

Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro

Luciana Sandra Bastos de Souza ^(1*); Magna Soelma Beserra de Moura ⁽²⁾; Gilberto Chohaku Sedyama ⁽³⁾; Thieres George Freire da Silva ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal de Viçosa (UFV), Programa de Pós-graduação em Meteorologia Agrícola, 36570-000 Viçosa (MG).

⁽²⁾ Embrapa Semiárido, Caixa Postal 23, 56302-970 Petrolina (PE)

⁽³⁾ UFV, 36570-000 Viçosa (MG).

⁽⁴⁾ Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), Caixa Postal 063 Serra Talhada (PE).

(*) Autora correspondente: sanddrabastos@yahoo.com.br

Recebido: 29/ago./2010; Aceito: 18/mar./2011

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a resposta produtiva, a eficiência do uso de água e a viabilidade econômica de cultivos de milho e de feijão-caupi em sistemas de plantio exclusivo e consorciado na região semiárida do Nordeste brasileiro. O experimento foi desenvolvido no município de Petrolina (PE). As culturas, nos diferentes sistemas de plantio (exclusivo e consorciado), foram submetidas a cinco lâminas de irrigação, aplicadas logo após o pendoamento no milho e na fase de floração do feijão-caupi aos 40 dias depois da semeadura. Combinando as configurações de sistema de cultivo e as diferentes lâminas de irrigação, as culturas do milho e do feijão-caupi foram submetidas a 15 tratamentos distintos. Para avaliar o desempenho das culturas nos diferentes tratamentos foram utilizados indicadores que consideram a resposta produtiva da cultura e o desempenho de aplicação de água no sistema de produção. Estes foram calculados por meio de dados de rendimento total, da relação entre os preços da produção comercial de grãos e da lâmina de água aplicada ao sistema. A produtividade de grãos das culturas do milho e feijão-caupi em resposta à disponibilidade hídrica no solo foi menor no plantio consorciado, em relação ao plantio exclusivo. Mesmo assim, em termos econômicos a adoção do consórcio foi mais vantajosa.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Vigna unguiculata* e consórcio.

Water use efficiency of cowpea and maize crops on single and intercropping systems in the Brazilian semiarid region

Abstract

This study aimed to analyze the productivity, the water use efficiency, and the economical viability for corn and cowpea crops on single and intercropping systems in the Brazilian semiarid region. The experiment was carried out at Petrolina, State of Pernambuco. The crops, in different planting systems (single and intercropping), underwent the five blades of irrigation, applied at the flowering stage of cowpea to 40 days after sowing. Combining the settings of cultivation system and the different depths of irrigation, crops of maize and cowpea were subjected to 15 different treatments. To evaluate the performance of crops in the different treatments indicators that consider the production response of crops and the performance of the application of water in the production system were used. The grain yield responses of maize and cowpea to the soil water content were reduced in intercropped plantations, in relation to single cropping. Even so, in economic terms, the adoption of maize-cowpea proved to be more advantageous in all treatments.

Key words: *Zea mays*, *Vigna unguiculata* and intercropping.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura familiar é um segmento da atividade agrícola com ampla relevância, em âmbito nacional, na produção de alimentos básicos consumidos pela população brasileira, sendo responsável por 49% do milho (*Zea mays* L.) e 67% do feijão (*Vigna unguiculata*) produzidos no País (LISITA, 2009). O milho é um dos principais cereais produzidos no mundo e o mais cultivado no Brasil, mas tem enorme contraste de produtividade entre as diferentes regiões do país, em decorrência das diferentes condições climáticas e de cultivo às quais a cultura é submetida. Por sua vez, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é a mais importante leguminosa de grãos do Semiárido brasileiro e exerce a função de suprir parte das necessidades protéicas das populações mais carentes dessa região (AGRIANUAL, 2009).

Diante deste contexto, tem-se verificado ampla utilização dessas culturas em sistema de plantio consorciado, melhorando o aproveitamento das áreas de cultivo, incrementando o retorno econômico dos produtores e aumentando a oferta de alimentos para a população local (ANDRADE et al., 2001; MUSHAGALUSA et al., 2008). No Brasil, o consórcio entre as culturas do milho e do feijão é o de maior relevância, principalmente para os pequenos produtores da região semiárida do nordeste brasileiro.

O milho e o feijão-caupi são culturas bem adaptadas às regiões tropicais e subtropicais com alta disponibilidade de água, nutrientes e radiação solar, onde produzem grande quantidade de biomassa. Contudo, no Nordeste brasileiro essas culturas são cultivadas principalmente em regime dependente de chuvas. Assim, estão sujeitas a períodos de deficiência hídrica, devido à irregularidade da precipitação pluvial e ao manejo inadequado, que geralmente resultam em reduções expressivas da produção de biomassa e em baixas produtividades. Sob condições de estresse, as respostas fisiológicas das plantas são modificadas, dependendo da duração, severidade e da fase fenológica de ocorrência (MOURA et al., 2006).

