

ISSN 0104-1347

Probabilidade de atendimento das necessidades hídricas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), na semeadura das águas, no Estado de São Paulo¹

Probability of water needs for dry beans crop (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) cultivated during the water season in the state of São Paulo, Brazil

Marcelo Trevizan Barbano², Orivaldo Brunini³, Elaine Bahia Wutke⁴ e Sergio Luiz Gonçalves⁵

Resumo – O objetivo deste trabalho foi determinar a probabilidade de atendimento das necessidades hídricas do feijoeiro, assim como as épocas de semeadura mais adequadas para a cultivar Carioca, nas principais bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, na safra das águas. A duração do ciclo fenológico para a cultivar Carioca foi estimada em função das exigências térmicas nos subperíodos emergência-floração e a temperatura-base foi determinada pelos métodos do desvio padrão e desenvolvimento relativo. A demanda de água e os períodos, com deficiência ou excesso hídrico, foram determinados utilizando-se o coeficiente de cultura (K_c) apropriado. Foi adotado o valor 0,60 como critério de separação para o índice de satisfação da necessidade de água para a cultura (ISNA), definido como a razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima (E_{Tr}/E_{Tm}). Nos casos em que os resultados de ISNA do balanço hídrico com frequência mínima de 80%, foram superiores ao valor crítico adotado, o decêndio foi considerado adequado para a semeadura. Nos resultados, evidenciou-se variação na temperatura-base da cultura de 6,0°C a 8,0°C, em função do método utilizado e do subperíodo em estudo. Para a safra das águas, existem diversas regiões aptas ao cultivo do feijoeiro, em épocas de semeadura variáveis entre o 1º decêndio de setembro e o 2º decêndio de novembro.

Palavras-chave - época de semeadura, unidades de calor, feijão, deficiência hídrica, zoneamento agrícola.

Abstract - The objective of this work was to characterize the probability of water needs for dry bean crop and determine the more adequate sowing season of the Carioca variety in the most important water basins in the State of São Paulo during the Rainy season. Crop growing length period was estimated using the growing degree days concept, and the base temperature was determined by the standard deviation and crop development methods. Crop water requirements and water deficits or surplus were determined using the appropriate crop coefficient (K_c). A cut index criterion for crop water minimum requirement (ISNA), defined as the relation between the actual and maximum evapotranspiration (E_{Tr}/E_{Tm}), with a value of 0,60 was adopted. When the results shows ISNA index higher than 0.60 value, with a minimum frequency of 80%, the 10 days period was considered adequate for sowing purpose. Base temperature values varied from 6.0 °C to 8.0 °C according to the methodology used and phenological stage. It is possible to cultivate dry beans crop at several regions during Rainy season at sowing dates varying from September 1st to November 2st.

Key words - sowing dates, heat units, bean, water deficiency, agricultural zoning.

¹ Parte da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico (IAC).

² Eng. Agrônomo - Pós-graduando do IAC - Bolsista da CAPES.

³ Eng. Agrônomo, PqC VI CEB – CIIAGRO/IAC - Bolsista do CNPq, Caixa Postal 28, 13.001-970, Campinas, SP.

⁴ Eng. Agrônomo, Pesquisador Científico do IAC.

⁵ Pesquisador da UnB-Finatec/Zoneamento Agrícola -MAPA.

Introdução

O Estado de São Paulo é influenciado pelo clima tropical do Brasil Central, que se caracteriza por apresentar oscilações de temperaturas do ar durante a estação chuvosa. No território paulista há, de maneira geral, uma distribuição de chuvas mais concentrada entre os meses de outubro a março. Entretanto, mesmo no período chuvoso, a distribuição é irregular, o que pode contribuir para a diferenciação de regiões com diferentes potenciais agrícolas para o cultivo do feijoeiro comum.

A exigência hídrica, na cultura do feijoeiro, é satisfatória quando a precipitação pluvial do subperíodo da semeadura à maturidade fisiológica está entre 300mm e 400mm, com distribuição uniforme (MALUF & CAIAFFO, 1999). Por outro lado, verifica-se pequena tolerância à deficiência hídrica nessa espécie em função, principalmente, da baixa capacidade de recuperação após uma condição de acentuado déficit de água no solo e sistema radicular mais superficial (GUIMARÃES *et al.*, 1996). Quando o suprimento de água não é suficiente para o atendimento das necessidades hídricas dessa leguminosa, observa-se uma demora na resposta da taxa respiratória após a irrigação, isso indica uma recuperação apenas parcial na abertura estomática dos folíolos (SAKAI, 1989).

Contudo, a baixa disponibilidade de água no solo é crítica para a cultura do feijoeiro, principalmente na floração. Norman *et al.* (1985), citados por GOMES *et al.* (2000), relataram uma diminuição superior a 50% no rendimento, com estresse hídrico no solo do 5º a 10º dia antes da antese. Sob déficit hídrico de 50% no subperíodo vegetativo pode ser ocasionada uma redução de rendimento de apenas 10%, enquanto que, com o mesmo déficit, têm-se reduções de 55% e 38% na produção, quando este ocorre, respectivamente, na floração e durante o enchimento de vagens (CALVACHE *et al.*, 1997). MASSIGNAM *et al.* (1998) mencionam que o subperíodo mais crítico à deficiência hídrica para a cultura do feijoeiro ocorre uma semana antes e uma após a floração.

Quando o estresse hídrico ocorre no subperíodo reprodutivo, a redução da produção está associada ao decréscimo da área foliar e do número de vagens por planta (ACOSTA-GALLEGOS & SHIBATA, 1989). No subperíodo reprodutivo, o feijoeiro apresenta-se altamente vulnerável à deficiência de água no solo, sobretudo do início da floração até o início da formação de vagens (FAGERIA *et al.*,

1991). MATZENAUER *et al.* (1991) mencionam que o período crítico do feijoeiro à deficiência hídrica corresponde ao subperíodo do início da floração ao início do enchimento de grãos, em função do maior índice de área foliar e da maior atividade fotossintética.

