

RISCO DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA CULTURA DO FEIJOEIRO DURANTE A SAFRA DAS ÁGUAS NO ESTADO DO PARANÁ. (*)

WATER DEFICIT RISK FOR BEANS CROP DURING THE RAINY SEASON IN PARANÁ STATE, BRAZIL.

Marcos Silveira Wrege¹, Sergio Luiz Gonçalves¹, Paulo Henrique Caramori², Maria Elizabeth da Costa Vasconcellos³, Dalziza de Oliveira⁴, Miguel Abucarub Neto⁵ e João Henrique Caviglione⁶

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar a disponibilidade hídrica para o feijoeiro na safra das águas no Estado do Paraná, buscando identificar as regiões de menor risco e contribuir para definição das melhores épocas de semeadura. A partir de valores diários de evapotranspiração máxima e precipitação provenientes de 32 estações meteorológicas do IAPAR, calculou-se o balanço hídrico utilizando um modelo climatológico adaptado para o feijoeiro. A capacidade de água disponível foi calculada considerando-se 20 cm de profundidade efetiva do sistema radicular na emergência, a qual aumentou exponencialmente até 60 cm no início do florescimento e permaneceu constante até o final do ciclo. Adotou-se um valor de água disponível de 7% para a região Noroeste (solos arenosos) e de 10% para os demais locais. Foram simuladas nove épocas de semeadura espaçadas de 10 dias entre 15/07 e 05/10, calculando-se a frequência de deficiência hídrica no período de florescimento (37-52 dias após a emergência) para cada época. Utilizando análise de agrupamento, foi possível agrupar os locais estudados em cinco zonas diferenciadas em relação ao nível de risco. Os resultados mostraram que a região Norte do Estado apresenta problemas de disponibilidade hídrica, sendo recomendável a adoção de práticas de manejo que visem conservar a água no solo ou a irrigação. Nas demais regiões observou-

(*) Trabalho realizado com suporte do Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

¹ Eng.^o Agr.^o M. Sc., bolsista da FINATEC - UnB, Cx. P. 481, CEP 86001-970, Londrina - PR

² Eng.^o Agr.^o PhD., Coordenador da Área de Ecofisiologia - IAPAR, Cx. P. 481, 86001-970, Londrina - PR

³ Eng.^o Agr.^o M. Sc., Coordenadora da Área de Biometria - IAPAR, Cx. P. 481, 86001-970, Londrina - PR

⁴ Eng.^o Agr.^o M. Sc., Área de Ecofisiologia - IAPAR, Cx. P. 481, 86001-970, Londrina - PR

⁵ Tecnólogo em processamento de dados, bolsista da FINATEC - UnB, Cx. P. 481, CEP 86001-970, Londrina - PR

⁶ Eng.^o Agr.^o B. Sc. Área de Geoprocessamento - IAPAR, Cx. P. 481, 86001-970, Londrina - PR

se menor nível de risco de deficiência hídrica no período analisado, identificando-se períodos mais adequados para semeadura.

Palavras-chave: feijoeiro, *Phaseolus vulgaris*, evapotranspiração, deficiência hídrica, risco climático, análise de agrupamento.

SUMMARY

The goal of this work was to determine water deficit risk and best sowing periods for beans (*Phaseolus vulgaris*) in Parana State, southern Brazil. A climatological water balance model adapted for beans was simulated, using historical series of daily values of maximum evapotranspiration and precipitation from 32 weather stations. Water holding capacity was calculated for a soil depth of 20cm at plant emergence, increased exponentially up to 60cm depth at the beginning of plant flowering, and remained constant until harvest. Available soil water was assumed to be 7% in the Northwest (sandy soils) and 10% for the rest of the agricultural areas. Nine sowing dates spaced of 10 days were simulated between July 15 and October 5, and the frequency of water deficit during the flowering period (37-52 days after emergence) was estimated. Using cluster analysis, the State was classified in five homogeneous zones for water deficit risk. Results have shown that the North region has a very high risk, suggesting that beans should only be cropped under minimum tillage or irrigation. For the other regions there were lower risks and appropriate sowing times were identified.

Key words: beans, *Phaseolus vulgaris*, evapotranspiration, water deficit, climatic risk, cluster analysis.

INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná, embora com saldo positivo no balanço hídrico anual para a maioria das regiões (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1978), apresenta grande variação na distribuição temporal e espacial da precipitação (BERNARDES et al., 1988; CARAMORI et al., 1991). Além de se situar em uma região de transição climática, sofrendo influência diferenciada das massas de ar provenientes do Sul, apresenta também grandes variações de relevo (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO, 1987) e dos solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1981), com reflexos diretos sobre a evapotranspiração e o balanço hídrico local. Tal complexidade limita a representatividade de informações pontuais e indica a necessidade de se

realizarem estudos baseados em séries históricas de várias estações, com o objetivo de delimitar áreas semelhantes quanto ao comportamento dos parâmetros analisados.

A cultura do feijoeiro destaca-se como uma das mais importantes do Estado, pelos aspectos econômicos e sociais envolvidos. Trata-se de uma espécie pouco tolerante à deficiência hídrica, principalmente quando esta ocorre em torno dos períodos de florescimento e início de formação das vagens (STOKER, 1974; MAGALHÃES & MILLAR, 1978; BERGAMASCHI et al., 1989). Esse fator tem contribuído para a grande variação nas produções de feijão obtidas no Paraná nos últimos anos, principalmente nas regiões Norte e Noroeste do Estado (OLIVEIRA & VILLA NOVA, 1996). Além disso, os genótipos com características de tolerância à deficiência hídrica atualmente disponíveis apresentam baixa produtividade, não havendo perspectiva de solução para o problema a curto prazo (WHITE & SINGH, 1991). Assim, com esse objetivo, foi caracterizado o nível de risco e reconhecidos os períodos com maior frequência de ocorrência de deficiência hídrica, constituindo ferramenta bastante útil à delimitação de áreas aptas e ao planejamento da semeadura, visando minimizar as perdas devidas ao fator hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi analisada a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) com hábito de crescimento tipos II e III, segundo classificação do CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1980), considerando-se a duração entre emergência e maturação igual a 95 dias.

Considerou-se como período crítico à deficiência hídrica aquele compreendido entre 3 dias anteriores e 12 dias posteriores ao florescimento. Assumiu-se um ciclo com florescimento aos 40 dias, ficando portanto o período crítico compreendido entre 37 e 52 dias após a emergência.

As análises foram realizadas com base em registros diários provenientes de 32 estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), representando as diversas condições do Estado. Os períodos de observação utilizados e a localização geográfica das estações são apresentados na Tabela 1.

A evapotranspiração de referência (**ET_o**) foi calculada diariamente, utilizando o método de PENMAN (1948), empregando-se como termo aerodinâmico a evaporação de Piche (STANHILL, 1962). Para a estimativa da **ET_o**, a radiação solar global foi obtida a partir da razão de insolação, conforme PRESCOTT (1940), e a radiação líquida disponível a partir da fórmula de BRUNT (1932). Os coeficientes **a** e **b** do termo aerodinâmico e os coeficientes da equação de Prescott para as localidades

estudadas são apresentados na Tabela 2. A evapotranspiração máxima (**ET_m**) foi calculada diariamente a partir da **ET_o** e do coeficiente de cultura (**K_c**), pela expressão:

$$ET_m = ET_o \cdot K_c \quad (1)$$

Tabela 1 - Localização, coordenadas geográficas e períodos de observação das estações meteorológicas utilizadas do Instituto Agronômico do Paraná.

Local	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Períodos de observação
Antonina	25°13'	48°48'	60	1977-1996
Apucarana	23°30'	51°32'	746	1961-1996
Bandeirantes	23°06'	50°21'	440	1974-1996
Bela Vista do Paraíso	22°57'	51°12'	600	1971-1996
Cambará	23°00'	50°02'	450	1971-1996
Cândido de Abreu	24°38'	51°15'	645	1988-1996
Cascavel	24°53'	53°33'	760	1972-1996
Cerro Azul	24°49'	49°15'	443	1972-1996
Cianorte	23°40'	52°35'	530	1971-1996
Clevelândia	26°25'	52°21'	930	1972-1996
Francisco Beltrão	26°05'	53°04'	650	1973-1996
Guarapuava	25°21'	51°30'	1020	1972-1996
Guaraqueçaba	25°16'	48°32'	40	1977-1996
Ibiporã	23°16'	51°01'	484	1971-1996
Joaquim Távora	23°30'	49°57'	512	1971-1996
Lapa	25°47'	49°46'	910	1988-1996
Laranjeiras do Sul	25°25'	52°25'	880	1972-1996
Londrina	23°22'	51°10'	585	1976-1996
Morretes	25°30'	48°49'	59	1966-1996
Nova Cantu	24°40'	52°34'	540	1972-1996
Palmas	26°29'	51°59'	1100	1978-1996
Palotina	24°18'	53°55'	310	1972-1996
Paranavaí	23°05'	52°26'	480	1971-1996
Pato Branco	26°07'	52°41'	700	1978-1996
Pinhais	25°25'	49°08'	930	1970-1996
Planalto	25°42'	53°47'	400	1973-1996
Ponta Grossa	25°13'	50°01'	880	1954-1996
Quedas do Iguaçu	25°31'	53°01'	513	1972-1996
São Miguel do Iguaçu	25°26'	54°22'	260	1982-1996
Teixeira Soares	25°27'	50°35'	893	1963-1996
Telêmaco Borba	24°20'	50°37'	768	1971-1996
Umuarama	23°44'	53°17'	480	1971-1996

