

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI NO VALE DO GURGUÉIA, PIAUÍ

Edson Alves Bastos¹; Valber Mendes Ferreira²; Cláudio Ricardo da Silva²; Aderson Soares de Andrade Júnior¹

¹ Embrapa Meio-Norte, edson@cpamn.embrapa.br

² Universidade Federal do Piauí

1 RESUMO

A determinação dos valores do coeficiente de cultivo (K_c), durante o ciclo de desenvolvimento, é fundamental para se obter as necessidades hídricas de uma cultura. O presente trabalho teve por objetivo determinar a evapotranspiração e o K_c do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), variedade BR-17 Gurguéia, durante os diferentes estádios de desenvolvimento, utilizando um lisímetro de pesagem eletrônico. O experimento foi conduzido no município de Alvorada do Gurguéia, localizado no Vale do Gurguéia, PI, durante o período de agosto a outubro de 2005. A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método de Penman-Monteith com base nos dados meteorológicos obtidos por uma estação agrometeorológica automática. Os resultados mostraram que a ET_c foi de 288,5 mm para todo o ciclo da cultura, correspondente a um valor médio de 4,1 mm dia⁻¹. O estágio fenológico de maior demanda hídrica foi o reprodutivo, com 5,4 mm dia⁻¹ e os valores de K_c foram de: 0,8, no estágio inicial; 0,8 a 1,1, no estágio de crescimento; 1,1 a 1,4 no estágio reprodutivo e de 1,4 a 0,3 no estágio final.

UNITERMOS: Lisímetro de pesagem, manejo de irrigação, consumo hídrico, K_c , *Vigna unguiculata*.

BASTOS, E.B.; FERREIRA, V.M.; SILVA, C. R. da; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de.
COWPEA EVAPOTRANSPIRATION AND CROP COEFFICIENT IN THE
GURGUEIA VALLEY, PIAUI STATE, BRAZIL

2 ABSTRACT

The determination of crop coefficient (K_c) values is essential to obtain crop water demand throughout its development stage. The present work aimed to determine cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp. BR-17 Gurgueia variety) crop evapotranspiration (ET_c) and K_c values during the crop development, using an electronic weighing lysimeter. The experiment was carried out in Alvorada do Gurgueia, located in the Gurgueia Valley. The reference evapotranspiration (ET_o) was estimated by Penman-Monteith method with climatic data obtained from an automatic weather station installed in the area. The results showed that the ET_c was 288.5 mm for the entire culture cycle, corresponding to 4.1 mm day⁻¹. The highest water demand occurred at the reproductive phonological stage (an average of 5.4 mm day⁻¹). K_c values were: 0.8 at the initial stage, 0.8 to 1.1 at the crop development stage, 1.1 to 1.4 at the reproductive stage and 1.4 to 0.3 at the end of the cycle.

KEY WORDS: weighing lysimeter, irrigation management, water consumption, Kc, *Vigna unguiculata*.

3 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, pelas suas características nutricionais, como a presença de proteínas, aminoácidos essenciais, carboidratos, entre outras e, devido ao ciclo de cultivo curto e baixa exigência hídrica, tem-se tornado alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro (Andrade Júnior et al., 2002).

No Sudoeste do Piauí, a cultura do feijão-caupi apresenta grande importância agrícola e representa respectivamente 45,30% (39.158 t) e 43,58% (139.331 ha) da produção e área colhida do Estado (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 1996). O Vale do Gurguéia compreende os municípios de Alvorada do Gurguéia, Cristino Castro, Redenção do Gurguéia e Bom Jesus representando uma área de 49.800 km².

O Vale, apesar do clima quente e seco na maior parte do ano, apresenta boa disponibilidade de água subterrânea, com diversos poços jorrantes, que têm possibilitado o desenvolvimento da agricultura irrigada. No entanto, devido à carência de informações quanto ao consumo hídrico do feijoeiro e, conseqüentemente, à falta de manejo racional da irrigação, a aplicação da lâmina de irrigação tem sido feita de forma aleatória.