A utilização de indicadores da eficiência do uso de água (EUA) é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água, pois relaciona a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (LIU e STUZEL, 2004; PUPPALA et al., 2005). Estudos também têm sido realizados para analisar a eficiência dos cultivos consorciados, visando ao conhecimento da viabilidade dos mesmos. Nesse contexto, as pesquisas devem ser direcionadas para alcançar altos valores do índice de produção equivalente e da EUA, sem redução acentuada da produtividade (GAO et al., 2009; DETAR, 2009; MURTAZA et al., 2006). Assim, este estudo teve o objetivo de analisar a resposta produtiva, a eficiência do uso de água e a viabilidade de cultivos de milho e de feijão-caupi em sistemas de plan-

tio exclusivo e consorciado nas condições climáticas do Semiárido brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no município de Petrolina (PE), em solo classificado como Podzólico Amarelo eutrófico latossólico com fragipá, textura média, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano, moderadamente drenado, com lençol freático a 1,80 m de profundidade. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como BSw_h' (Semiárido com temperaturas médias anuais elevadas, da ordem de 26,3 °C, e precipitação pluvial média de 548,7 mm).

O preparo do solo consistiu na realização de aração e gradagem, suficientes para o completo destorroamento do solo. A adubação de base foi realizada a partir da interpretação da análise de solo, aplicando-se 90-70-50 kg ha⁻¹ e 0-50-50 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente, para o milho e o feijão, por ocasião do plantio.

Utilizaram-se as cultivares Caatingueiro para o milho e Pujante para o feijão-caupi, ambas submetidas aos sistemas de plantio exclusivo (PE) e consorciado (PC), irrigados por gotejamento com emissores espaçados a cada 0,5 m. Em ambos os casos, a semeadura foi realizada em 20 de dezembro de 2007.

O sistema de plantio exclusivo do feijão-caupi (PEF) foi implantado no espaçamento de 0,50 m entre fileiras e 0,50 m entre plantas, e duas plantas por cova com uma densidade média de 80.000 plantas ha⁻¹. Por outro lado, a cultura do milho (PEM) foi semeada no espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 0,2 m entre plantas, totalizando densidade no plantio de 50.000 plantas ha⁻¹. No sistema consorciado com o milho e feijão-caupi (PCMF), o espaçamento entre as fileiras foi de 0,50 m, sendo a densidade de plantas na ordem de 50.000 e 40.000 plantas por hectare respectivamente.

Durante o experimento, foram realizadas avaliações da fenologia das culturas, por meio de visitas diárias à área experimental para observação visual do desenvolvimento das culturas, identificação das datas de ocorrência dos eventos fenológicos e delimitação da duração dos subperíodos, adotando-se o método proposto CRUZ et al. (2006) e FERNANDÉZ et al. (1982).

Tratamentos e delineamento experimental

As culturas nos diferentes sistemas de plantio foram submetidas a lâminas de irrigação correspondente a 100% da evapotranspiração de referência (ET_o) até os 40 dias após a semeadura (que coincidiu com o pendoamento

no milho e a fase de floração do feijão-caupi, uma vez que a semeadura de ambas as culturas foi realizada simultaneamente) quando foi iniciada a aplicação dos tratamentos que consistiram em cinco diferentes lâminas de irrigação. As lâminas d'água foram baseadas nos valores relativos a ETo , tal como segue: L0 = 0% da ETo , L50 = 50% da ETo , L75 = 75% da ETo , L100 = 100% da ETo e L125 = 125% da ETo . A reposição de água no solo foi realizada por um sistema de gotejamento com turno de rega de dois dias. Combinando as três configurações de sistema de cultivo (PCMF, PEF e PEM) e as cinco lâminas de irrigação, as culturas do milho e feijão-caupi foram submetidas a quinze tratamentos distintos: PCMF-L125, PCMF-L100, PCMF-L75, PCMF-L50, PCMF-L0, PEF-L125, PEF-L100, PEF-L75, PEF-L50 e PEF-L0, PEM-L125, PEM-L100, PEM-L75, PEM-L50 e PEM-L0.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições para cada tratamento. Nos sistemas PEM e PEF, a parcela experimental foi composta por quatro fileiras de 16 m de comprimento, espaçadas de 1,0 m e 0,5 m, sendo as áreas úteis iguais a 16 m² e 8 m² para ambos os sistemas exclusivos na ordem em que foram citados. O sistema consorciado foi disposto no arranjo intercalar (1:1) com associação de uma fileira de milho e uma de feijão-caupi. A parcela foi constituída de seis linhas espaçadas de 0,5 m com 16 m de comprimento. A área útil de cada parcela constou das duas linhas centrais, desconsiderando-se 0,5 m de bordadura em cada extremidade da parcela, totalizando 40 m².