STONE *et al.* (1988) mostraram que, o déficit hídrico durante o subperíodo reprodutivo do feijoeiro, ocasiona as maiores reduções de produtividade, e estas são tão maiores quanto maior for o número de dias em que a planta fica submetida ao período de seca. Ainda, a resposta das plantas ao estresse hídrico pode ser desde uma alteração do ângulo das folhas até diferenças na produção.

O objetivo deste trabalho foi determinar a probabilidade de atendimento às necessidades hídricas do feijoeiro durante a floração e indicar as épocas de semeadura mais adequadas para a cultivar Carioca nas principais bacias hidrográficas do Estado de São Paulo na safra das águas.

Material e métodos

Os parâmetros e avaliações fenológicas, utilizados no presente estudo, foram obtidos na cultivar Carioca, em 35 experimentos regionais de avaliação de cultivares de feijoeiro, desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, e coordenado pelo Centro de Graníferas, Setor de Leguminosas, na safra das águas, da seca e de inverno, com irrigação, em treze municípios representativos do cultivo com essa leguminosa no Estado de São Paulo, no período 1994 a 1996. Essas localidades foram: Adamantina, Assis, Capão Bonito, Guaiá, Itararé, Jundiaí, Mococa, Monte Alegre do Sul, Pariquera-Açú, Pindorama, Ribeirão Preto, Tietê e Votuporanga.

Na determinação da temperatura-base, foram consideradas como fases fenológicas relevantes, com as respectivas datas de avaliação, V_1 (emergência) e R_7 (floração plena e formação de vagens), conforme critérios descritos por FERNÁNDEZ *et al.* (1982), assumidas como aquelas em que houve ocorrência de 50% do estádio observado. As temperaturas máximas e mínimas diárias, relativas ao subperíodo analisado, foram obtidas em postos meteorológicos instalados próximos aos campos experimentais.

A temperatura-base da cultivar Carioca, para

o subperíodo emergência-floração, foi calculada por meio dos métodos do menor desvio padrão em dias e o do desenvolvimento relativo (ARNOLD, 1959; BRUNINI et al., 1976). No cálculo da soma térmica necessária para a finalização do subperíodo analisado para a cultivar Carioca, na safra das águas, foram somados os valores diários de graus-dia, utilizando-se a seguinte expressão, proposta por ARNOLD (1959):

$$GD = N \cdot (T_M - T_b) \quad (1)$$

na qual, GD indica o total de graus-dia necessário à finalização do distinto subperíodo, T_M a temperatura média do ar determinada a partir das temperaturas máxima e mínima diárias, e T_b a temperatura-base inferior do subperíodo em estudo. Quando a temperatura máxima foi superior a 35°C, fixou-se o valor máximo em 35°C (MARIOT, 1989).

Para a definição das épocas de semeadura mais adequadas para a cultura do feijoeiro no período das águas e considerando-se a disponibilidade hídrica no, solo ideal, durante o subperíodo da floração, que é crítico ao déficit hídrico para a produção dessa leguminosa, utilizou-se uma série homogênea de precipitações diárias expressas em lâmina d'água (mm), abrangendo um período de 32 anos, de janeiro de 1961 a dezembro de 1992. Os valores pluviométricos de 90 localidades do Estado de São Paulo, obtidos na rede hidrológica do DAEE/SRH (Departamento de Águas e Energia Elétrica/Secretaria de Recursos Hídricos), foram espacializados em diferentes compartimentos geomorfológicos, os quais compõem as diversas bacias hidrográficas do Estado.

Para o cálculo do balanço hídrico sequencial, em escala quinqüidial, foi utilizado um programa desenvolvido para microcomputador (BRUNINI et al., 1999), com base nos parâmetros precipitação pluvial e temperatura do ar. As temperaturas mínimas, máximas e médias do ar, para cada uma das 90 localidades, foram estimadas em função do trabalho de PEDRO JÚNIOR et al. (1991). Estipulou-se o valor de 75 mm para armazenamento de água no solo, a uma profundidade efetiva do sistema radicular de 30 cm, conforme PIRES et al. (1991) e WUTKE et al. (2000a).

Considerou-se, também, como subperíodo crítico à deficiência hídrica, para a cultura do feijoeiro aquele verificado uma semana antes e uma após a floração, de acordo com critério estabelecido por MASSIGNAM et al. (1998).

Para cada uma das 90 localidades pertencen-

tes a diversas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, calculou-se a demanda climática ideal (ET_m), ou seja, aquela em que a disponibilidade de água no solo é favorável ao máximo de evapotranspiração na cultura, durante a floração para períodos quinqüidiais a partir dos decêndios de semeadura simulados, de acordo com a expressão proposta por DOORENBOS & KASSAN (1979):

$$ET_m = K_c \cdot ET_o \quad (2)$$

em que a ET_m é a evapotranspiração máxima da cultura, K_c, o coeficiente de cultura e ET_o, a evapotranspiração potencial.

Os valores de ET_o foram estimados de acordo com THORNTHWAITE (1948), por períodos de cinco dias, para todos os locais analisados. Esses valores são bastante próximos aos obtidos em evapotranspirômetros (CAMARGO, 1962).

Os valores de K_c utilizados foram aqueles apresentados por DOORENBOS & KASSAN (1979) para a cultura do feijoeiro, considerados universais e válidos para diferentes regiões geográficas, são eles: 0,40; 0,80; 1,20 e 1,30, respectivamente, para os estádios fenológicos inicial, vegetativo, reprodutivo e maturidade fisiológica.

