

ISSN 0104-1347

Determinação de graus-dia acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para Londrina-PR

Amount of degree-days and planning of sowing and harvest of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) for Londrina-PR, Brazil

Angélica Prael¹ e Ana Maria de Arruda Ribeiro²

Resumo - Determinou-se a exigência de graus-dia acumulados e o planejamento da semeadura e colheita para feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). O ensaio foi realizado no Campus da Universidade Estadual de Londrina, em Londrina - PR, em Latossolo vermelho eutroférico e envolveu quatro épocas de semeadura nos anos de 1999 e 2000. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com sete repetições para cada época de feijão-vagem, cultivar UEL-1. Os elementos meteorológicos utilizados foram temperaturas máximas, mínimas e médias, obtidas no Setor de Agrometeorologia do IAPAR-Londrina. Durante o período de permanência da cultura no campo, esta foi irrigada por um sistema de aspersão, de acordo com suas necessidades hídricas. A contabilização dos graus-dia acumulados foi determinada pelos métodos de Arnold e de Ometto. Foram encontrados em média 687 graus-dia acumulados pelo primeiro método e 747 acumulados, pelo segundo método, respectivamente. Após a contabilização dos graus dia foram determinados épocas de semeadura alternativas com o objetivo de coincidir a colheita com períodos de maiores valores de comercialização. O período de semeadura mais indicado para o feijão-vagem foi de 13/04 a 10/08, para que a colheita ocorra no momento de melhores preços do mercado.

Palavras-chaves: feijão-vagem, graus-dia, temperatura.

Abstract - The study were to determine the amount of degree-days from sowing to harvest of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) aiming at planning the best sowing dates for these crops. Field experiments were carried out at the Campus of Londrina State University, Londrina, PR, Brazil, in a dusk red latossol (haplortox), in four distinct sowing dates during the years of 1999 and 2000. The experimental design was randomized blocks, with three replications for each sowing date and crop evaluated. Meteorological data used were maximum, minimum and mean temperature, obtained from the Agrometeorology Sector of IAPAR, Londrina. During the period that crops remained in the field, they were irrigated by sprinklers, according to the their specific demands. The accounting of degree-days accumulated was accomplished with the Arnolds and the Ometto methods. For snap beans it was found a mean of 687 degree-days accumulated by first method and 747 degree-days by second method. These values were used to estimate the best sowing periods to harvest when market prices are higher. The periods for sowing more indicated for snap beans was 13/04 at 10/08, so that the harvest occurs of the moment of better prices marked

Introdução

O conhecimento dos valores diários de precipitação e evapotranspiração, assim como de graus-

dia acumulados, são necessários para a avaliação dos diferentes subperíodos de desenvolvimento em relação às respostas das culturas (NEILD et al. 1983).

¹Eng^a. Agrônoma, M.Sc. aprael@esalq.usp.br

²Eng^a. Agrônoma. Prof. Dra. Universidade Estadual de Londrina - arruda@uel.br

Um dos métodos utilizados para relacionar a temperatura do ar e o desenvolvimento vegetal é o total de graus-dia acumulados (GDA), definido como a soma de temperaturas acima da condição mínima e abaixo da máxima necessárias para a planta finalizar os diferentes subperíodos de desenvolvimento (SOUZA, 1990). O conceito de graus-dia (GDA) foi desenvolvido para superar inadequações do calendário diário, predizer eventos fenológicos (WARINGTON & KANEMASU, 1983), identificar as melhores épocas de semeadura, escalonar a produção de culturas e para programas de melhoramento.

O conceito de graus-dia pressupõe a existência de uma temperatura-base abaixo da qual a planta não se desenvolve e, se o fizer, será em taxas muito reduzidas. Cada grau de temperatura acima da temperatura-base corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura-base, que pode variar em função dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da planta, sendo comum a adoção de um valor único para todo o ciclo da cultura (CAMARGO, 1984). Esta teoria assume que tanto as temperaturas diurnas como as noturnas afetam o desenvolvimento e o crescimento vegetativo, e que os dados somente perdem sua confiabilidade sob condições de extremo ou prolongado estresse hídrico.

