

ISSN 0104-1347

## Zoneamento de riscos climáticos e definição de datas de semeadura para o feijão no Paraná

### Climatic risk zoning and definition of best sowing dates for common beans in Paraná state, Brazil

Paulo Henrique Caramori<sup>1,4</sup>, Sergio Luiz Gonçalves<sup>2</sup>, Marcos Silveira Wrege<sup>3</sup>, João Henrique Caviglione<sup>1</sup>, Dalziza de Oliveira<sup>1</sup>, Rogério Teixeira de Faria<sup>1</sup>, Marco Antônio Lollato<sup>1</sup>, Edemar José Mariot<sup>1</sup>, Walter Miguel Kranz<sup>1</sup>, Mauro Sanches Parra<sup>1</sup> e Anésio Bianchini<sup>1</sup>

**Resumo** - O Paraná está localizado em uma região de transição, na qual ocorrem grandes variações climáticas temporais e espaciais. O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma planta sensível aos extremos térmicos e hídricos, dependendo da fase de desenvolvimento. Neste trabalho, foram realizadas análises de risco climático, visando delimitar as regiões e determinar as épocas adequadas para o cultivo do feijoeiro no Paraná. Os resultados foram ajustados e validados com dados de experimentação, visitas ao campo e consultas com especialistas na cultura. Foi possível identificar a existência de condições para cultivo de três safras de feijão: feijão das águas, da seca e de outono-inverno. Para cada uma destas safras, constatou-se que existem diversas zonas homogêneas distintas, com condições aptas ao cultivo do feijoeiro, em épocas de semeadura definidas. Algumas regiões não são indicadas para cultivo do feijoeiro por apresentarem deficiência hídrica severa ou insuficiência térmica, dependendo da safra.

**Palavras-chave:** balanço hídrico, geada, excesso de chuvas, *Phaseolus vulgaris* L., Brasil.

**Abstract** - The state of Paraná, southern Brazil, is located within a region of climatic transition, with large temporal and spatial climatic variability. Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is sensitive to both thermal and water availability extremes, depending on its phase of development. In this paper, analyses of climatic risk were carried out, aiming at establishing regions and sowing dates suitable for common beans cropping in Paraná state. The results were adjusted and validated with field experiments, field visits and interviews with crop experts. It was possible to identify conditions for three crops during the year: rainy season, dry season and autumn/winter growing season. For each one of these crops, several homogeneous regions were identified within the Paraná state, each one with an appropriate sowing period. There are also regions not suitable for growing common beans due to severe water deficit or thermal deficiency, depending on the crop season.

**Key words:** water balance, frost, excess rainfall, *Phaseolus vulgaris* L., Brazil.

---

<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 UnB-Finatec/Zoneamento Agrícola-MAPA.

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

<sup>4</sup> Bolsista do CNPq-PQ.

## Introdução

O estado do Paraná, devido à sua localização geográfica, ocupa uma faixa de transição com acentuada variabilidade climática. Além disso, apresenta também grandes variações de relevo, com altitudes de zero a 1.300 m (CAVIGLIONE et al., 2000) e grande diversidade de solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1981), com reflexos diretos sobre a temperatura, evapotranspiração e o balanço hídrico local. Em função dessa complexidade, são encontrados climas distintos (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994) e microclimas com condições apropriadas para cultivo de diversas espécies.

Com exceção do litoral, as temperaturas no Paraná diminuem do norte para o sul e com o aumento da altitude (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994; CAVIGLIONE et al., 2000).

Embora, o Paraná apresente excedente hídrico no balanço anual para a maioria das regiões (FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1978), existe uma grande variação na distribuição temporal e espacial da precipitação (BERNARDES et al., 1988; CARAMORI et al., 1991), sendo este fator em grande parte responsável pelas quebras de safras.

Esta complexidade limita a representatividade de informações pontuais obtidas em experimentos de campo e indica a necessidade de se realizarem estudos baseados em séries históricas de diversas estações meteorológicas, com o objetivo de delimitar áreas semelhantes quanto ao comportamento dos parâmetros climáticos, a fim de que se possa quantificar os riscos envolvidos na exploração comercial das culturas.

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa comestível que apresenta a mais ampla distribuição geográfica, sendo cultivado em ambientes cuja temperatura oscila entre 10 e 35°C (MARIOT, 1989). A maioria da produção da América Latina é procedente de microrregiões cujas temperaturas médias, durante a estação de cultivo, variam entre 17 e 25°C. Nestas regiões, a época de semeadura é normalmente determinada para que a floração ocorra quando a temperatura média do ar oscilar próximo à faixa considerada ótima, de  $21 \pm 2^\circ\text{C}$ . Do mesmo modo, VAN SCHOONHO-

VEN & VOYSERT (1989), citados por BAIGES et al. (1996), relataram que a produção de feijão na América Latina está limitada a ambientes de temperatura amena, sendo que 94% da produção é colhida em locais com temperaturas médias diárias inferiores a 23°C.