Os valores de **K_c** foram estabelecidos para cinco estádios de desenvolvimento da cultura, utilizando-se o mesmo critério de DOORENBOS & KASSAM (1979), conforme ilustrado na Figura 1.

A capacidade de água disponível no solo, que representa a lâmina de água extraível na zona radicular pelas plantas, foi determinada de acordo com DOORENBOS & KASSAM (1979):

$$CAD = [(CC - PMP) / 100] \cdot h \quad (2)$$

onde **CAD** é a capacidade de água disponível no solo (mm), **CC** a umidade do solo à capacidade de campo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$), **PMP** a umidade do solo no ponto de murcha permanente ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) e **h** a profundidade efetiva do sistema radicular (mm).

Foram considerados dois grupos básicos de solos, de acordo com a porcentagem de água retida entre **CC** e **PMP**: solos de textura arenosa com 7% e solos de textura argilosa com 10% (FARIA & CARAMORI, 1986; CARAMORI et al., 1991).

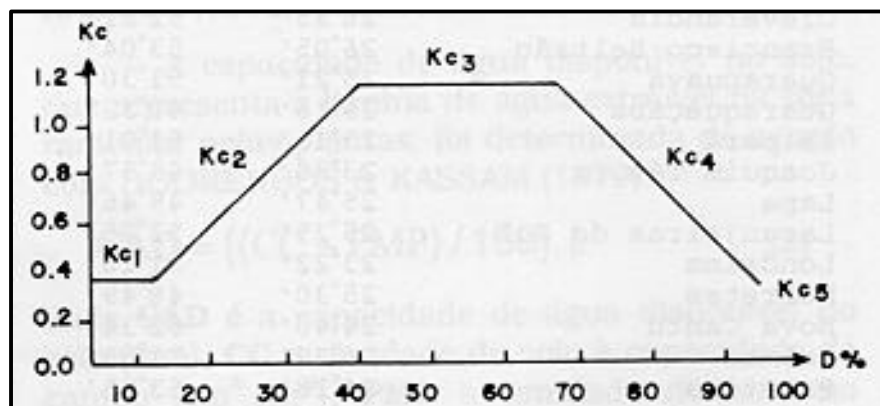
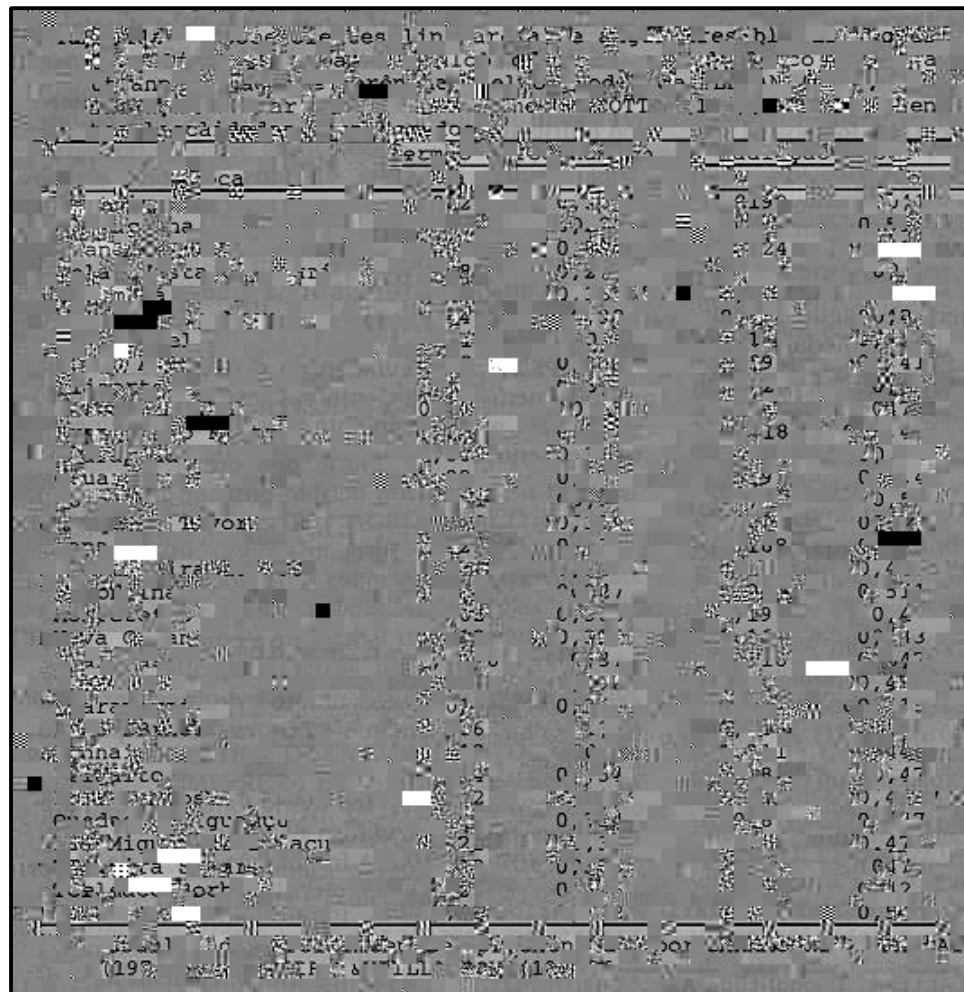