INFELD & SILVA (1987) afirmam que o aumento da temperatura acelera o desenvolvimento da planta, reduzindo o seu ciclo e vice-versa. Com base nesse princípio ficam explicadas as diferentes durações do ciclo de uma cultura, em dias, para cultivos em localidades com regimes de temperaturas diferentes.

Vários trabalhos têm demonstrado a grande utilidade do uso de graus-dia acumulados para previsão de fases fenológicas, bem como para zoneamento das culturas (SLACK et al., 1994). Esses autores afirmam que graus-dia independe da época e do local de plantio.

SAMMIS et al. (1985) afirmam que um contador de tempo ou relógio fisiológico desenvolvido com base em graus-dia acumulados é menos variável do que a contagem por dias do calendário.

De acordo com OMETTO (1981), após se realizar a contabilização para uma cultura em dois ou mais anos, a previsão da marcha de valores de graus-dia, nos anos subseqüentes, possibilita o planejamento adequado dos momentos em que deverão ser efetuados

os tratos culturais, aplicação de nutrientes e programação da colheita, tanto no aspecto agrícola quanto no administrativo e financeiro.

O feijão-vagem é a décima terceira hortaliça em termos de importância econômica e a sexta em volume produzido no país. É uma hortaliça que se adapta bem em climas amenos ou quentes com temperaturas variando entre 18°C e 30°C, sendo prejudicada por temperaturas acima de 35°C ou sob frio intenso (NADAL et al., 1986).

O feijão-vagem pertence à mesma espécie botânica do feijão para grãos secos: *Phaseolus vulgaris* L. Caracteriza-se por ser colhido quando as sementes estão ainda imaturas (FILGUEIRA, 1981). Há cultivares de porte alto, de crescimento indeterminado e exigentes em tutoramento. Outras são de crescimento determinado, de porte anão e apresentam ciclo mais curto (CASTELLANE et al., 1988).

Como o feijão para grãos secos, o feijão-vagem não tolera geadas durante o seu ciclo de desenvolvimento. O risco de geadas deve ser considerado como fator restritivo ao cultivo da espécie. Em condições de campo DICKSON & PETZOLDT (1989), relatam que temperaturas do ar abaixo de 10°C durante a fase de germinação do feijão podem provocar lesões e redução de vigor, com o que concordam KISH & OGLE (1980), visto que esses autores definem 10°C como temperatura basal do feijão-vagem, para efeito de estimativa das necessidades térmicas da cultura.

O calor excessivo causa danos em qualquer subperíodo de desenvolvimento do feijão-vagem (DICKSON & PETZOLDT, 1987). Os maiores prejuízos ocorrem durante a fase reprodutiva, na qual temperaturas variando entre 30 e 40°C ocasionam redução no rendimento, por provocarem abortamento de flores e botões florais (MONTERROSO & WIEN, 1990; AGTUNONG et al., 1992; SHONNARD & GEPTS, 1994). A planta é mais sensível na pré-fertilização, ou seja, antes da antese (MONTERROSO & WIEN, 1990). As reduções no rendimento ocorrem porque as altas temperaturas podem esterilizar o grão de pólen (WEAVER & TIMM, 1988) e elevam a produção de etileno na planta, fatores relacionados com queda de flores e granação deficiente.

Em localidades de inverno ameno, o cultivo pode também ser feito na entressafra, quando o produto tende a ser escasso, o que gera maiores cotações no mercado (NADAL et al., 1986).

De acordo com VIEIRA et al. (1998), existe muito a estudar sobre a cultura em relação às suas necessidades térmicas e hídricas, especialmente quando se trata de adequar os modelos matemáticos aos microclimas, na tentativa de planejar de forma mais adequada as épocas de semeadura para que se possa obter melhores preços do produto no mercado, sem aumento dos custos de produção.

O objetivo desse estudo foi determinar a quantidade necessária de graus-dia para o feijão-vagem no subperíodo semeadura-colheita e determinar épocas de semeadura alternativa de acordo com o mercado, para o município de Londrina-PR.