O conhecimento da evapotranspiração (ET_c) e do coeficiente de cultivo (K_c) é fundamental para se outorgar, dimensionar e manejar a irrigação de uma cultura e, uma vez que esses valores variam conforme a disponibilidade energética do local, variedade e idade da planta são importantes à obtenção de valores regionalizados (Silva et al., 2006).

Já existem recomendações de K_c para a cultura do feijão-caupi no Piauí (Andrade et al., 1993), no Pará (Aguiar et al., 1992), no Rio Grande do Norte (Espíndola Sobrinho et al., 1989) e no Ceará (Souza et al., 2005), mas ainda não há nenhuma recomendação para o Vale do Gurguéia. Ainda, nenhum desses trabalhos foi realizado com lisimetria de pesagem, considerado, por diversos autores, a ferramenta padrão devido à sua praticidade e precisão (Howell et al., 1991; Campeche, 2002).

Este trabalho teve por objetivo determinar o K_c do feijão-caupi nos diferentes estádios fenológicos, utilizando um lisímetro de pesagem, visando o manejo racional da irrigação no Vale do Gurguéia, PI.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Local e característica da área experimental

O experimento foi conduzido no município de Alvorada do Gurguéia (8°26'S, 43°47'W e 281m de altitude), no Sudoeste do Piauí. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999), com algumas características químicas apresentadas na Tabela 1. O clima, segundo a classificação de Thornthwaite, é subúmido seco, megatérmico, com pequeno excedente hídrico.

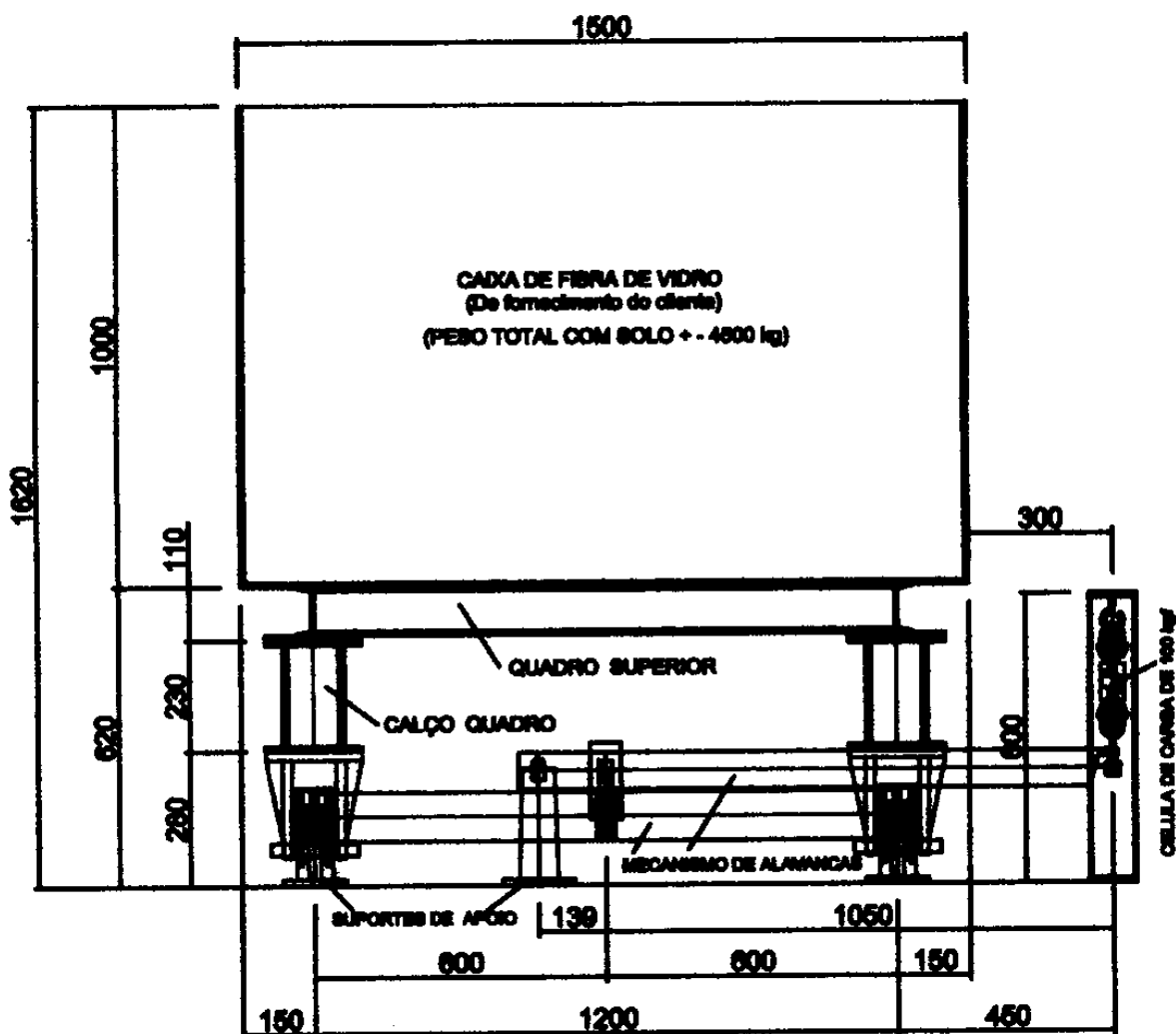
O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BR-17 Gurguéia, tem porte semi-enramador, ciclo de 70-80 dias e produtividade de grãos esperada de 1.964 kg ha⁻¹ (Freire Filho et al., 1994).