Figura 1. Variação do coeficiente de cultura (K_c) em função da duração relativa do ciclo do feijoeiro ($D\%$), sendo: $K_{c1} = 0,35$; $K_{c2} = 0,1229 + 2,7425.D$; $K_{c3} = 1,1$; $K_{c4} = 3,191 - 2,8907.D$; $K_{c5} = 0,30$ (OLIVEIRA & VILLA NOVA, 1996).

A água que pode ser extraída pelas plantas sem que ocorra déficit hídrico (**AE**) foi obtida a partir da fração **p** da **CAD**, que é a utilizada pelas culturas antes de se configurar uma deficiência hídrica, segundo a expressão:

$$AE = p \cdot CAD \quad (3)$$

A fração de esgotamento de água no solo tolerada pelas culturas (**p**) foi calculada diariamente em função dos valores de **ETm**, pela expressão seguinte:

$$P = e^{(A1 + A2 \cdot ETm)} \quad (4)$$

Aplicando-se logaritmo neperiano à equação (4) obtém-se:

$$\ln p = A1 + A2 \cdot ETm \quad (5)$$

onde **A1** = **0,0275** e **A2** = **-0,1334**, com $r^2 = 0,979$. Esses valores foram obtidos por regressão linear, a partir de valores de **p** tabelados por DOORENBOS & KASSAM (1979).

A profundidade de exploração do sistema radicular foi considerada de 20 cm na emergência, evoluindo exponencialmente até 60 cm no início do florescimento e mantendo-se constante a partir desta data até o final do ciclo, conforme OLIVEIRA & VILLA NOVA (1996).

Consideraram-se como dias com deficiência hídrica aqueles em que:

$$PREC < ETm$$

e

$$\frac{ARM_1}{CAD} < (1 - p)$$

sendo **PREC** a precipitação do dia e **ARM₁** o armazenamento do dia anterior. Nesses dias considerou-se o armazenamento decrescendo linearmente, sendo:

$$ETr = \frac{ARM}{CAD (1 - p)} \cdot ETm \quad (6)$$

e

$$ARM_2 = ARM_1 - ETr + PREC \quad (7)$$

sendo **ARM₂** o armazenamento de água no solo (mm) no dia do cálculo e **ETr** a evapotranspiração real (mm).

O balanço hídrico diário foi calculado para nove épocas de semeadura espaçadas de 10 dias, entre 15/07 e 05/10. A frequência média de ocorrência de deficiência hídrica entre 37 e 52 dias após a emergência (período crítico) foi determinada para cada época de semeadura e estação meteorológica, utilizando todos os anos de observação disponíveis. Os riscos de ocorrência de déficit no período

crítico foram plotados por estação e decêndio, a fim de se verificarem os períodos comparativamente mais favoráveis e os níveis de risco por região.