A estimativa da disponibilidade de água no solo, durante o ciclo da cultura, foi calculada pelo método do balanço hídrico proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1955), no qual se compara a precipitação pluvial com a evapotranspiração potencial (ET_o), correspondente à precipitação ideal no subperíodo estudado, de forma a não haver excesso nem deficiência de água no solo para uso das plantas (CAMARGO, 1962).

Para a cultivar estudada simularam-se 16 decêndios de semeadura, desde 1° de agosto até 1° de janeiro. A estimativa da época de ocorrência do subperíodo emergência-floração foi determinada para cada uma das 20 bacias hidrográficas do Estado e para cada decêndio de semeadura simulado, em função da relação entre temperatura-base (T_b) e graus-dia (GD) necessários para a cultivar Carioca, e considerando-se sete dias para a ocorrência da germinação (DOORENBOS & KASSAN, 1979). Utilizou-se a temperatura média das localidades listadas na Tabela 1 como representativas de cada bacia em estudo.

Do balanço hídrico, o principal parâmetro de zoneamento utilizado foi o Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA), que é considera-

do um indicador de atendimento à necessidade de água pela planta e obtido pela relação (BRUNINI *et al.*, 2001):

$$ISNA = ETr \div ETm \quad (3)$$

em que ETr significa a evapotranspiração real e ETm, a evapotranspiração máxima da cultura.

O ISNA varia de zero a um e representa a fração entre a quantidade de água consumida e aquela demandada pela planta para garantia da máxima produtividade. De acordo com FARIAS *et al.* (2001), definem-se três categorias do ISNA para diferenciação dos ambientes, ou seja: favorável ($ISNA > 0,60$), intermediária ($ISNA$ entre 0,50 e 0,60) e desfavorável ($ISNA < 0,50$). No presente estudo, considerou-se ISNA igual ou superior a 0,60 durante o subperíodo crítico. A definição dos períodos favoráveis à semeadura baseou-se nas áreas delimitadas pela faixa de valores favoráveis de ISNA. Nos casos em que esse índice fosse inadequado, a semeadura seria restringida em determinado decêndio.

Utilizou-se a média por quinquídio desse índice para cada bacia hidrográfica, índice obtido a partir de localidades representativas correspondentes a cada uma delas. Posteriormente, calculou-se a probabilidade cumulativa de ocorrência de ISNA favorável, utilizando-se a expressão (PEREIRA *et al.*, 2002):

$$P = [(m)/(n+1)] \cdot 100 \quad (4)$$

na qual, P indica a probabilidade, em porcentagem, de ocorrência de valor extremo, m significa o número de ordem escolhido na seqüência ordenada e n o número de dados da série em estudo.

Na caracterização de melhores decêndios de semeadura para o feijoeiro das águas, considerou-se a probabilidade média de 80% de ocorrência para valores de ISNA satisfatório ($ISNA > 0,60$), durante o subperíodo crítico para o feijoeiro, para cada decêndio de semeadura simulado. Desconsiderou-se, na análise dos resultados, a utilização de irrigação complementar nos períodos em que a semeadura foi inviabilizada devido ao déficit de água no solo.

Resultados e discussão

Os valores de temperatura-base obtidos para o subperíodo emergência-floração do feijoeiro cultivar Carioca foram 7,0°C e 6,2°C, utilizando-se os métodos

do desvio-padrão e do desenvolvimento relativo, respectivamente. Para os cálculos da soma térmica da emergência à floração, adotou-se a média das temperaturas-base obtidas pelos métodos do desvio-padrão e do desenvolvimento relativo, correspondendo a 6,6°C, cujo valor é muito próximo de 6,5°C, índice mencionado por WUTKE *et al.* (2000b) para a cultivar IAC Carioca no subperíodo emergência-floração. A soma de graus-dia, no subperíodo analisado, foi, em média, de 605,9.

Nas Figuras 1 a 5 estão evidenciadas as melhores épocas de semeadura para a cultivar Carioca e local analisado, podendo-se associar, a cada decêndio de semeadura, os riscos prováveis em função de um atendimento hídrico inadequado, no período crítico da floração do feijoeiro.

Ressalta-se que, com armazenamento de água no solo estipulado em 75mm, nos cálculos do balanço hídrico, no caso específico, para os solos arenosos, há uma tendência para se subestimar o déficit hídrico. Inclusive, o agricultor deve atentar para a ocorrência de períodos de veranico no subperíodo crítico em decêndios específicos na semeadura do feijoeiro nas águas. Essa situação, entretanto, foi minimizada no estudo ao se considerar o balanço hídrico seqüencial quinquidial.

Na Figura 1, observa-se um período maior de restrição nas bacias do Baixo Tietê e de São José dos Dourados, nas quais, a semeadura pode ser realizada a partir do primeiro e segundo decêndios de novembro, respectivamente. Nas bacias hidrográficas dos rios Turvo/Grande e Baixo Pardo/Grande, a limitação do período de semeadura é menor, podendo a mesma se dar a partir do segundo decêndio de outubro e terceiro decêndio de setembro, respectivamente.

Os riscos de deficiência hídrica são elevados para o mês de agosto nas bacias hidrográficas dos rios Sapucaí Mirim/Grande, Piracicaba/Capivari/Jundiá, Pardo e Mogi-Guaçu (Figura 2). De maneira geral, a melhor época de semeadura é a partir do segundo decêndio do mês de setembro, com exceção da bacia hidrográfica dos rios Sapucaí Mirim/Grande, nos quais esse período é adiado para o primeiro decêndio de outubro.