O feijoeiro não tolera geadas durante o seu ciclo de desenvolvimento. Portanto, o risco de geadas deve ser considerado como fator restritivo ao seu cultivo. O calor excessivo causa danos em qualquer estágio de desenvolvimento (DICKSON & PETZOLDT, 1989). Vários autores demonstraram porém, que os maiores prejuízos ocorrem no estágio de desenvolvimento reprodutivo, em que temperaturas variando entre 30 e 40°C ocasionam redução no rendimento, por provocarem abortamento de flores e botões florais (DICKSON & PETZOLDT, 1989; MONTERROSO & WIEN, 1990; KONZENS et al., 1991; AGTUNONG et al., 1992; SHONNARD & GEPTS, 1994). O feijoeiro é, particularmente, mais sensível na pré-fertilização, ou seja, antes da antese (DICKSON & PETZOLDT, 1989; MONTERROSO & WIEN, 1990). As reduções no rendimento ocorrem porque as altas temperaturas esterilizam o grão de pólen (FARLOW et al., 1979; WEAVER et al., 1985; WEAVER & TIMM, 1988) e elevam a produção de etileno na planta (SAUTER & GEPTS, 1990), esses fatores estão relacionados com queda de flores e granação deficiente.

A cultura do feijoeiro é pouco tolerante à deficiência hídrica, principalmente, nos períodos de floração e início de formação das vagens (STOKER, 1974; MAGALHÃES & MILLAR, 1978; BERGAMASCHI et al., 1989). Este fator tem contribuído para a grande variação nas produtividades 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).

Finalmente, deve-se destacar que a ocorrência de excesso de chuvas durante a colheita é prejudicial à qualidade dos grãos. A ocorrência de alta umidade por períodos prolongados durante a épo-

ca de colheita provoca a deterioração dos grãos, com perda no seu valor comercial. Dependendo da duração do período chuvoso, as perdas na produção podem ser totais.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de caracterizar os riscos climáticos importantes para o feijoeiro no estado do Paraná, buscando identificar zonas e épocas de semeadura adequadas. O objetivo é reduzir riscos para níveis aceitáveis, visando maximizar o potencial produtivo das cultivares.

## Material e métodos

As análises deste trabalho foram realizadas para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com hábito de crescimento tipos II e III, segundo classificação do CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1980). Admitiu-se a duração média do período entre emergência e maturação igual a 95 dias, com base em experimentos de campo conduzidos no Paraná. Os seguintes parâmetros foram considerados:

### a) Experimentos de campo sobre épocas de semeadura

A equipe de especialistas do IAPAR na cultura do feijoeiro realizou exaustivos estudos experimentais durante vários anos, sobre épocas de semeadura da cultura no estado do Paraná, os quais permitiram determinar os períodos adequados por regiões, classificados como época antecipada, indicada e prorrogada (KRANZ et al., 1989). Estas épocas de semeadura forneceram um indicativo sobre os períodos a serem analisados no presente trabalho.

### b) Níveis de retenção de água dos solos

Com base na caracterização dos principais grupos de solo existentes no Paraná (FARIA & CARAMORI, 1986; CARAMORI et al., 1991), foram classificados três tipos de solo quanto ao nível de retenção de água na faixa explorada pelo sistema radicular:

Tipo 1 – solos de textura arenosa, com 7% de água disponível;

Tipo 2 – solos de textura média, com 10% de água disponível;

Tipo 3 – solos de textura argilosa, com 12% de água disponível.

### c) Risco climático

Visando identificar as regiões e períodos de semeadura mais indicados para o cultivo do feijoeiro, foram analisadas séries históricas de estações meteorológicas do IAPAR, ANEEL e SUDERHSA (CAVIGLIONE et al., 2000), para caracterizar os riscos de geadas, temperaturas máximas superiores a 32°C, excesso de chuvas na colheita e deficiência hídrica. A seguir, são detalhados os procedimentos metodológicos para cada um destes parâmetros.

#### c.1) Risco de geadas

Utilizou-se a temperatura mínima de 3°C, observada no interior do abrigo meteorológico de 32 estações da rede do IAPAR, como indicativo de geadas, seguindo critério estabelecido por GRODZKI et al. (1996). Para cada estação meteorológica, foram calculadas as frequências relativas de ocorrência de temperaturas abaixo desse limite por decêndio, as quais foram correlacionadas com altitude e latitude, obtendo-se regressões lineares múltiplas para cada decêndio, que possibilitaram a espacialização do risco de geadas em função da altitude e latitude local, ao longo do ciclo do feijoeiro. A base altimétrica disponibilizada pelo United States Geological Survey na Internet ([www.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html](http://www.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html)), contendo valores médios de altitude a cada trinta segundos, foi importada para o software do Sistema de Informação Geográfica SPRING e recortada sobre o estado do Paraná. Sobre esta base, foram aplicadas as equações de regressão de cada decêndio, gerando-se uma malha de valores de risco de geadas, a partir da qual foram traçadas isolinhas de risco com intervalos de 10%. No caso do feijão das águas, o risco de geadas no início do ciclo foi utilizado como critério indicador do início do período de semeadura. Para o feijão da seca e de outono-inverno, considerou-se o risco de ocorrência de geadas no período anterior à maturação dos grãos para restrição de regiões e épocas de semeadura.