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental e do lisímetro antes do plantio.

Amostra	pH	P	K	Ca	Mg	Na	H+Al	CTC	V
	(água)	mg dm ⁻³							%
Lisímetro	4,95	15,30	0,14	1,03	0,74	0,01	2,37	4,30	45,29
Área experimental	5,03	11,13	0,12	0,89	0,51	0,01	1,80	3,34	44,25

O preparo do solo foi realizado com uma gradagem com posterior aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Na adubação de fundação, foram aplicados 40 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (superfosfato simples) e 30 kg de K₂O ha⁻¹ (cloreto de potássio). O plantio foi feito manualmente (matracas) no dia 04/08/2005, em covas espaçadas de 0,8 m entre fileiras e 0,2 m nas linhas, totalizando uma área de 1,4 ha. Foram utilizadas 4 a 5 sementes por cova que, após o desbaste, restaram 2 plantas por cova. Foram feitos os tratos fitossanitários comumente usados pelos agricultores locais para o controle das pragas e das plantas daninhas. A colheita foi realizada no dia 13/10/2005.

Lisímetro de pesagem

**Figura 1.** Vista lateral e dimensões totais dos lisímetros de pesagem.

No centro da área, constavam-se dois lisímetros de pesagem, espaçados a 12 m entre si. Cada lisímetro era constituído por uma caixa de fibra de vidro com 9 mm de espessura, medindo 1,5 m por 1,5m de largura com 1,0 m de profundidade. As paredes externas dos lisímetros eram de concreto armado com espessura de 0,18 m para sustentação do solo circundante. O preenchimento do solo nos lisímetros foi feito de tal maneira a manter as condições iniciais do solo.

Cada caixa estava apoiada sobre um mecanismo de alavancas reductoras, confeccionado em chapa de ferro. Este era conectado a uma célula de carga eletrônica (modelo SV 100, da Alfa Instrumentos, São Paulo, SP, Brasil) acoplada a um sistema automático de coleta de dados (modelo CR 23x, Campbell Scientific, Logan, UT, EUA). Maiores detalhes podem ser observados na Figura 1 e 2. Os valores horários médios (milivolt) fornecidos por cada célula foram convertidos em milímetro de água conforme equação de calibração realizada previamente para cada lisímetro. Na calibração, de maneira geral, os lisímetros apresentaram uma excelente linearidade e baixa histerese, com alto coeficiente de determinação ($r^2 > 0,98$).



Figura 2. Lisímetro de pesagem com a cultura do feijão-caupi nos diferentes estádios de desenvolvimento. Alvorada do Gurguéia, PI, 2005.