Nas bacias hidrográficas do Tietê/Jacaré, Tietê/Batalha, Aguapeí/Peixe e Pontal do Paranapanema, observa-se elevado risco climático para o cultivo do feijão das águas no mês de agosto no que tange ao atendimento hídrico durante a fase

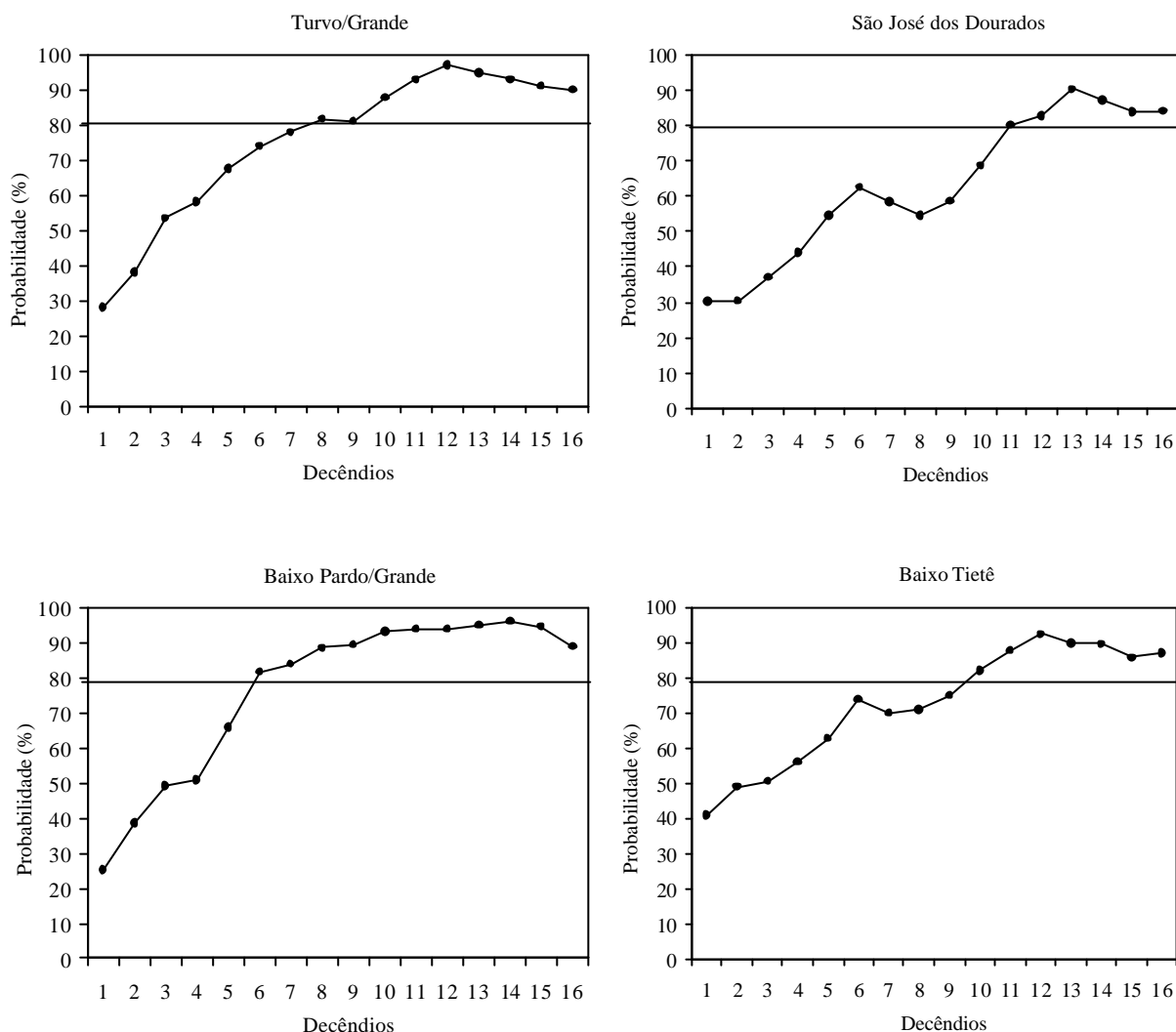


Figura 1. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico, correspondente ao subperíodo de floração da cultura do feijoeiro, cultivar Carioca, em diferentes decêndios de semeadura a partir de 01/08 para as bacias hidrográficas dos rios Turvo/Grande, São José dos Dourados, Baixo Pardo/Grande e Baixo Tietê.

reprodutiva (Figura 3). O período de restrição, quanto ao fator hídrico, faz-se mais pronunciado nas bacias dos rios Tietê/Batalha e Pontal do Paranapanema, em que a semeadura deve ser realizada a partir do terceiro decêndio de outubro e primeiro decêndio de novembro, respectivamente. Para as bacias hidrográficas dos rios Tietê/Jacaré e Aguapeí/Peixe e, conforme o atendimento hídrico na floração, tem-se a possibilidade de semeadura a partir do segundo e terceiro decêndios do mês de setembro, respectivamente.

