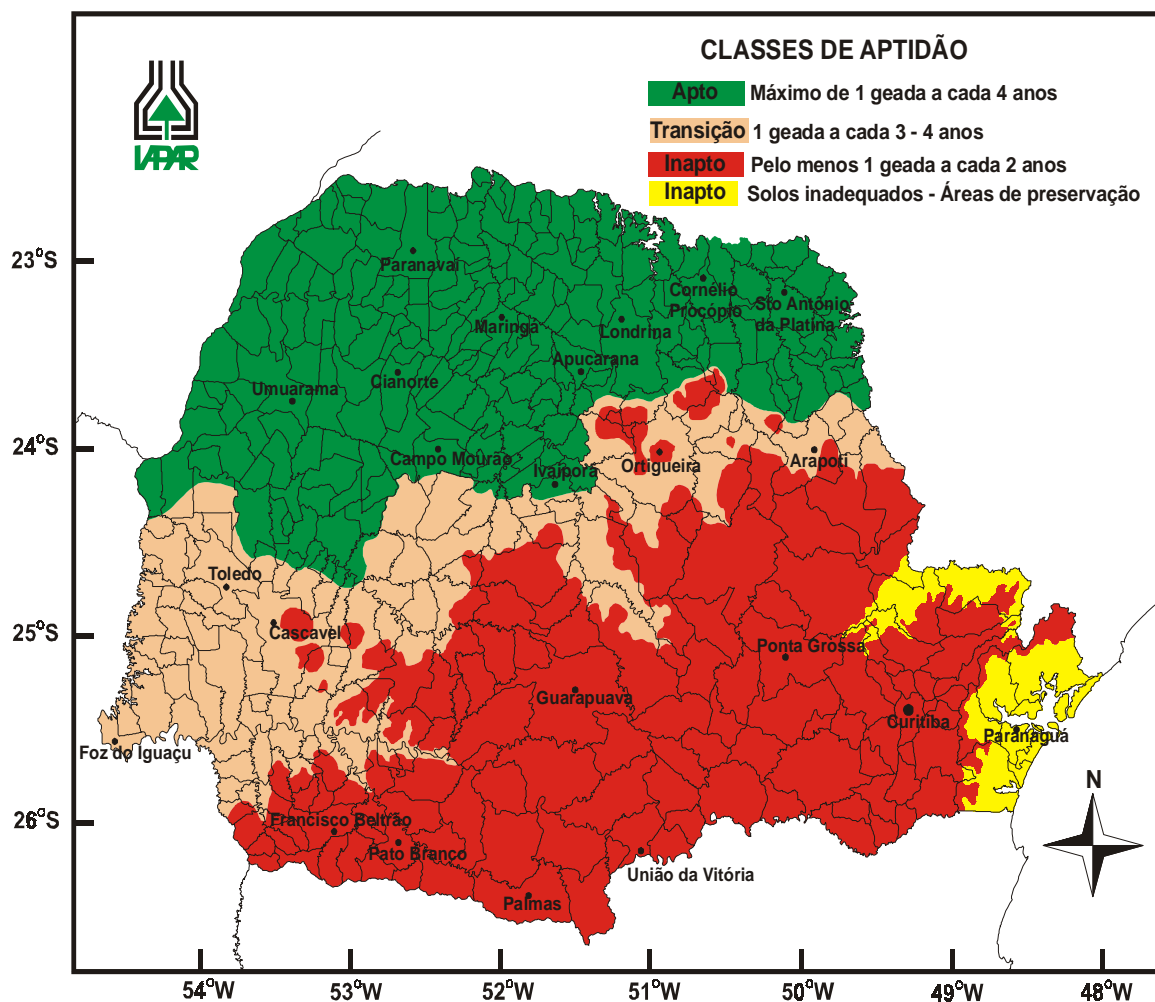


Figura 4. Zoneamento de risco climático do cafeeiro no estado do Paraná, de acordo com a frequência de geadas.

## Referências bibliográficas

ANDROCIOFILHO, A., SIQUEIRA, R., CARAMORI, P.H. et al. Frost injury and performance of coffee at 23° S in Brazil. *Experimental Agriculture*, London, v.22, p.71-74, 1986.