### c.2) Temperatura máxima superior a 32°C

Considerou-se que a ocorrência de temperaturas acima de 32°C, no período de três dias antes da abertura da primeira flor até a floração plena (aproximadamente 37 a 52 dias após a emergência), provoca o abortamento das flores. Esta hipótese é fundamentada em informações de literatura (DICKSON & PETZOLDT, 1989) e também em observações de campo realizadas em experimentos de épocas de semeadura. Calculou-se as frequências relativas de ocorrência dessas temperaturas para períodos de dez dias ao longo do ano, analisando-se períodos móveis, com passo um, ou seja, partindo-se de janeiro, calculou-se o risco entre os dias 1 a 10, 2 a 11, 3 a 12, etc., até 31 de dezembro. A partir da época de semeadura recomendada, calculou-se o período provável de floração e verificou-se a probabilidade de ocorrerem temperaturas acima de 32°C. O procedimento de mapeamento neste caso foi idêntico ao adotado para geadas. Foram considerados adequados quanto a este fator, aqueles decêndios que apresentavam risco inferior a 30% de ocorrência de temperaturas acima de 32°C no período crítico. A metodologia detalhada é apresentada em GONÇALVES et al. (1997).

### c.3) Excesso de chuvas na colheita

Considerou-se que há perdas na colheita quando ocorrem precipitações superiores a 30 mm em um período de cinco dias, sendo pelo menos três deles com chuvas. Este critério foi estabelecido com base na constatação prática de que não é somente o total de chuvas que provoca perdas, mas sim a persistência do período chuvoso, que faz com que a umidade do ar permaneça elevada por um período prolongado, provocando a deterioração dos grãos maduros. Utilizando os dados de 154 estações da ANEEL, SUDERHSA e IAPAR no Paraná, calculou-se as probabilidades de ocorrerem excessos de chuvas ao longo do ano, para períodos móveis de cinco dias com passo um (1-5, 2-6, 3-7 etc.). Dentro do período recomendado de semeadura, foram estimadas as durações do ciclo para semeaduras efetuadas a cada dez dias e observou-se o risco de perdas na colheita. Considerou-se uma variação de  $\pm$  dois dias. Os valores obtidos foram importados para o software comercial Surfer v. 6.0, no qual fez-se a interpolação por

meio do método de krigeagem, utilizando-se modelos lineares. Foram traçadas isolinhas de risco com intervalos de 5%.

### c.4) Deficiência hídrica

Considerou-se como período crítico aquele compreendido entre três dias anteriores e 12 dias posteriores à floração. Assumiu-se um ciclo com floração aos quarenta dias após a emergência, 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 do IAPAR, representando as diversas condições do estado. Os períodos de observação utilizados, a localização das estações e a metodologia detalhada de cálculo da deficiência hídrica são apresentados em WREGE et al. (1997). O procedimento de mapeamento para este fator foi o mesmo utilizado para excesso de chuvas na colheita.

Com exceção do fator geada, que foi considerado restritivo ao cultivo, os resultados obtidos de cada um dos outros fatores de risco foram compatibilizados de forma que sua combinação resultasse no menor risco possível para a cultura. Os diversos fatores de risco foram sobrepostos espacialmente, de maneira a se identificar regiões homogêneas com épocas de semeadura de menor risco de perda por fatores climáticos.

### d) Verificação e validação dos resultados

Os resultados dos cruzamentos dos fatores de risco, inicialmente, foram confrontados com informações históricas de áreas de cultivo e produtividade de feijão nos municípios paranaenses. Além disso, foram efetuadas reuniões com técnicos ligados à extensão rural e cooperativas, para discussão e ajuste local dos resultados. As incoerências verificadas nas análises iniciais foram revistas e obteve-se um mapa final de regionalização para cada uma das três safras analisadas.