Na região do Alto Paranapanema, devido ao déficit hídrico nos meses de agosto e setembro, a semeadura deve ser realizada a partir do segundo

decêndio de outubro (Figura 4). Já, no Médio Paranapanema, a probabilidade de atendimento hídrico é satisfatória, em período contínuo, apenas a partir do primeiro decêndio de novembro. Nessa região, o terceiro decêndio de setembro e o primeiro de outubro também são viáveis para a semeadura quanto ao atendimento da demanda hídrica na floração. Na bacia do Alto/Tietê, à semelhança do Tietê/Jacaré, a probabilidade de atendimento hídrico é superior a 80% a partir do mês de setembro, porém, a semeadura pode ser realizada no primeiro decêndio de setembro, ou seja, um decêndio antes do Tietê/Jacaré. As condições da bacia do Tietê/Sorocaba são semelhantes às do Tietê/Batalha quanto ao atendimento

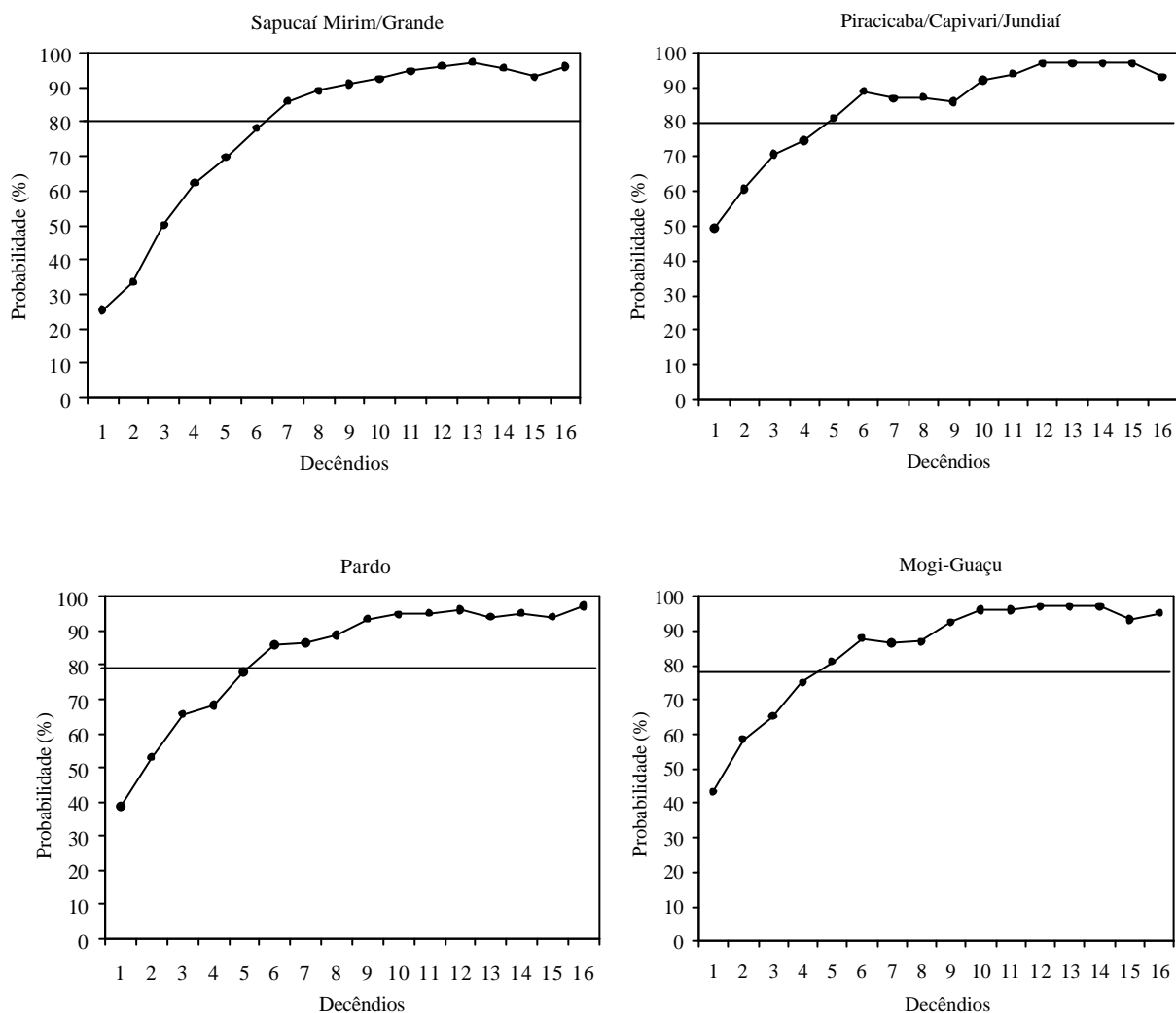


Figura 2. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico, correspondente ao subperíodo de floração da cultura do feijoeiro, cultivar Carioca, em diferentes decêndios de semeadura a partir de 01/08 para as bacias hidrográficas dos rios Sapucaí Mirim/Grande, Piracicaba/Capivari/Jundiá, Pardo e Mogi-Guaçu.

hídrico na floração do feijoeiro pois a semeadura pode ser efetuada a partir do terceiro decênio de outubro.

No Litoral Norte, devido à restrição hídrica observada no período de floração, é viável a semeadura da leguminosa somente a partir do segundo decênio de novembro (Figura 5). Nas bacias hidrográficas dos rios Ribeira de Iguape/Litoral Sul e Paraíba do Sul, esta pode ser realizada a partir do primeiro e segundo decênios de setembro, respectivamente. Porém, na bacia do Ribeira de Iguape/Litoral Sul, a semeadura deve ser interrompida no primeiro e segundo decênios de outubro, quando se tem probabilidade de atendimento hídrico inferior a 80%.

Na região da Baixada Santista não foi apurado período restrito de água no solo durante a fase crítica da floração e, considerando-se o fator hídrico, a semeadura pode ser realizada a partir do primeiro decênio de agosto.

Conclusões

- Nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, a semeadura do feijoeiro da safra “das águas”, pode ser realizada, com variações, desde o 1º decênio de setembro até o 2º decênio de novembro.