ASSIS, F.N., ARRUDA, H.V., PEREIRA, A.R. *Aplicações de estatística à climatologia – Teoria e prática*. Pelotas: Ed. Universitária, Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161p.

CAMARGO, A.P. Clima. In: *Cultura de café no Brasil*. Manual de recomendações. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1974. p.20-35.

CAMARGO, A.P. Características das geadas excepcionalmente severas de julho de 1975. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 3., 1975,

Curitiba. *Resumos...* Curitiba, 1975. p.250-252.

CAMARGO, A.P. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e robusta no Brasil. In: *Fundação IBGE, recursos, meio ambiente e poluição*. 1977. p.68-76.

CAMARGO, A.P., FRANCO, C.M. Clima e fenologia do cafeeiro. In: *Cultura de café no Brasil*. Manual de recomendações. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1981. p.1-62.

CAMARGO, A.P. de, PEREIRA, A.R. *Agrometeorology of the coffee crop*. CAgM Report no. 58, WMO/TD no. 615. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 1994. 43p.

CAMARGO, A.P., SALATI, E. Determinación de la temperatura letal para hojas de café en noches de heladas. *Café*, Lima, v.8, n.3, p.12-15, 1967.



CARAMORI, P.H., ANDROCIOLIFILHO, A., LIBERAL, E.G. et al. (Eds.). **Simpósio Internacional sobre café adensado 1994**. Londrina: IAPAR, 1994. 312p.

CARAMORI, P.H., CHAVES, J.C.D. Proteção de cafeeiros jovens contra os efeitos de geadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.6, p.665-668, 1984.

CARAMORI, P.H., LEAL, A.C., ANDROCIOLIFILHO, A. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, v.33, p.205-214, 1996.

CARAMORI, P.H., LEAL, A.C., CARNEIRO FILHO, F. et al. Avaliação de métodos de proteção contra geadas em cafezais recém implantados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: Embrapa Café, Brasília, 2000a. v.1, p.30-33.

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. et al. Proteção temporária de cafezal em formação contra geadas com espécies anuais e semi-perenes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: Embrapa Café, Brasília, 2000b. v.1, p.83-85.

CARAMORI, P.H., MANETTI FILHO, J. **Proteção dos cafeeiros contra geadas**. Londrina: IAPAR, 1993. 28p. (Circular técnica, 79).

CARAMORI, P.H., MANETTI FILHO, H., MORAIS, H. et al. **GEADA - Técnicas para proteção dos cafezais**. Londrina: IAPAR, 2000c. 35p. (Circular, 112).

CHAVES, J.C.D., MANETTI FILHO, J. Danos de geadas em cafeeiros submetidos a adubação potássica e calagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 16., 1990, Espírito Santo do Pinhal. **Resumos...** Espírito Santo do Pinhal, 1990. p.86.

FERRAZ, E.C. **Estudo sobre o momento em que a geada danifica as folhas do cafeeiro**. 1968. 59p. Tese (Doutorado) ESALQ-USP, Piracicaba, 1968.

FRANCO, C.M. Estrangulamento do caule do cafeeiro causado pelo frio. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.32, p.515-521, 1960.

FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1978. 41p.

GONÇALVES, S.L.G., WREGE, M.S., CARAMORI, P.H. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.99-107, 1997.

GRODZKI, L., CARAMORI, P.H., OLIVEIRA, D. 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.

IAPAR. **Modelo tecnológico para café no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1991. 14p. (Informe da pesquisa, 97).

MANETTI FILHO, J., CARAMORI, P.H. Desenvolvimento de uma câmara para simulação de temperaturas baixas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.10, p.1005-1008, 1986.

SENTELHAS, P.C., ORTOLANI, A.A., PEZZOPANE, J.R.M. Diferença de temperatura entre o abrigo meteorológico e a relva, em noites de geada, no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, Campina Grande. **Resumos...** Campina Grande, 1995. p.275-277.

SIQUEIRA, R., ANDROCIOLIFILHO, A., CARAMORI, P.H. et al. **Espaçamento e produtividade do cafeeiro**. Londrina: IAPAR, 1985. 5p. (Informe da pesquisa, 56).

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, nº1).