## Resultados e discussão

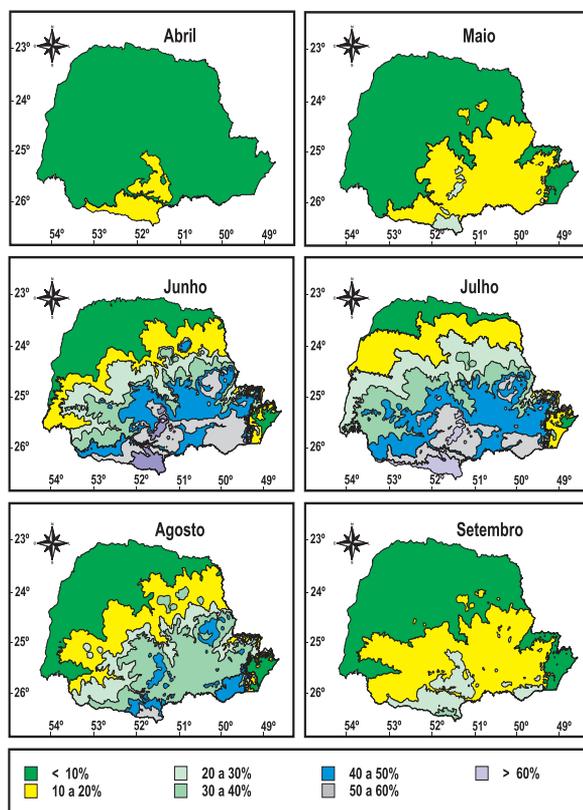
As geadas constituem um fator impeditivo ao cultivo das espécies sensíveis como o feijoeiro. Como esta cultura requer condições térmicas ame-

nas para o seu cultivo, as sementeiras realizadas mais cedo ou próximo do período de inverno, em geral, encontram temperaturas mais favoráveis. Entretanto, é necessário delimitar com segurança o período livre de geadas para que os riscos sejam minimizados. Na Figura 1, são apresentadas as variações regionais no risco de geadas de abril a setembro, referentes ao segundo decêndio de cada mês. Verifica-se que o risco é crescente de abril a julho, voltando a diminuir a partir de agosto. Esta grande diferenciação nos níveis de risco é condicionada pela variação da latitude e da altitude (CAVIGLIONE et al., 2000). A diferenciação ilustrada na Figura 1 é responsável pela formação de diversos microclimas com épocas de sementeira distintas.

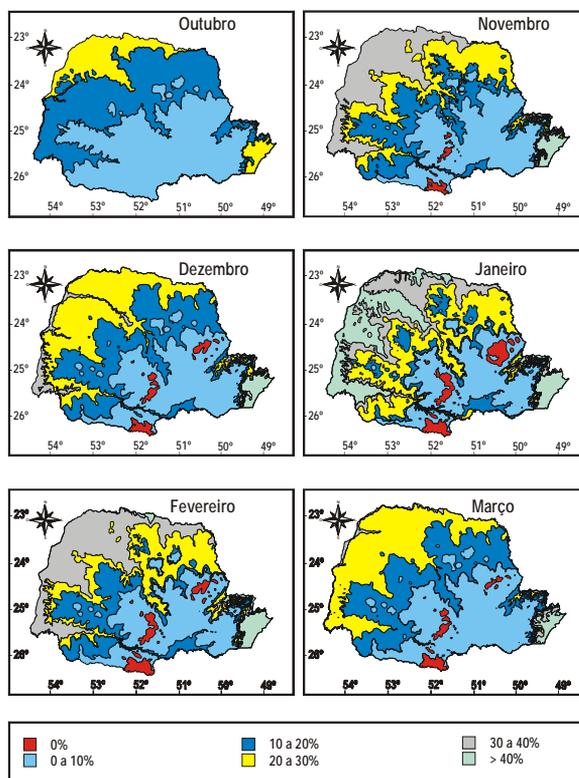
A frequência de ocorrência de temperaturas acima de 32°C no período de florescimento é outro fator que limita a época de sementeira, pois estas temperaturas provocam o abortamento das flores do feijoeiro (SHONNARD & GEPTS, 1994). No estado do Paraná, os riscos de ocorrerem altas

temperaturas aumentam a partir de outubro no oeste e no noroeste (Figura 2), tornando-se limitantes em partes destas regiões nos meses de novembro, de dezembro, de janeiro e de fevereiro. Nas demais regiões os riscos são baixos.

Os riscos de deficiência hídrica são elevados em determinados períodos, principalmente no noroeste, no norte e no oeste. Nestas regiões, não se pode retardar a sementeira da safra das águas, para que não ocorram altas temperaturas no período de floração (Figura 2). Assim, existe um risco razoável de deficiência hídrica na fase de estabelecimento da cultura que se dá nos meses de julho, de agosto e de setembro, na estação seca e início da estação chuvosa, quando normalmente as chuvas são irregulares. Portanto, a sementeira nestas regiões só deve ser realizada quando o solo estiver com sua reserva hídrica plenamente restabelecida. Para a safra das águas, grande parte da região norte apresenta risco muito elevado no período de floração (Figura 3) e, portanto, não se recomenda o cultivo do feijoeiro nesta região sem o uso da irrigação.



**Figura 1.** Riscos de ocorrerem geadas (temperatura mínima no abrigo abaixo de 3°C) no Paraná, no período de abril a setembro.



**Figura 2.** Riscos de ocorrerem temperaturas máximas superiores a 32°C no Paraná, no período de outubro a março.

O excesso de chuvas na colheita apresenta um comportamento oposto ao déficit hídrico, ou seja, há maiores riscos no sul do estado (Figura 4), que recebe maior quantidade de precipitação (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). Os meses com maiores riscos são janeiro, fevereiro, abril, maio e setembro.