Material e métodos

O estudo foi realizado em Latossolo vermelho eutroférico, na fazenda escola da Universidade Estadual de Londrina, (latitude 23°23'S, longitude 51°11'W, e altitude 566m), ao norte do Estado do Paraná e envolveu quatro épocas de semeadura para feijão-vagem (1ª época: 24/03/99, 2ª época: 29/10/99, 3ª época: 04/09/00 e 4ª época: 19/09/00), Utilizou-se a cultivar UEL-1, (precoce).

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com sete repetições e cada parcela foi constituída por uma linha de 7 metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,50m, distribuindo-se 10 sementes por metro totalizando 70 sementes por parcela.

No momento da semeadura procedeu-se a adubação, de acordo com a análise química do solo, utilizando 2g por metro linear de NPK na fórmula 4-14-8, no sulco de plantio. Efetuou-se adubação nitrogenada de cobertura com 10g de uréia aos 25 dias após semeadura.

Os ensaios foram irrigados por aspersão, de acordo com as necessidades hídricas da cultura (a umidade do solo não foi considerada na avaliação dos graus-dia), e o tratamento fitossanitário ocorreu de acordo com o aparecimento de pragas e doenças. O controle de plantas daninhas foi feito manualmente.

Os dados meteorológicos necessários para o cálculo de graus-dia, foram obtidos junto ao Setor de Agrometeorologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), no município de Londrina. Foram utilizados os dados dos períodos: de 24/03/99 a 28/05/99, 29/10/99 a 21/12/99, 04/09/00 a 31/10/00, e de 19/09/00

a 23/11/00, períodos em que a cultura permaneceu no campo (semeadura-colheita). A colheita foi realizada no momento em que 50% das vagens estavam com tamanho igual ou superior a 12cm. Para o cálculo dos graus-dia acumulados (GDA) foram utilizadas temperatura mínima (T_m), temperatura máxima (T_M) e temperatura média (T_i), registradas no subperíodo da semeadura à colheita.

Foram avaliados dois métodos de cálculo de graus-dia:

a) *Método de ARNOLD (1959):*

$$GDA = \sum_{i=1}^n (T_i - T_b) \quad (1)$$

sendo T_b a temperatura basal mínima de crescimento e n o número de dias do período.

b) *Método de OMETTO (1981):* Para cada dia calculou-se o valor de GD pelas fórmulas abaixo. O valor de GDA é obtido somando os valores GD do período.

$$GD = \frac{(TM - T_m)}{2} + (T_m - T_b) \quad (2)$$

quando $T_m > T_b$ e $TM < TB$,

$$GD = \frac{(TM - T_b)^2}{2(TM - T_m)} \quad (3)$$

quando $T_m < T_b$ e $TM < TB$, e ainda

$$GD = \frac{2(TM - T_m)(T_m - T_b) + (TM - T_m)^2 - (TM - TB)^2}{2(TM - T_m)} \quad (4)$$

quando $T_m > T_b$ e $TM > TB$, sendo TB a temperatura basal máxima.

Utilizou-se como temperatura basal mínima (T_b) 10°C, (KISH & OGLE, 1980) e 35°C como temperatura basal máxima (TB) (FILGUEIRA, 1981; NADAL et al., 1986).

Resultados e discussão

A cultivar UEL1 (precoce), apresentou uma acumulação térmica média de 687 graus-dia pelo Método de Arnold e 747 graus-dia pelo Método de

Ometto, para o período semeadura-colheita (Tabela 1). Esses valores foram inferiores aos citados por VIEIRA et al. (1998), que encontraram 954 e 1015 graus-dia para cultivares do grupo “macarrão e manteiga” (cultivares ainda não reconhecidas) no município de Florianópolis, evidenciando a maior precocidade da cultivar UEL 1.

Verificou-se que o Método B apresentou maiores valores de graus-dia, em função dos procedimentos dos próprios métodos utilizados. Entretanto, este método teve menor variabilidade nas estimativas, conforme se observa pelos valores de desvio-padrão da Tabela 1. Comparando os resultados de desvio padrão dos dois métodos com a duração do ciclo em dias (Tabela 1), observa-se que, enquanto a duração média do ciclo em dias resultou em um desvio padrão de 5 a 6 dias, o Método A teve desvio padrão de 32 graus-dia correspondentes a 2 a 4 dias, enquanto que o Método B apresentou desvio-padrão de 16 graus-dias, correspondentes a 1 a 2 dias de variação. Assim, o erro na previsão do período semeadura-colheita foi menor quando utilizou-se o Método B. Acrescenta-se ainda, que a previsão da duração de um subperíodo quando feita em dias do calendário está sujeita a uma grande variabilidade, devido à temperatura do ar ser um elemento meteorológico extremamente variável.