Irrigação

A área foi irrigada por um sistema de aspersão convencional com aspersores (modelo NY 25, Agropolo, Diadema, SP, Brasil) espaçados de 12 m x 12 m. As irrigações foram feitas a cada dois dias, procurando repor a evapotranspiração de referência (ET_o) estimada, utilizando-se a equação de Penman-Monteith parametrizada por Allen et al. (1998), a partir dos dados meteorológicos coletados na estação automática. Os sensores estavam acoplados ao sistema automático de coleta de dados (o mesmo usado nos lisímetros). Para amenizar o efeito dos ventos e da evaporação, as irrigações foram feitas preferencialmente, no período noturno (entre 18h e 21h).

O monitoramento da tensão de água no solo dos lisímetros foi feito por meio de tensiômetros com punção digital, instalados a 0,2 e 0,4 m de profundidade bem como, em quatro locais distribuídos aleatoriamente na área. As leituras dos tensiômetros foram feitas diariamente até o estágio de maturação da cultura, quando as irrigações foram suspensas.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) diária de cada lisímetro foi determinada considerando a diferença dos valores médios (mm) na antemã (~4:00 h) em relação ao mesmo período do dia seguinte, descontando-se os valores medidos de chuva e drenagem, quando necessário.

Apresentação dos dados

O coeficiente de cultivo (K_c) foi determinado diariamente pela relação entre a ET_c e a evapotranspiração de referência (ET_o), conforme metodologia proposta por Allen et al. (1998). Como o Teste F não revelou diferenças significativas nos valores de ET_c de cada lisímetro, os resultados apresentados resultaram da análise conjunta (dados médios).

Para a ET_c e os cálculos dos K_c's médios, o ciclo da cultura foi dividido em quatro estágios fenológicos como proposto por Allen et al. (1998): I) inicial: do plantio até 10% de cobertura do solo; II) crescimento: do final do estágio inicial até 80% de cobertura do solo; III) reprodutivo (florescimento e enchimento de grãos): de 80% de cobertura do solo até o início da maturação; IV) final: do início da maturação até a colheita. Para a fase final, foi considerado o K_c obtido na data da colheita. Ainda, com os valores diários de K_c, foi ajustada uma curva entre K_c e dias após o plantio (DAP).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, pela Tabela 2, observa-se que o clima foi favorável ao desenvolvimento da planta, que é adaptada ao clima quente, com temperaturas do ar médias diárias entre 20 a 33°C, segundo revisão feita por Bastos (1999). A produtividade na área experimental foi de 1.300 kg ha⁻¹ e nos lisímetros de 1.728 kg ha⁻¹, sendo próximas à produtividade esperada da cultivar. Foi registrada apenas uma precipitação pluvial de 17,9 mm aos 49 dias após o plantio (DAP). A tensão média da água no solo, tanto nos lisímetros quanto na área foi próxima a 6 kPa, indicando que a irrigação proporcionou uma boa disponibilidade hídrica às plantas durante todo o ciclo de desenvolvimento.

As variações na evapotranspiração diária da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o) são mostradas na Figura 3. Nota-se que a ET_c foi, aproximadamente, menor que a ET_o nos primeiros 40 dias após o plantio (DAP). Entre o 40° e 66° dias, esse comportamento se inverte, coincidindo com as fases de florescimento e enchimento de grãos, atingindo valores máximos em torno de 7 mm dia⁻¹. No 49° dia, observa-se uma queda nos valores de evapotranspiração provocado pela nebulosidade associada à precipitação pluvial

ocorrida no dia. A partir do 65° DAP até a colheita, a ETc voltou a cair, porém atingindo valores inferiores àqueles do estágio inicial, devido à senescência da cultura e redução da evaporação do solo provocada pela suspensão das irrigações.

Tabela 2. Médias mensais de temperatura do ar (Temp), umidade relativa do ar (UR), saldo de radiação solar (Rn), vento (U_2), evapotranspiração de referência (ETo) e tensão de água no solo média (Ψ_s) observada nos lisímetros (0-0,4 m de profundidade) e na área experimental, durante a condução do experimento. Alvorada do Gurguéia, 2005.