Com a finalidade de classificar as estações em grupos homogêneos quanto ao nível de risco e época de ocorrência da deficiência hídrica, procedeu-se a análise de agrupamento (“cluster analysis”), utilizando um programa específico para esse fim (SAS Institute Inc., 1989). A análise de agrupamento ou conglomerados é uma técnica multivariada que não leva em consideração a distribuição dos dados; o agrupamento é feito com base nas medidas de similaridade entre os indivíduos. Nesse trabalho, a distância (d) entre duas estações i e j foi definida como:

$$d_{ij} = \frac{1}{n_i n_j} \sum_{ij} d_{ij} \quad (8)$$

utilizando-se a matriz de distâncias dos dados, segundo MARDIA et al. (1979).

Utilizou-se a distância euclidiana para avaliar o grau de diferenciação entre dois grupos (“clusters”), tendo como base o método da ligação pelas médias, desenvolvido por SOKAL & MICHERNER (1958).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de agrupamento são apresentados na Tabela 3. Observa-se que as 32 estações, representando 100% da variância, constituíram nove agrupamentos, representados de forma gráfica na Figura 2. Entretanto, não houve incrementos significativos além de cinco agrupamentos na proporção da variação dos dados, que já representaram acima de 99% da variância acumulada. Com base nesses resultados, foi possível agrupar as estações em quatro clusters (ou grupos), representando os seguintes níveis de risco (Figura 3): I - Risco elevado; II - Risco moderado; III - Risco baixo; IV - Risco muito baixo. Pode-se observar que os dados das estações localizadas na região Norte apresentam maior risco, com 40 a 70% de possibilidade de ocorrer deficiência hídrica durante a floração, seguidas das estações localizadas na faixa Oeste (Planalto, São Miguel do Iguaçu e Palotina), Centro (Cândido de Abreu e Telêmaco Borba) e Sudeste (Lapa), com riscos de 10 a 30%. As regiões Sul e Centro-Sul apresentam nível de risco baixo (10 a 20%), enquanto no litoral o risco é extremamente baixo (0 a 10%).

Com base nos resultados da análise de agrupamento, dividiu-se o Estado em cinco zonas homogêneas, quanto ao risco de ocorrência de deficiência hídrica (Figura 4).

A zona 1 apresenta risco elevado de deficiência hídrica no período de florescimento do feijoeiro para todas as épocas de semeadura, com valores entre 40 e 70%, à exceção de 5 de outubro, quando se

inicia o período chuvoso. Entretanto, considerando-se que o feijoeiro é também muito sensível à ocorrência de temperaturas acima de 30°C, as quais provocam o abortamento das flores (MARIOT, 1989; KAY, 1979), a semeadura tardia não é recomendada nessa região. E, sob esse nível de risco, fica evidente a necessidade do uso de práticas de manejo que melhorem a capacidade de retenção de água no solo ou uso de irrigação.