Observou-se que em épocas com temperaturas mais amenas, a cultura necessitou de maior número de dias para completar os diferentes subperíodos de desenvolvimento, ou seja aumentou o ciclo (Figura 1). Verificou-se que na 1ª época (Figura 1a) a cultura necessitou de um período maior de permanência no campo, devido à ocorrência de temperaturas mais baixas, que ocasionaram um menor acúmulo diário de graus-dia. As temperaturas médias

Tabela 1. Somatória de graus-dia para as épocas avaliadas e duração do ciclo para feijão-vagem, para a cultivar UEL 1 (precoce). Londrina,PR, 1999.

Data de semeadura	Duração do ciclo (dias)	Graus-dia acumulados*	
		Método A	Método B
24/03/99	66	642	719
29/10/99	54	698	729
04/09/00	58	653	750
19/09/00	55	706	753
Média	53	687	747
S**	5.4	32	16

* $t_b=10^0C$ (KISH & OGLE, 1980). **Desvio padrão.

variaram de 9 a 27,2°C. Segundo SILVA et al. (1999), a planta desenvolve-se adequadamente dentro de um limite definido de temperatura, abaixo e acima do qual ela praticamente cessa o seu crescimento e desenvolvimento. No caso de feijão-vagem este limite é 10 e 35°C, explicando assim o aumento do ciclo da cultura devido ao fato de que no período experimental ocorreram temperaturas menores do que a considerada limite mínimo.

A Figura 2 mostra a variação estacional do preço da caixa (20-25Kg) de feijão-vagem e o volume médio comercializado pelo Ceasa-Londrina (dados médios de 5 anos, no período de 1996 a 2000). Verifica-se uma grande variação de preço no decorrer do ano, atingindo o valor máximo de comercialização no período de julho a início de outubro. Esse aumento expressivo pode ser atribuído ao fato desta cultura ser sensível às baixas temperaturas e geadas que ocorrem durante o período de inverno.

Na Figura 2, observa-se que nas condições de Londrina-PR, há risco de ocorrência de geadas entre meados de maio e final de agosto. O período de maior probabilidade concentra-se nos meses de junho e julho.

Tendo em vista que a contabilização do ciclo de uma cultura é mais satisfatória por meio dos graus-dia acumulados, pode-se utilizar esta ferramenta para planejar o cultivo de maneira a produzir e comercializar o produto no momento em que os preços estejam maiores. Assim sendo, é possível determinar a época de semeadura ideal, através da contabilização inversa de graus-dia, ou seja, calculando-se os graus-dia acumulados da colheita até a semeadura, na tentativa de se ajustar a colheita ao momento desejado.

Tomou-se então como base um total de 717 graus-dia acumulados, valor obtido pela média dos métodos A e B, e fazendo a contabilização inversa utilizando dados médios de temperatura de 25 anos (série histórica), determinou-se para a colheita ocorrer no período de preços maiores, entre 10/07 e 20/10 (Figura 2), a semeadura deve ser iniciada a partir de 13/04 e pode se estender até 10/08.

Considerando-se que os preços no período de julho a outubro em média alcançam o dobro das demais épocas do ano, é vantajoso para o agricultor planejar a semeadura a fim de ter o produto nessa época.