Mês	Temp	UR	Rn	U_2	ETo	Ψ_s (kPa) [‡]	
	(°C)	(%)	(MJ dia ⁻¹)	(m s ⁻¹)	(mm)	Lisímetros	Área
Agosto	27,3	42,0	7,8	1,7	4,3	6,62	6,67
Setembro	28,6	41,7	8,1	1,5	4,3	5,94	6,04
Outubro	29,8	36,6	8,3	1,5	4,6	-	-

[‡] Valor médio dos tratamentos nas profundidades de 0,2 e 0,4 m.

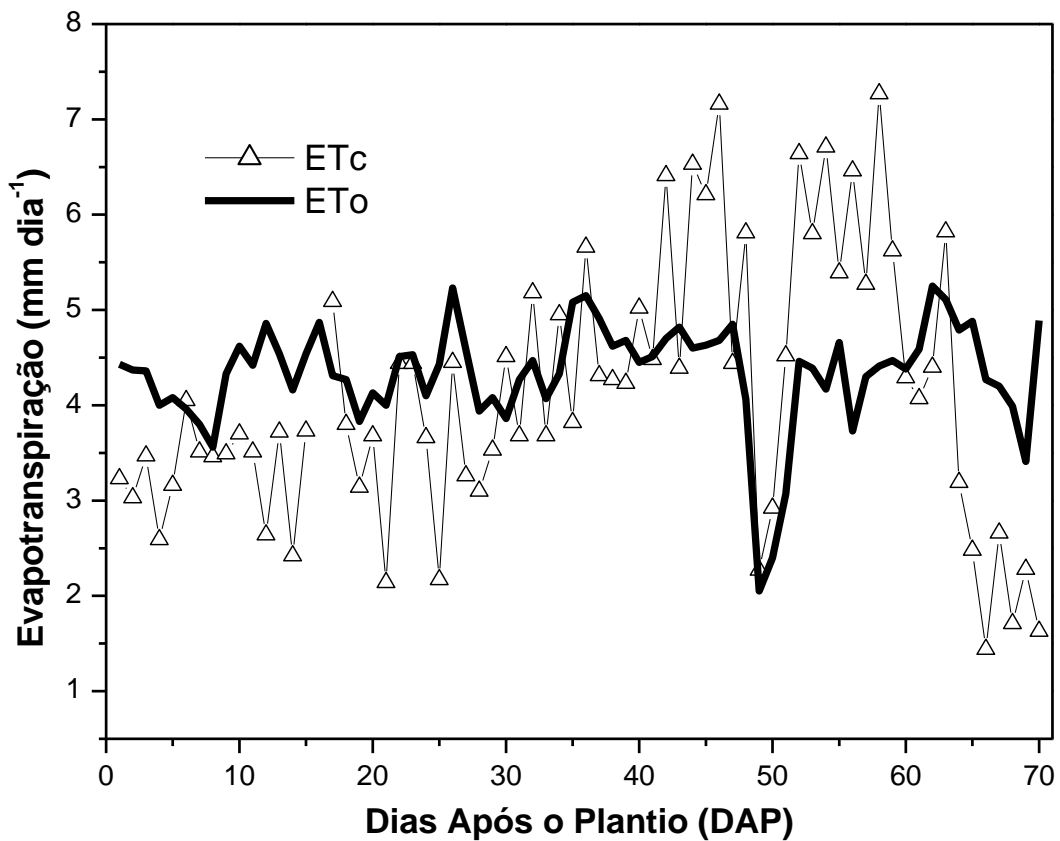


Figura 3. Valores médios de evapotranspiração do feijão-caupi comparados com a evapotranspiração de referência. Alvorada do Gurguéia, 2005.

Na Tabela 3, são apresentados os valores totais da evapotranspiração do feijão-caupi (ETc) e de referência (ETo) e os coeficientes de cultivo (Kc) em cada estágio fenológico da cultura. De maneira geral, verifica-se que a ETc (288,5 mm) foi próxima a ETo (303,5 mm), sendo a maior amplitude entre ambas encontrada no estágio reprodutivo (21,3 mm) e a menor no estágio de crescimento (10,1 mm). Para a cultura do feijão-caupi na região Nordeste, o valor

obtido para a ETc (288,5 mm ou 4,1 mm dia⁻¹) está inferior aos valores obtidos por Andrade et al. (1993) e Souza et al. (2005), mas superior ao valor obtido por Espíndola Sobrinho et al. (1989).