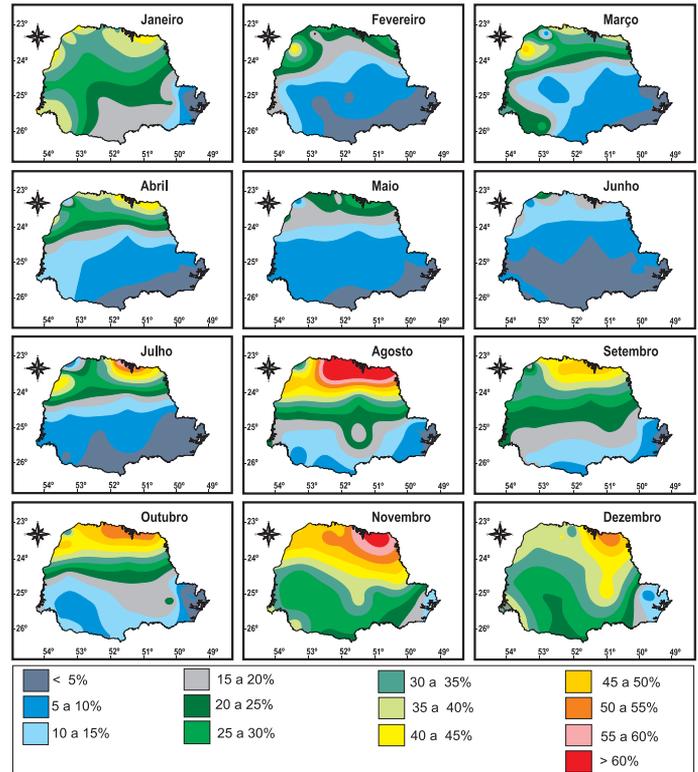
A partir da análise dos riscos combinados de todos esses fatores, considerando a geada como fator de restrição, foram geradas as recomendações para as safras das águas, da seca e de outono-inverno. A seguir, são apresentados os resultados para cada uma destas safras.

#### a) Feijão das águas

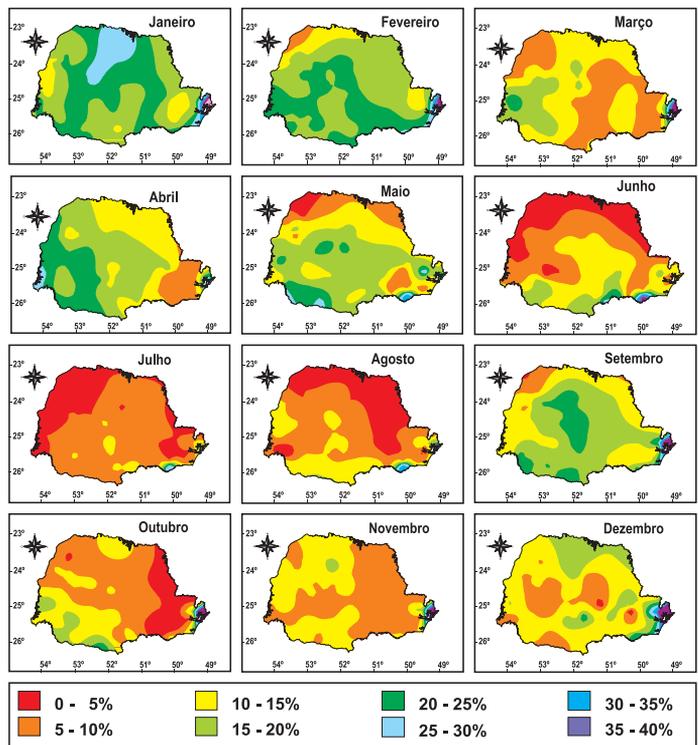
Com base nas análises realizadas, foi possível identificar 21 zonas distintas para o cultivo do feijão das águas no Paraná, conforme apresentado na Figura 5. Os valores de riscos de deficiência hídrica permitiram constatar que a Zona I apresenta elevado risco de frustração de safras para o feijão das águas (acima de 40%). Em função disto, as áreas dos municípios compreendidos dentro desta zona só devem ter incentivo para o cultivo de feijão das águas com o uso de irrigação e/ou plantio direto. Dentro de cada zona homogênea apta, foram identificados os períodos de semeadura de menor risco, conforme legenda da Figura 5.