Para que o risco de geada seja minimizado, a semeadura pode se iniciar em 20/07, quando a

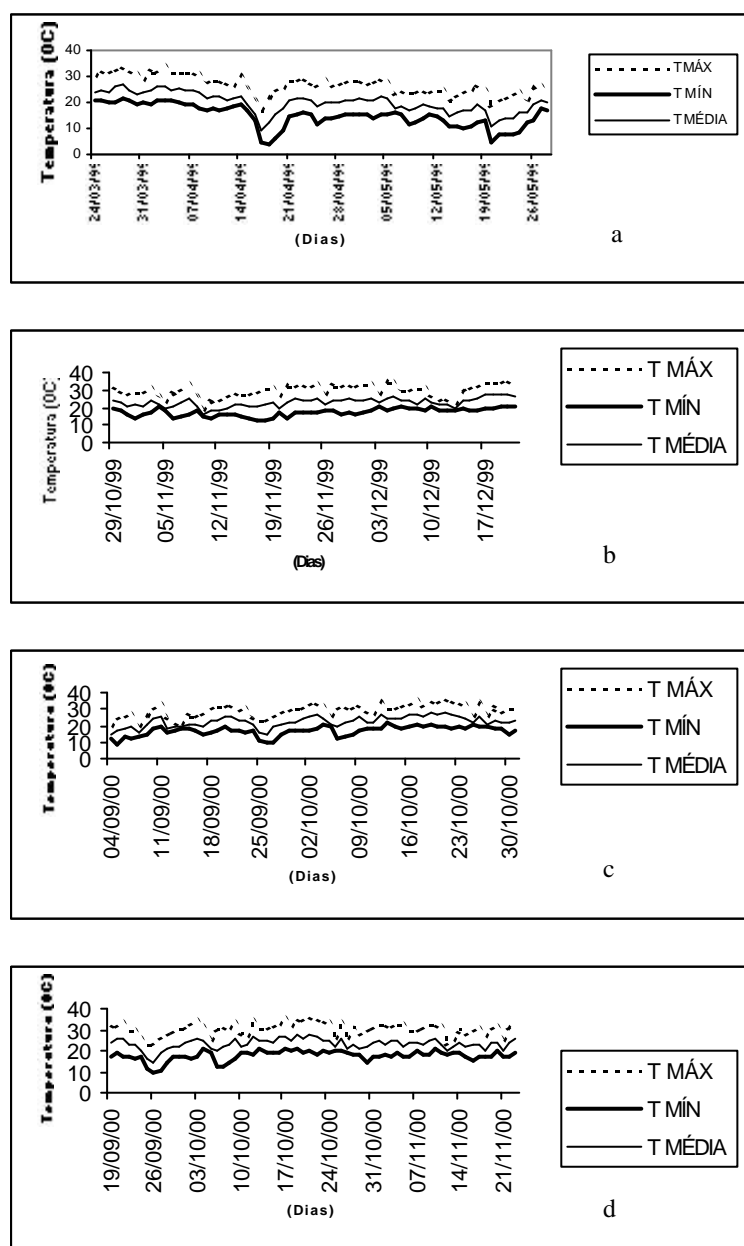


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média do ar e dias de permanência da cultura de feijão-vagem no campo, 4^ª época de semeadura. Londrina, 2000. (a) 1^ª época de semeadura, (b) 2^ª época de semeadura, (c) 3^ª época de semeadura e (d) 4^ª época de semeadura.

probabilidade de geadas é decrescente. Deve-se destacar também, que a ocorrência de geadas está altamente correlacionada com altitude e latitude (GONÇALVES et al., 1998). Assim, as áreas localizadas ao norte do município de Londrina, com menores altitudes, apresentam riscos bem menores de geadas, permitindo a semeadura mais precoce.

Uma alternativa para explorar os melhores preços sem riscos de perdas por geadas é o cultivo em ambiente controlado ou protegido, no interior de estufas.

Conclusões

- Para o feijão-vagem, cultivar UEL 1 (precoce) foi encontrada uma média de 687 e 747 graus-dia acumulados, respectivamente pelos Métodos de ARNOLD (1959) e OMETTO (1981).
- O Método de OMETTO (1981) foi mais eficiente para os cálculos de graus-dia em feijão-vagem, devido apresentar menor variabilidade entre os resultados.
- Por meio da contabilização inversa de graus-dia, determinou-se o período de semeadura para feijão-vagem de 13/04 a 10/08, como o melhor sob o ponto de vista térmico.
- Em época sujeitas a geadas, sugere-se que o cultivo seja conduzido em ambientes protegidos.

Referências bibliográficas

- AGTUNONG, T.P. 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. 1135-40, 1992.
- 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**, Alexandria, n. 74, p. 430-445. 1959.