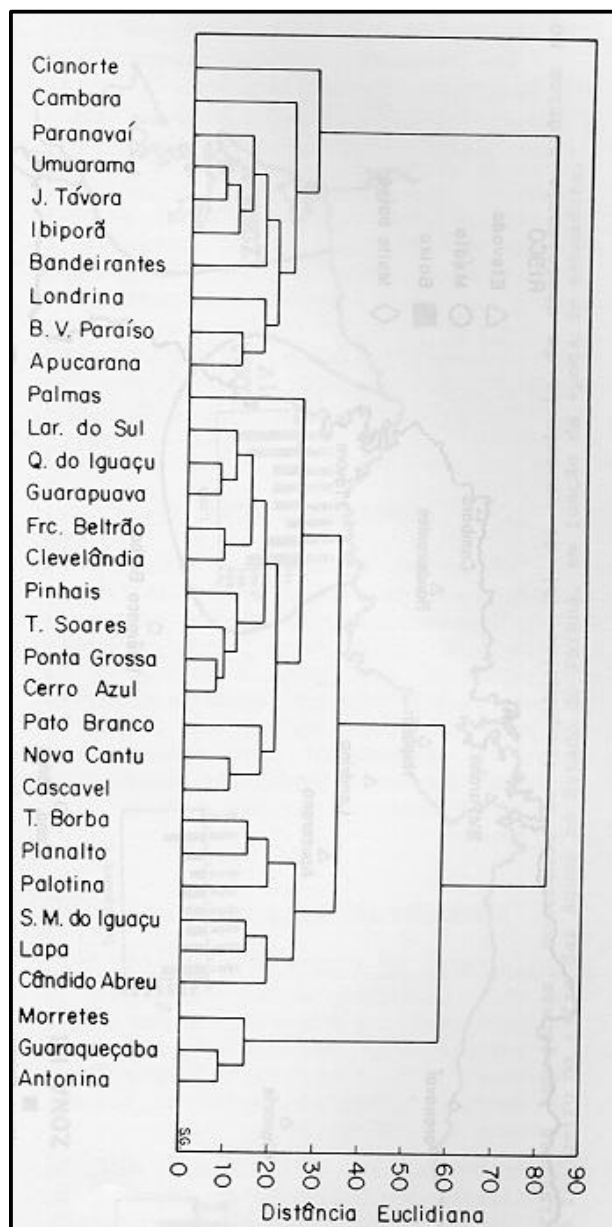


Figura 2. Dendrograma da análise de agrupamentos pelo método da ligação pelas médias para as 32 estações meteorológicas do Instituto Agronômico do Paraná.

Tabela 3 - Resultado da análise de agrupamentos pelo método de ligação pelas médias, mostrando os autovalores da matriz de covariância, a variância absoluta e a variância acumulada de cada agrupamento, para o feijoeiro na safra das águas no Estado do Paraná.

Número de Agrupamentos	Autovalores	Variância Absoluta (%)	Variância Acumulada (%)
1	1794,92	91,38	91,38
2	73,38	3,74	95,12
3	49,62	2,53	97,64
4	15,68	0,80	98,44
5	11,72	0,60	99,04
6	6,60	0,34	99,38
7	5,25	0,27	99,64
8	4,29	0,22	99,86
9	2,71	0,14	100,00

As zonas 2 e 4 apresentam um período de menor risco entre 25 de julho e 5 de setembro, na faixa de 10 a 30%.

A zona 3 apresenta nível de risco inferior às anteriores, devido aos maiores valores de precipitação e menor evapotranspiração (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994), observando-se um período de menor risco entre 25 de julho e 15 de setembro, com 10 a 20% de probabilidade. Finalmente, a zona 5, envolvendo o litoral paranaense, apresenta baixo nível de risco em todas as épocas analisadas.