#### b) Feijão da seca

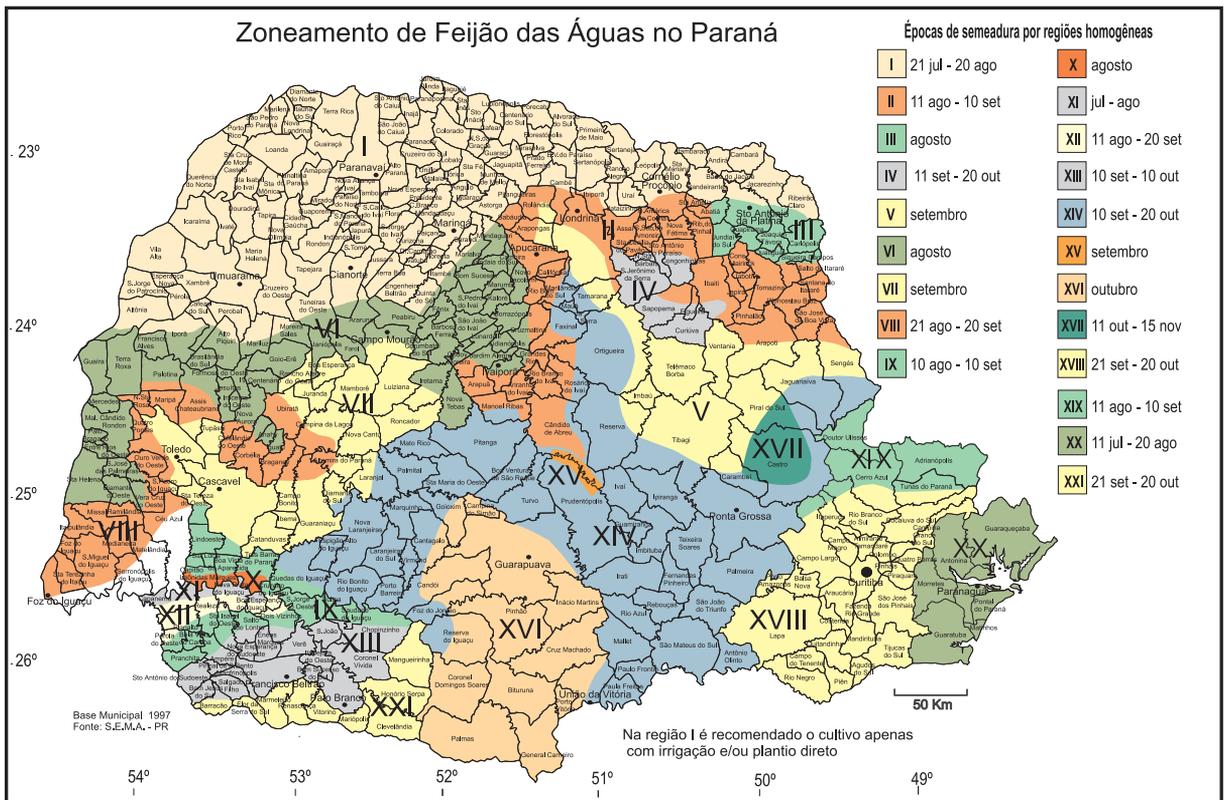
Foram identificadas 13 zonas distintas para o cultivo do feijão da seca no Paraná, conforme a Figura 6. As análises de risco de deficiência hídrica evidenciaram a existência de uma grande área cortando o estado de NE a SW, apresentada em branco na Figura 6, que apresenta elevado risco de frustração de safras para o feijão da seca, devido à alta frequência de ocorrência de temperaturas elevadas na floração e deficiência hídrica. Portanto, toda esta área não é recomendada para o cultivo desta safra.



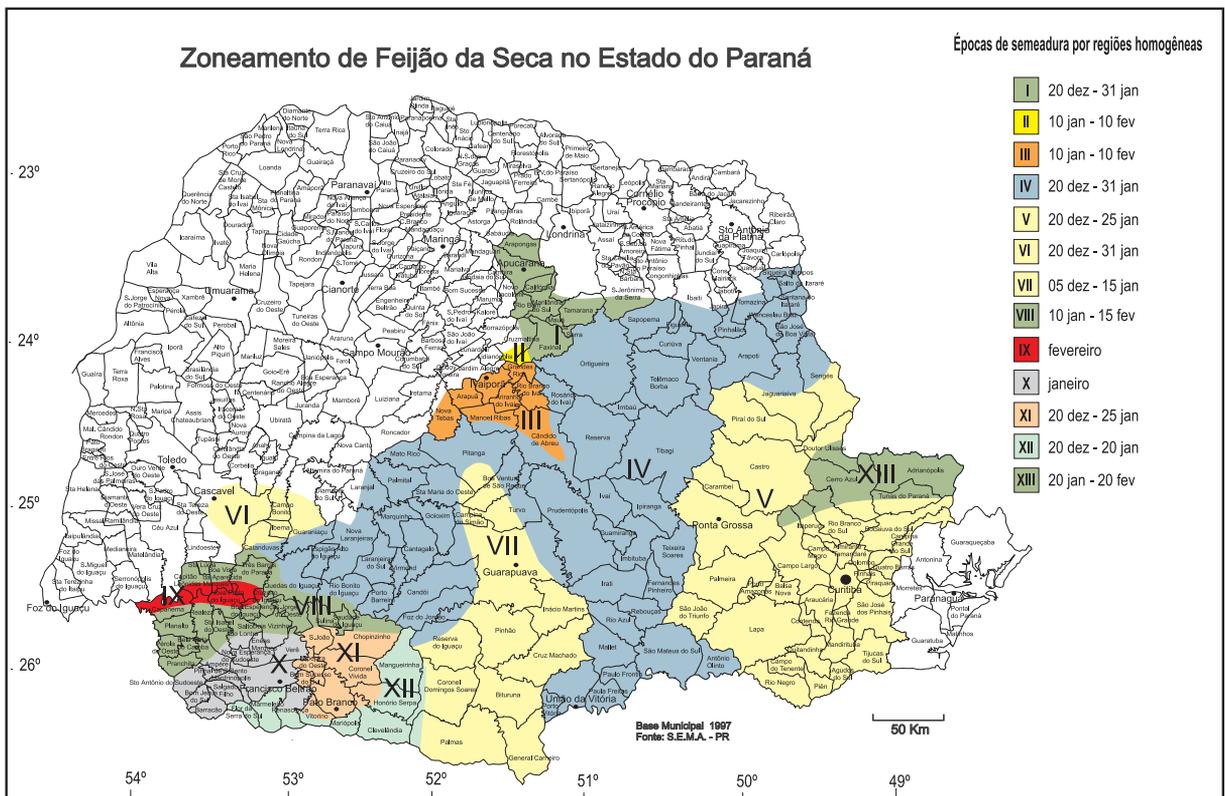
**Figura 3.** Riscos de ocorrer deficiência hídrica no período de florescimento do feijoeiro no Paraná.