CAMARGO, M.B.P. **Exigências bioclimáticas e estimativa para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo**. Piracicaba: Escola superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP, 1984. 96 p. Tese (Mestrado em Agronomia) – ESALQ/USP, 1984.

CASTELLANE, P.D.; VIEIRA, R.D.; CARVALHO,

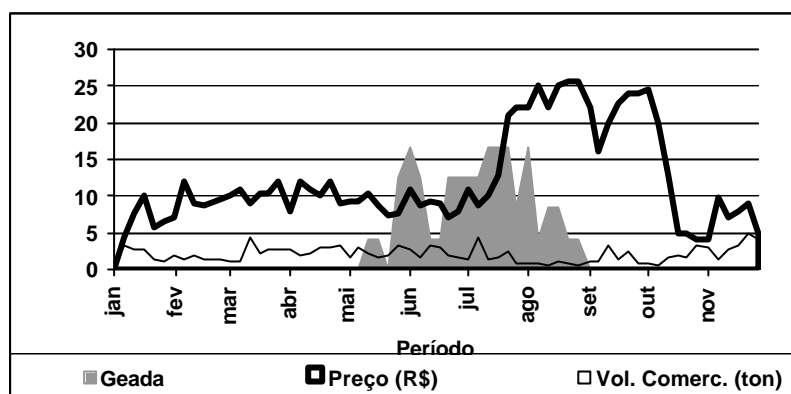


Figura 2. Volume comercializado (ton), probabilidade de ocorrência de geadas (%) e preço (R\$) de feijão-vagem, padrão Extra A em Londrina-PR.

Fonte: CEASA-PR- Londrina-PR/Setor de Agrometeorologia do IAPAR-Londrina-PR

N.M. **Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): cultivo e produção de sementes.** Jaboticabal: FUNEP/FCAV-UNESP, 1988, 60 p.

DICKSON, M.H.; PETZOLDT, R. Inheritance of low temperature tolerance in beans at several growth stages. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 22, n. 3, p. 481-483, 1987.

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.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. v. 1, 36 p.

GONÇALVES, S.L., et al. **Zoneamento da cultura de feijão no Estado do Paraná.** Instituto Agronômico do Paraná. Londrina: IAPAR, 1998. 65 p. (Circular Técnica, n.99).

INFELD, J.A.; SILVA, J.B. da. Somas térmicas da duração da fase vegetativa do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETOROLOGIA, 5., Belém-PA, **Anais...** Belém: SBA, 1987, p. 160-161.

KISH, A.J.; OGLE, W.L. Improving the heat unit system in predicting maturity date of snap beans. **Hortscience**, Virginia, v. 15, n. 2, p. 140-141, 1980.

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.

NADAL, R. de, et al. Olericultura em Santa Catarina: aspectos térmicos e econômicos. Florianópolis: EMPASC, p. 130-136, 1986.

NIELD, R.E.; LOGAN, J.; CARDENAS, A. Growing seasons and phenological response of sorghum as determined from simple climatic data. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 3, p. 35-48, 1983.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

SAMMIS, T.W. et al. Evapotranspiration crop coefficients predicted using growing-degree-days. **Transactions of the ASAE**, v. 28, n. 3, p. 773-780, 1985.

SLACK, D.C. et al. Growing-degree-days based crop coefficients for irrigation management. In: CONGRESSO NACIONAL ASSOCIACION MEXICANA DE INGENIERIA AGRICOLA, 4., Cuautitlán Izcali, Estado do México, México, 1994. **Anais...**, Cuautitlán Izcali, México: Asociacion Mexicana de Ingenieria Agricola, 1994. p. 7-13.

SHONNARD, G.C.; GEPTS, P. Genetics of heat tolerance during reproductive development in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 1168-1175, 1994.

SOUZA, P.R. Alguns aspectos de influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p. 9-22, 1990.

VIEIRA, A.R. et al. Caracterização térmica e hídrica da cultura do feijão-vagem na região da grande Florianópolis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 929-936, 1998.

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.

WARINGTON, I.J.; KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod, 1, seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**. Madison, n. 75, p. 154-180, 1983.