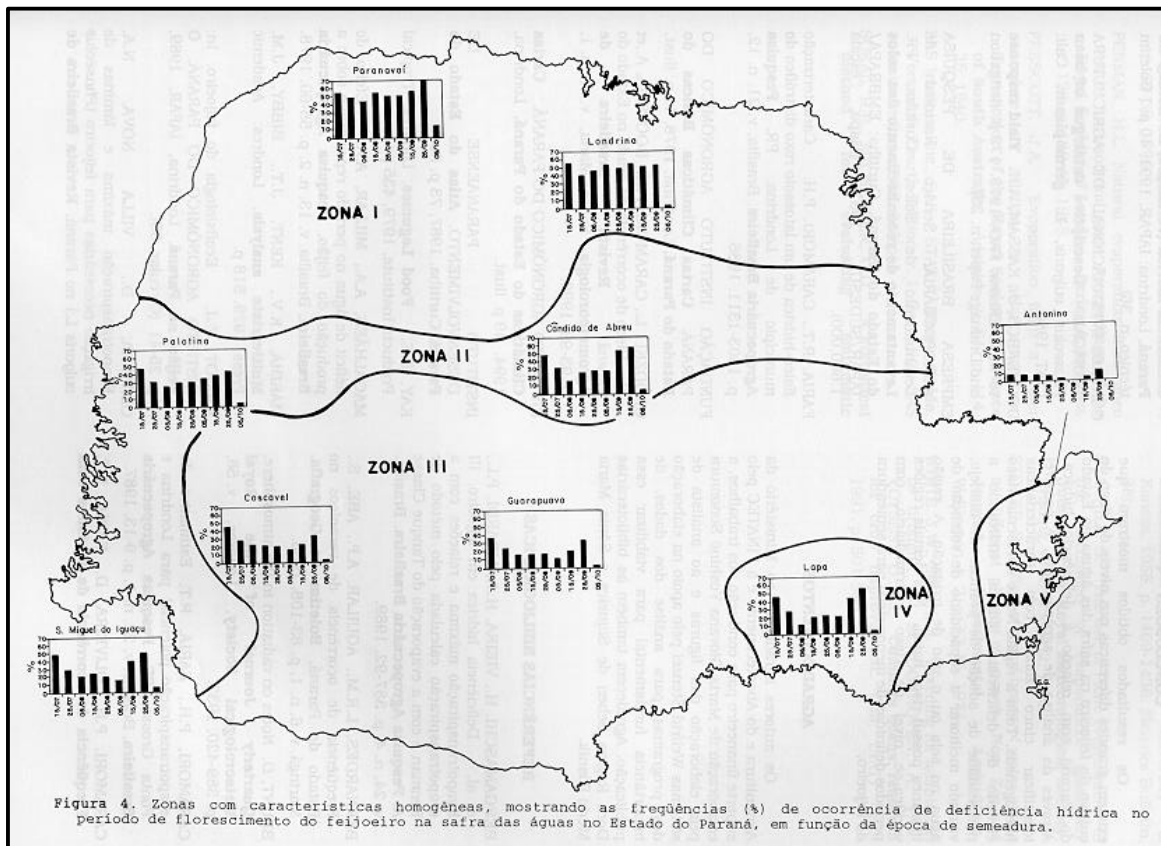
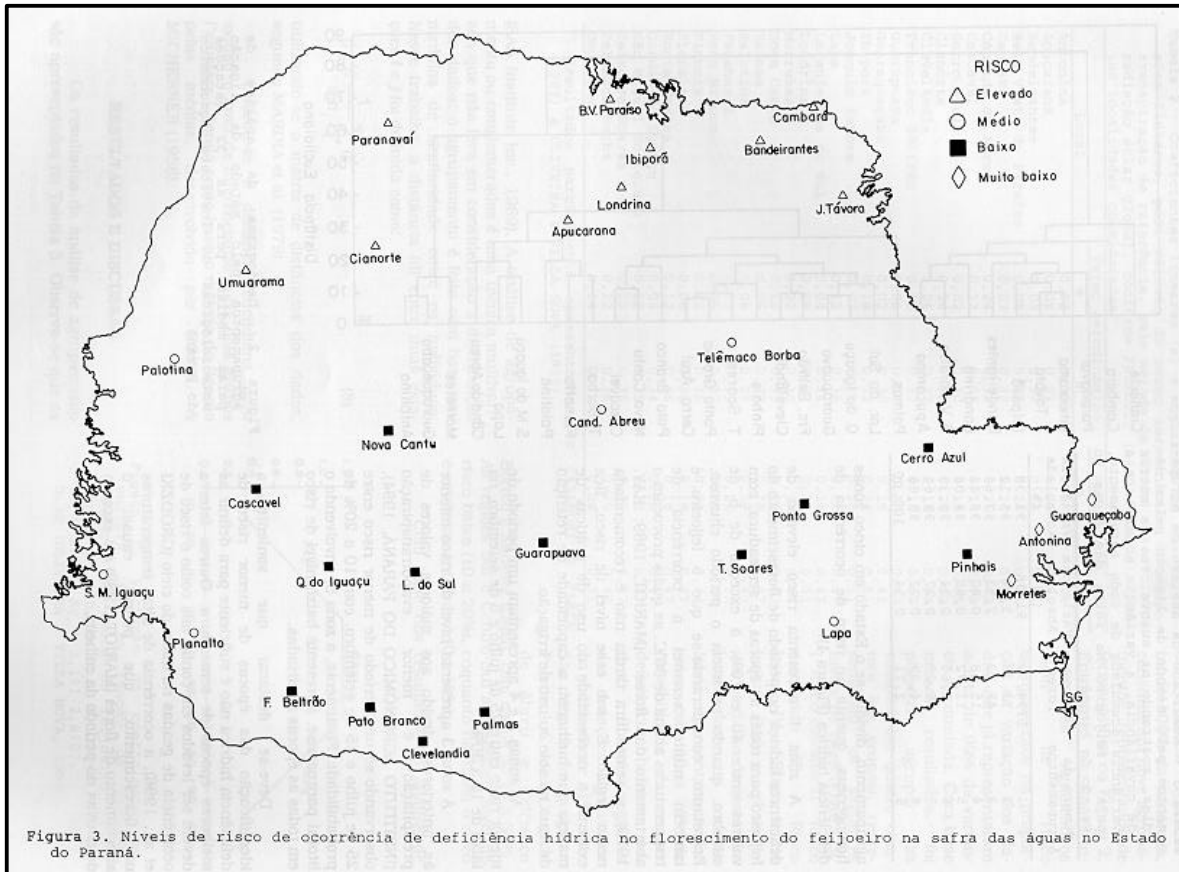
Deve-se destacar que somente a identificação das épocas de menor risco de deficiência hídrica não é suficiente para definir as melhores épocas de semeadura. Outros fatores devem ser levados em conta, tais como o risco de ocorrência de geadas no início do ciclo (GRODZKI et al., 1996), a ocorrência de altas temperaturas no florescimento, que podem causar o abortamento de flores (MARIOT, 1989) e o excesso de chuvas no período da colheita.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que existem grandes diferenças nos níveis de risco de cultivo do feijoeiro na safra das águas no Estado do Paraná com relação à deficiência hídrica. Através da análise de agrupamento, é possível identificar cinco zonas com características homogêneas. Toda a região Norte apresenta risco elevado de deficiência hídrica, indicando a necessidade de adoção de práticas de manejo, visando melhorar a capacidade de retenção de água no solo ou o uso de irrigação. A região litorânea possui risco baixo. Nas demais regiões verifica-se nível de risco intermediário, com períodos definidos de menor risco para semeadura do feijoeiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Agricultura e do Abastecimento e à FINATEC pelo suporte financeiro para condução dos trabalhos, a colaboração de Maria Giovana Yoshino Sonomura pela elaboração das figuras e ao analista de sistemas Welfrid Stenzel pelo apoio na elaboração dos programas para análise dos dados, de importância fundamental para viabilizar essa publicação. Agradecem também às bibliotecárias Dora Regina Seben de Siqueira e Sônia Maria Merlo Pósnik.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGAMASCHI, H., VIEIRA, H.J., LIBARDI, P.L., et al. Deficiência hídrica em feijoeiro. III Evapotranspiração máxima e relações com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a evaporação do Tanque Classe A. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 387-92, 1989.
- BERNARDES, L.R.M., AGUILAR, A.P., ABE, S.. Freqüência de ocorrência de veranicos no Estado do Paraná, **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 83-108, 1988.
- BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Londres, v. 58, p. 389-420, 1932.
- CARAMORI, P.H., FARIA, R.T. Estimativa da evapotranspiração potencial para Londrina e Ponta Grossa, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 9-13, 1987.
- CARAMORI, P.H., OLIVEIRA, D., FARIA, R.T. **Freqüência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1991, 40 p. (Boletim técnico, n. 36).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Descriptive catalogue of bean *Phaseolus vulgaris*, L. germoplasm**. Cali: CIAT, 1980.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979, 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, n. 33).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos, Curitiba, PR. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA/ IAPAR/SUDESUL, 1981. (Mapa, escala 1:600.000).
- FARIA, R.T., CARAMORI, P.H. Caracterização físico-hídrica de um latossolo roxo distrófico do município de Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 12, p. 1303-1311, 1986.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**, Londrina, 1978, 41 p. ilustr.
- GRODZKI, L., CARAMORI, P.H., BOOTSMA, A., 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.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**, Londrina, 1994, 49 p. ilustr.
- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO. **Atlas do Estado do Paraná**. Curitiba, 1987, 73 p. ilustr.