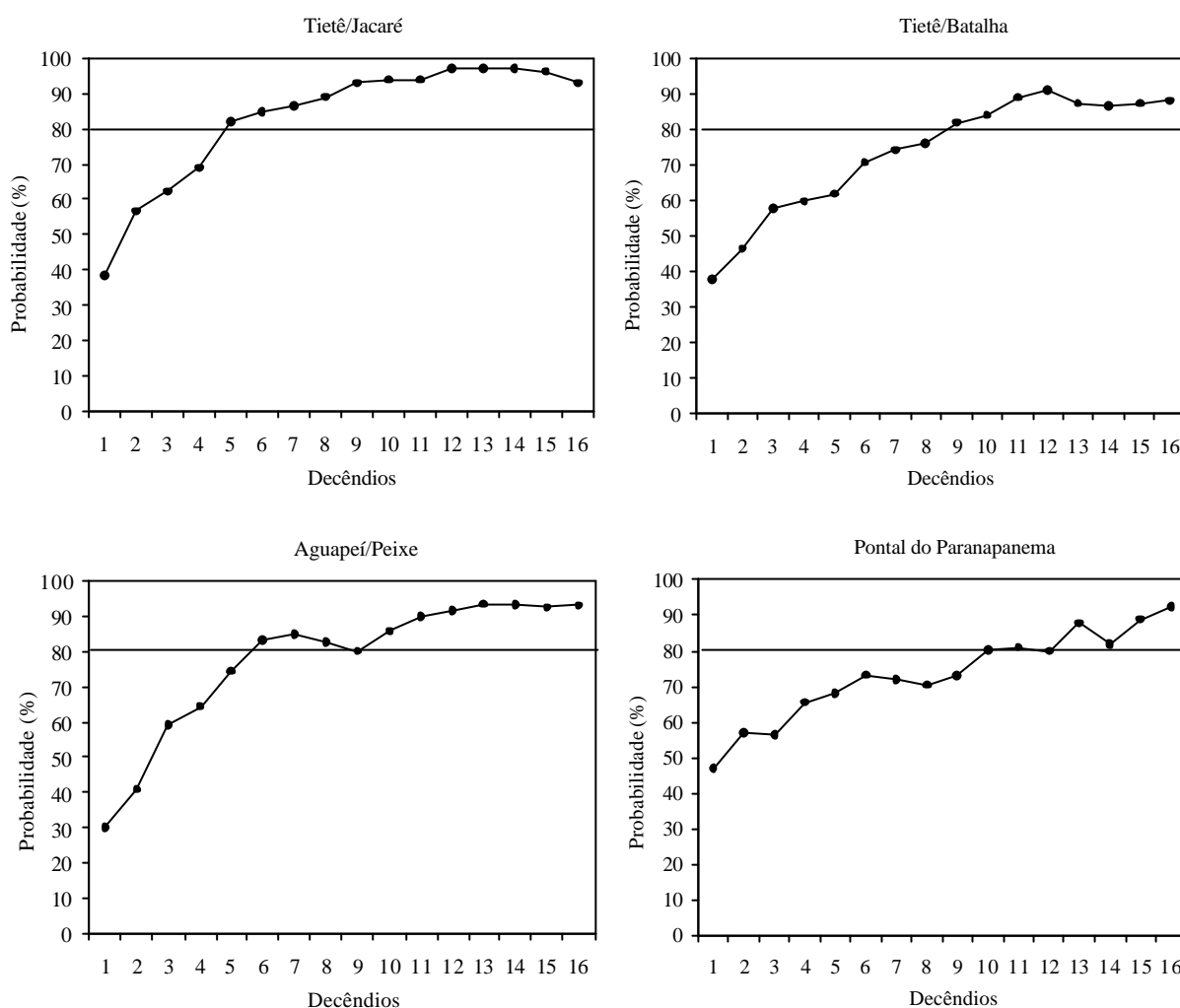


Figura 3. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico, correspondente ao subperíodo de floração da cultura do feijoeiro, cultivar Carioca, em diferentes decêndios de semeadura, a partir de 01/08, para as bacias hidrográficas dos rios Tietê/Jacaré, Tietê/Batalha, Aguapeí/Peixe e Pontal do Paranapanema.

- Na região da Baixada Santista, na qual não se tem período de restrição de água no solo durante o subperíodo da floração do feijoeiro, a semeadura pode ser realizada a partir do primeiro decêndio de agosto.

Referencias bibliográficas

ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; SHIBATA, J.K. Effects of water stress on growth and yield of indeterminate dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 20, p. 81-93, 1989.

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system.

Journal of the American Society for Horticultural Science, Geneva, v. 74, p. 430-445, 1959.

BRUNINI, O.; LISBÃO, R.S.; BERNARDI, J.B. Temperatura-base para alface "Witthe Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 19, p. 214-219, 1976.

BRUNINI, O.; CAPUT, E.; FERREIRA, A.S. **Software para cálculo do balanço hídrico**. Campinas: Fundag/CIAGRO, Instituto Agrônomo, 1999, (1 CD).

BRUNINI, O. et al. Riscos climáticos para a cultura de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 519-526, 2001.