**Figura 4.** Riscos de ocorrerem excessos de chuva na colheita (50 mm em cinco dias, sendo pelo menos três dias com chuva) durante o ano no Paraná.



**Figura 5.** Regiões homogêneas e épocas de semeadura de feijão das águas no Paraná.



**Figura 6.** Regiões homogêneas e épocas de semeadura de feijão da seca no Paraná.

### c) Feijão de outono-inverno

As análises de riscos de ocorrência de geadas no final do ciclo e deficiência hídrica possibilitaram identificar oito zonas homogêneas com condições aptas ao cultivo do feijão de outono-inverno no Paraná, conforme apresentado na Figura 7. Observa-se que existe uma grande área localizada ao sul da linha que corta o estado de NE a SW, que possui elevado risco de frustração de safras para o feijão de outono-inverno, em função de insuficiência térmica. Portanto, toda esta área, apresentada em branco na Figura 7, não é recomendada para o cultivo de feijão de outono-inverno.

As zonas I a IV apresentam maiores riscos de frustração de safras por deficiência hídrica, exigindo o cultivo com irrigação e/ou plantio direto.

Além dos riscos climáticos, a ocorrência do vírus do mosaico dourado, transmitido pela mosca branca (*Bemisia tabaci*), é um sério problema para a safra de outono-inverno (KRANZ, 1989). As-

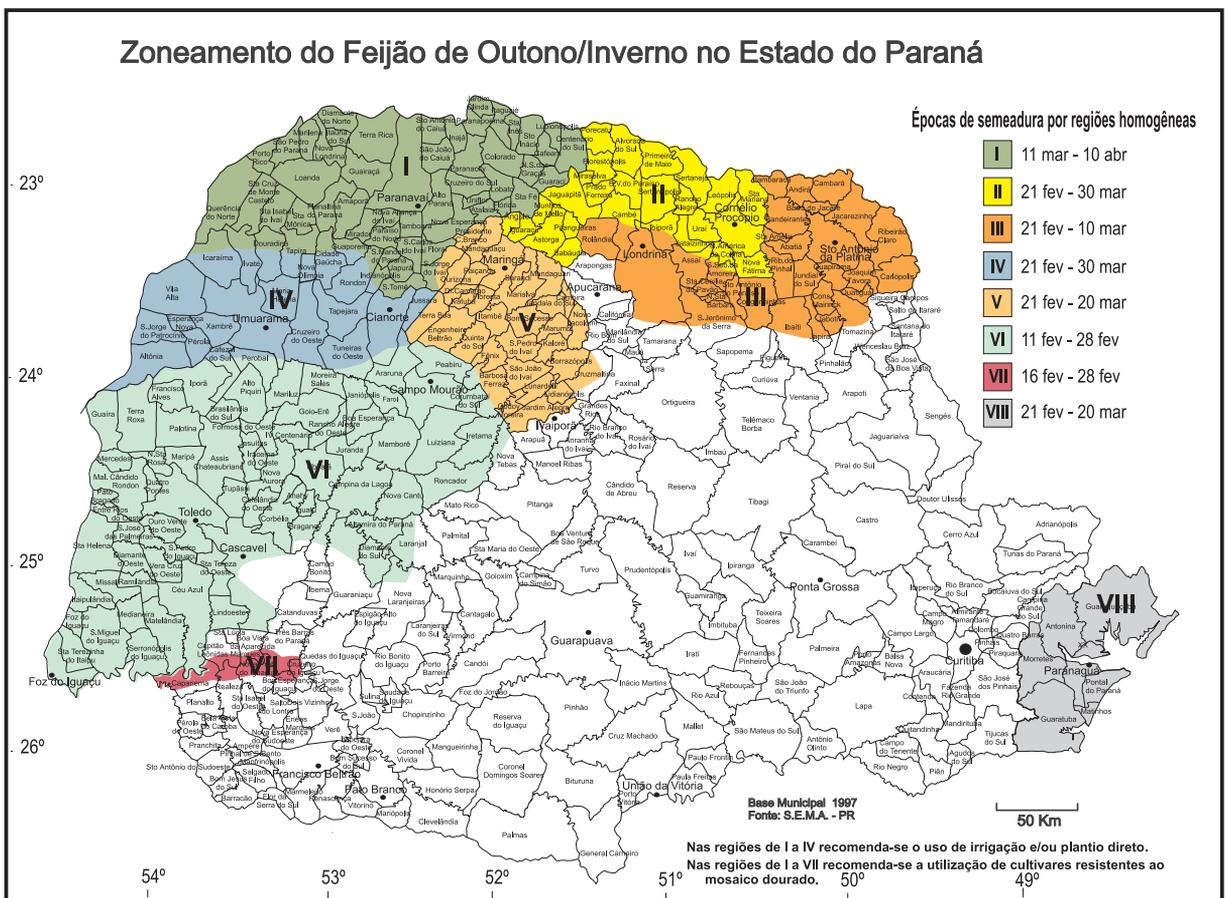
sim, para as regiões I a VII deve-se utilizar as cultivares de feijão resistentes ao mosaico dourado.