Considerando os estádios fenológicos do feijão-caupi, ficou ratificado que o período reprodutivo (florescimento e enchimento dos grãos) constitui o estágio de maior demanda hídrica o que concorda com os resultados obtidos por Espíndola Sobrinho et al. (1989), Andrade et al. (1993), Aguiar et al. (1992) e Souza et al. (2005).

Tabela 3. Duração (dias) dos estádios fenológicos da cultura, evapotranspiração da cultura (ETc) e referência (ETo) e valores de Kc médios para cada estágio. Alvorada do Gurguéia, 2005.

Estádios fenológicos	Duração (dias)	ETc (mm)	ETo (mm)	Kc
I-Inicial	15	49,7	64,0	0,8
II-Crescimento	25	100,6	110,7	0,8 a 1,1
III-Reprodutivo	17	91,4	70,1	1,1 a 1,4
IV-Final	13	46,9	58,6	1,4 a 0,3
TOTAL	70	288,5	303,5	-

Os valores de Kc para cada estágio fenológico estão presentes na Tabela 3 e a Figura 4 apresenta os valores de Kc determinados diariamente ao longo do ciclo da cultura bem como a curva de ajuste proposta. A variação dia-a-dia nos valores de Kc é aceitável e ocorreu devido à alta frequência de molhamento (irrigações), a qual altera a taxa de evaporação do solo e, conseqüentemente, os valores de Kc, além de possíveis erros na estimativa do saldo de radiação entre outros elementos meteorológicos, ETo e medidas lisimétricas como sugerido por Allen et al. (1998).

Observa-se que, na fase inicial, o Kc apresentou valor médio de 0,8(±0,1) sendo diretamente influenciado pela alta demanda evaporativa do solo (irrigações frequentes), já que uma pequena fração do solo estava coberta pela cultura. Este valor se aproxima de outros resultados relatados na literatura sob mesma frequência de irrigação (Andrade et al., 1993; Souza et al., 2005) e ao sugerido por Allen et al. (1998) com 0,8. Com o desenvolvimento da cultura, os valores de Kc aumentaram gradativamente, alcançando o valor máximo de 1,4 no final do estágio reprodutivo. Observa-se que, neste estágio, não houve uma estabilização no consumo como proposto por Allen et al. (1998) para a cultura do feijoeiro comum. Esta diferença se deve ao hábito de crescimento indeterminado do feijão-caupi que continua a emitir novas folhas, mesmo após o florescimento. Resultado semelhante foi obtido por Souza et al. (2005) com a cultivar Setentão. Os valores obtidos no estágio reprodutivo foram superiores àqueles relatados por Espíndola Sobrinho et al. (1989), Andrade et al. (1993), Aguiar et al. (1992), e Souza et al. (2005). As diferenças podem estar associadas à variedade utilizada e/ou à metodologia empregada para a determinação dos valores da ETc. Neste experimento, a utilização destes coeficientes implicaria em uma subirrigação e, provavelmente, resultaria em déficit hídrico. Daí a importância da obtenção de valores precisos e regionalizados para a eficácia no manejo da irrigação.

No estágio final, a partir do 58° DAP, verifica-se uma queda acentuada nos valores de Kc, provocada pela senescência da planta e suspensão da irrigação, finalizando com 0,3 na colheita.