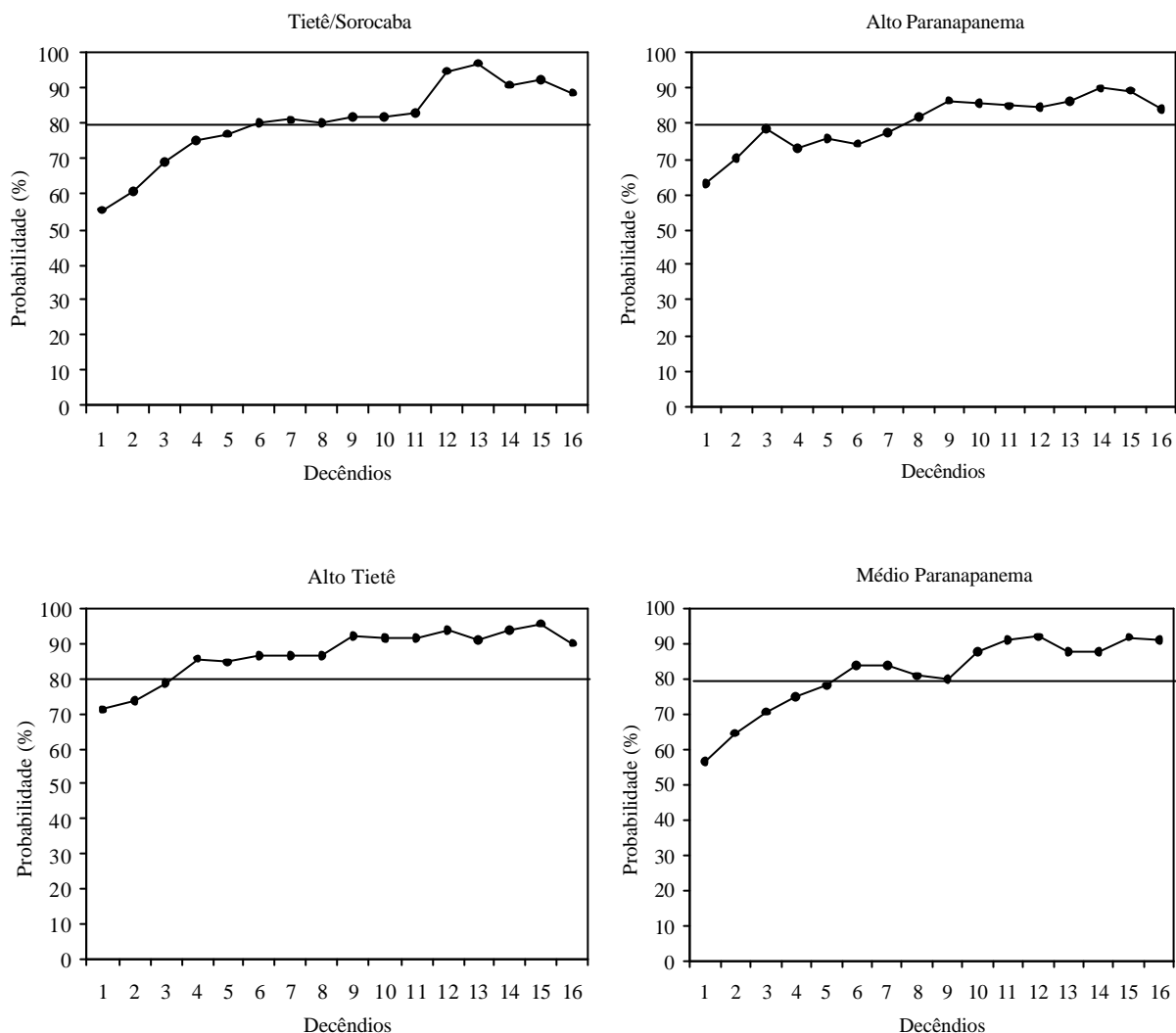


Figura 4. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico, correspondente ao subperíodo de floração da cultura do feijoeiro, cultivar Carioca, em diferentes decêndios de semeadura, a partir de 01/08, para as bacias hidrográficas dos rios Tietê/Sorocaba, Alto Paranapanema, Alto Tietê e Médio Paranapanema.

CALVACHE, A.M. et al. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, n. 3, p. 481-488, 1997.

CAMARGO, A.P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 12, p. 163-213, 1962.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193 p. (FAO Irrigation and drainage, paper n. 33)

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. Common bean and cowpea. In: FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. (Ed.). **Growth and**

mineral of field crops. New York: M. Dekker, 1991. p. 280-318.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común**. Cali, Colômbia: CIAT, 1982. 26 p.

GOMES, A.A. et al. Acumulação de biomassa, características fenológicas e rendimento de grãos de cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, 2000.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. II. Produtividade e componentes agrônômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 7, p. 481-488, 1996.