### Referências bibliográficas

AGTUNONG, T.P., REDDEN, R., MENGGE-NAG, M.A. et al. Genotypic variation in response to high temperature at flowering in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.32, p.1135-1140, 1992.

BAIGES, S.S., BEAVER, J.J., MIKLAS, P.N. et al. Evaluation and selection of dry beans for heat tolerance. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v.39, n.39, p.88-89, 1996.

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.387-392, 1989.



**Figura 7.** Regiões homogêneas e épocas de semeadura de feijão de outono-inverno no Paraná.

- BERNARDES, L.R.M., AGUIAR, A.P., ABE, S. Frequência de ocorrência de veranicos no estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v.6, n.1, p.83-108, 1988.
- CARAMORI, P.H., OLIVEIRA, D., FARIA, R.T. **Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1991. 40p. (Boletim técnico, 36).
- CAVIGLIONE, J.H., KIIHL, L.R.M., CARAMORI, P.H. et al. **Cartas climáticas do Paraná – edição 2000, versão 1.0**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2000. (versão em CD ROM).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Descriptive catalogue of beans *Phaseolus vulgaris*, L. germoplasm**. Cali: CIAT, 1980.
- DICKSON, M.H., PETZOLDT, R. Heat tolerance and pod set in green beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.114, n.5, p.833-836, 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **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.
- FARLOW, P.J., BYTH, D.E., DRUGER, N.S. Effect of temperature on seed set and in vitro pollen germination in French beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v.19, p.725-731, 1979.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do estado do Paraná**. Londrina, 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., BOOTSMA, A. 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.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49p. (Documento, 18).
- KONZENS, I., OFIR, O., KIGEL, J. The effect of temperature on the production and abscission of flowers and pods in snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Annals of Botany**, London, v.35, p.391-399, 1991.
- KRANZ, W.M. **Orientações técnicas sobre a semeadura de feijão de inverno no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. 8p. (Informe da pesquisa, 98).
- KRANZ, W.M., BIANCHINI, A., LOLLATO, M.A. Aptidão fitotécnica para a semeadura de feijão. In: **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p.53-60. (Circular, 63).
- MAGALHÃES, A.A., MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.2, p.55-60, 1978.
- MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p.25-41. (Circular, 63).
- MONTERROSO, V.A., WIEN, H.C. Flower and pod abscission due to heat stress in beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.4, p.631-634, 1990.
- 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.
- SAUTER, K.J., GEPTS, P. Leaf ethylene evolution level following high temperature stress in common bean. **Hort Science**, Alexandria, v.25, n.10, p.1282-1284, 1990.
- SHONNARD, G.C., GEPTS, P. Genetics of heat tolerance during reproductive development in common bean. **Crop Science**, Madison, v.34, n.5, p.1168-1175, 1994.
- STOKER, R. Effect of dwarf beans of water stress at different phases of growth. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v.2, p.13-15, 1974.
- WEAVER, M.L., TIMM, H. Influence of temperature and plant water status on pollen viability in beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.113, n.1, p.31-35, 1988.
- WEAVER, M.L., TIMM, H., SILBERNAGEL, M.J. et al. Pollen staining and high-temperature tolerance of bean. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.110, n.6, p.797-799, 1985.
- 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.
- WREGE, M.S., GONÇALVES, S.L., CARAMORI, P.H. et al. Risco de deficiência hídrica na cultura do feijoeiro durante a safra das águas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.51-59, 1997.