- KAY, D.E. **Food Legumes**. Londres: Tropical Products Institute, 1979, 435 p.
- MAGALHÃES, A.A., MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 55-60, 1978.
- MARDIA, K.V., KENT, J.T., BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. Londres: Academic Press, 1979, 518 p.
- MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: INSTITUTE AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O Feijão no Paraná**. Londrina, IAPAR, 1989, p. 25-41. (Circular, 63).
- OLIVEIRA, D., VILLA NOVA, N.A. Evapotranspiração máxima e lâminas de irrigação necessárias para feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 29-36, 1996.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London, Series A**, Londres, v. 193, p. 120-45, 1948.
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Transaction of the Royal Society of Science of South Australia**, Adelaide, v. 64, p. 114-25, 1940.
- SAS Institute Inc., SAS / STAT[®] **User's Guide**, Version 6, Fourth Edition, v. 1, Cary, NC : SAS Institute Inc., 1989, 943 p.
- SOKAL, R.R., MICHERNER, C.D. **A statistical method for evaluating systematic relationships**. Lawrence: University of Kansas, 1958, p. 1409-1438. (Science Bulletin, 38).
- STANHILL, G. The use of Piche evaporimeter in the calculation of evaporation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Reading, v. 88, p. 80-82, 1962.
- STOKER, R. Effect of dwarf beans of water stress at different phases of growth. **New Zealand Journal Experimental Agriculture**, Wellington, v. 2, p. 13-15, 1974.
- WHITE, J.W., SINGH, S. Breeding for adaptation to drought. In: SCHOONHOVEN, A. VAN; VOYSEST, O.; ed. **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT/ CAB, 1991, p. 501-560.