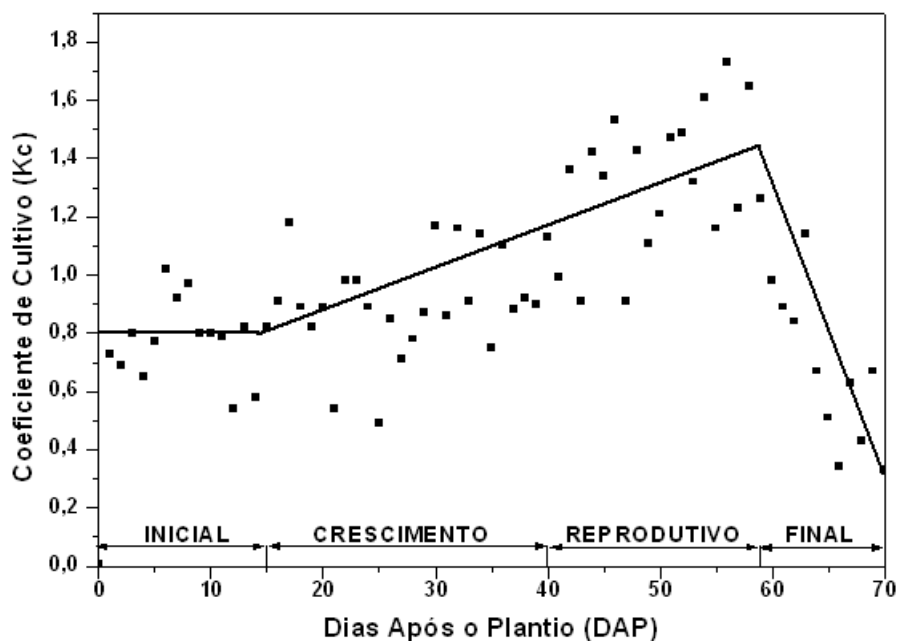


Figura 4. Valores do coeficiente de cultivo (K_c) ao longo do ciclo de cultivo do feijão-caupi e curva de K_c . Alvorada do Gurguéia –PI, 2005.

6 CONCLUSÕES

A evapotranspiração do feijão-caupi foi de 288,5 mm para todo o ciclo da cultura, correspondente a um valor médio de $4,1 \text{ mm dia}^{-1}$;

O estágio fenológico de maior demanda hídrica foi o reprodutivo, com $5,4 \text{ mm dia}^{-1}$;

O coeficiente de cultivo (K_c), nas condições de solo e clima do Vale do Gurguéia, com irrigação a cada dois dias, apresentou valores de 0,8 no estágio inicial; 0,8 a 1,1, no estágio de crescimento; 1,1 a 1,4 no estágio reprodutivo e de 1,4 a 0,3 no estágio final.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. V. de; LEÃO, M. C. S; SAUNDERS, L. C. U. Determinação do consumo de água pelo caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) irrigado em Bragança – Pará. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 23, n. 1/2, p. 33-37, 1992.

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper**, Rome, n. 56, p. 1-300, 1998.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Cultivo do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2002. 108 p. (Sistemas de produção, 2).

ANDRADE, C. L. T. et al. **Coefficientes de cultivo e de irrigação para o caupi**. Teresina, EMBRAPA, CNPAI, 1993. 6 p. (Comunicado Técnico, 9).

- BASTOS, E. A. **Adaptação do modelo CROPGRO para simulação do crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 1999. 105 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- CAMPECHE, L. F. S. M. **Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração da cultura da lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tan.)**. 2002. 67 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.
- ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. **Estimativa da evapotranspiração máxima e coeficientes de cultivo para a cultura do feijão-caupi e milho**. Mossoró: ENA/ESAM, 1989. 32 p (Boletim técnico-científico, 9).
- FREIRE FILHO, F. R. et al. **BR 17-Gurguéia: nova cultivar de caupi com resistência a vírus para o Piauí**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 1994. 6 p. (Comunicado Técnico, 61).
- HOWELL, T. A.; SCHNEIDER, A. D.; JENSEN, M. E. History of lysimeter design and use for evapotranspiration measurements. In: ALLEN, R. G. et al. (Ed). **Lysimeter for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1991. p. 1-9.
- LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA**, Rio de Janeiro, IBGE, v.8, n.12, 1996. 70p.
- SILVA, C. R. da. et al. Variação sazonal na evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida ‘Tahiti’. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.1, p.26-35, 2006.
- SOUZA, M. S. M. de; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. Coeficientes de cultura do feijão-caupi caupi na Região Litorânea do Ceará. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 241–248, 2005.