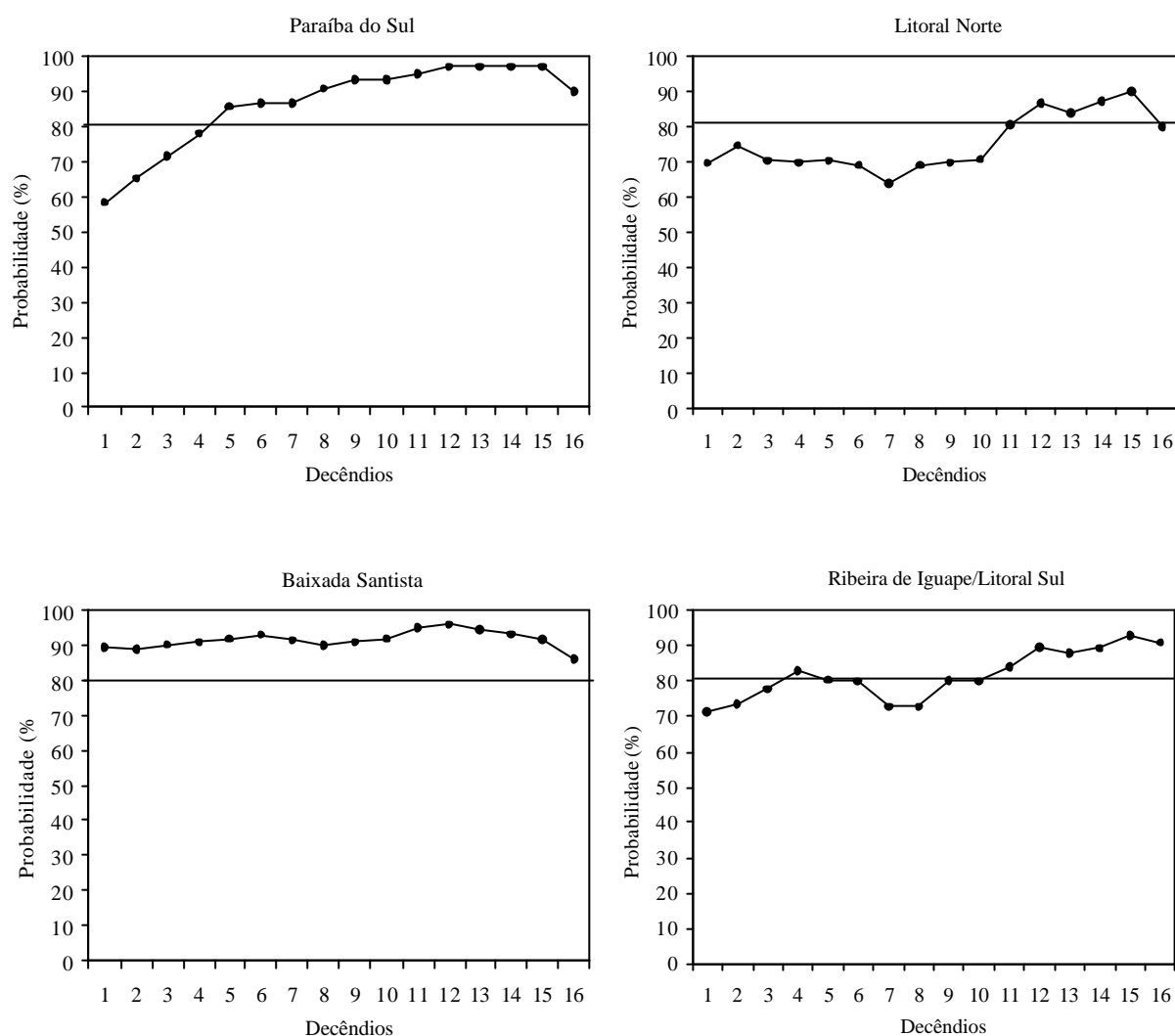


Figura 5. Média das probabilidades (%) de atendimento hídrico, correspondente ao subperíodo de floração da cultura do feijoeiro, cultivar Carioca, em diferentes decêndios de semeadura, a partir de 01/08, para as bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Sul, Litoral Norte, Baixada Santista e Ribeira de Iguape/Litoral Sul

MALUF, J.R.T.; CAIAFFO, M.R.R. Zoneamento agroclimático da cultura de feijão no Estado do Rio Grande do Sul: recomendação de períodos favoráveis de semeadura por região agroecológica. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Resumos...**, Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 455-458.

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

MASSIGNAM, A.M. et al. Ecofisiologia do feijoeiro I - Determinação do período mais crítico à deficiência hídrica do solo. **Revista Brasileira de**

Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 35-39, 1998.

MATZENAUER, R.; BUENO, A.C.; MALUF, J.R.T. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura para o feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa, MG. **Resumos...**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/Universidade Federal de Viçosa, 1991. 314 p, p. 235-236.

PEDRO JÚNIOR, M.J. et al. **Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo**. Campinas:

Tabela 1. Bacias hidrográficas no Estado de São Paulo, localidades representativas e coordenadas geográficas.

Bacia hidrográfica	Localidade	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
Alto Paranapanema	Itararé	24°07'	49°20'	721
Alto Tietê	São Roque	23°32'	47°08'	850
Baixada Santista	Santos	23°57'	46°20'	2
Baixo Pardo/Grande	Barretos	20°34'	48°34'	518
Baixo Tietê	Araçatuba	21°12'	50°27'	390
Litoral Norte	Ubatuba	23°27'	45°04'	8
Médio Paranapanema	Assis	22°40'	50°26'	563
Mogi-Guaçu	Monte Alegre do Sul	22°41'	46°43'	777
Paraíba do Sul	Pindamohangaba	22°55'	45°27'	560
Pardo	Ribeirão Preto	21°11'	47°48'	621
Piracicaba/Capivari/Jundiaí	Campinas	22°54'	47°05'	669
Pontal do Paranapanema	Presidente Prudente	22°07'	51°24'	468
Ribeira de Iguape e Litoral Sul	Pariquera-Açú	24°43'	47°53'	25
Rios Aguapeí e Peixe	Adamantina	21°41'	51°05'	443
São José dos Dourados	Jales	20°16'	50°34'	484
Sapucaí Mirim/Grande	Guaíra	20°20'	48°18'	490
Tietê/Batalha	Gália	22°19'	49°34'	522
Tietê/Jacaré	Jaú	22°17'	48°34'	580
Tietê/Sorocaba	Tatuí	23°20'	47°52'	600
Turvo/Grande	Pindorama	21°13'	48°56'	562

Instituto Agrônomo, 1991. 11 p. (Boletim técnico, 142).

PEREIRA, R.P.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. 1. ed. Guaíba: Agropecuária, 2002, 478 p.

PIRES, R.C. de M. et al. Profundidade do sistema radicular das culturas de feijão e trigo sob pivô central. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 1, p. 153-162, 1991.

SAKAI, E. **Balanço hídrico e energético na cultura irrigada do feijoeiro em latossolo roxo**. Piracicaba: USP, 1989. 122 p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1989.

STONE, L.F.; PORTES, T. de A.; MOREIRA, J.A.A. Efeito da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. II. Crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 5, p. 503-510, 1988.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publication in Climatology.10, n. 3).

WUTKE, E.B. et al. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação com culturas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Lavras, v. 24, n. 3, p. 621-633, 2000a.

WUTKE, E.B. et al. Estimativa de temperatura-base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.55-61, 2000b.