Dados de produção

A colheita da cultura do feijão-caupi foi realizada em 5 de março de 2008, e a do milho ocorreu em 7 de abril de 2008. O procedimento adotado para análise do rendimento das plantas foi o mesmo para ambas as culturas, compreendendo a coleta de todas as plantas da parcela útil de cada tratamento, que foi subdividida em três repetições, de onde foram retiradas as vagens do feijão-caupi e as espigas do milho. Esses materiais foram acondicionados em sacos, para análise da produção total.

Indicadores de eficiência do uso da água e de produção equivalente

A eficiência do uso da água (EUA_g) (kg ha⁻¹ mm⁻¹) foi calculada relacionando a produção de grãos (PG) e a lâmina de água aplicada, utilizando a seguinte expressão (GEERTS e RAES, 2009; LACERDA et al., 2009):

$$EUA_g = \frac{PG}{LI} \quad (1)$$

em que, PG = produção de grãos (kg ha⁻¹) e LI = lâmina de irrigação acumulada (mm).

O índice de produção equivalente (Y_e) foi determinado para o sistema de produção consorciado, por meio da relação entre os preços da produção comercial de grãos de ambas as culturas. Considerando o milho como a cultura de referência, os valores de Y_e foram obtidos pela seguinte equação (FERREIRA, 2007):

$$Y_e = Y_m \cdot r \cdot Y_f \quad (2)$$

em que, Y_e é expresso em kg ha⁻¹; Y_m = produção de grãos de milho no cultivo consorciado (kg ha⁻¹); Y_f = produção de grãos de feijão-caupi no cultivo consorciado (kg ha⁻¹); e, r = relação entre os preços do feijão-caupi e do milho (adimensional).

Os valores de r_{med} foram estimados utilizando os dados médios e o desvio-padrão dos preços mínimos do milho e do feijão-caupi, obtidos junto ao MAPA (2009), no período de 2000 a 2007. Por meio destes dados, também foram calculados os valores de r_{max} e r_{min} .

$$r_{med} = \left(\frac{PMF_{med}}{PMM_{med}} \right) \quad (3)$$

em que, PMF_{med} = valor médio do preço mínimo do feijão-caupi (R\$); e, PMM_{med} = valor médio do preço mínimo do milho (R\$).

$$r_{max} = \left(\frac{PF_{max}}{PM_{max}} \right) \quad (4)$$

em que, PF_{max} = média mais o desvio-padrão do preço mínimo do feijão-caupi, R\$; PM_{max} = média mais o desvio-padrão do preço mínimo do milho, R\$.

$$r_{min} = \left(\frac{PF_{min}}{PM_{min}} \right) \quad (5)$$

sendo, PF_{min} = média menos o desvio-padrão do preço mínimo do feijão-caupi, R\$; PM_{min} = média menos o desvio-padrão do preço mínimo do milho, R\$.

Os dados obtidos ao longo do período experimental foram avaliados estatisticamente por meio da análise de variância – ANOVA: os efeitos individuais dos tratamentos e as interações entre os fatores (lâmina de irrigação e sistema de plantio) foram obtidos pelo teste de Tukey e análise de regressão, considerando todos os testes estatísticos ao nível de 5% de probabilidade. Para os parâmetros avaliados em que houve uma resposta expolinear na última avaliação, realizou-se a determinação da produtividade máxima por meio da derivada primeira da equação

correspondente, obtendo-se o valor de lâmina d'água que iguala a função derivada a zero.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o rendimento do milho nos dois sistemas de plantio, observa-se que a maior lâmina de irrigação (125% da ETo) promoveu incrementos significativos na produção, da ordem de 3.860,0 kg ha⁻¹ e de 3.476,67 kg ha⁻¹ para as lâminas totais de 499,1 mm e 558,3 mm nos sistemas de plantios exclusivo e consorciado, respectivamente (Tabelas 1 e 2). Contudo, verificou-se nas condições avaliadas que a relação entre a produção de grãos da cultura do milho em função da lâmina de irrigação foi linear, conforme apresentado na figura 1. Este comportamento induz a afirmação de que a cultura ainda poderia proporcionar maiores valores de produção com o aumento da lâmina aplicada.

Os valores de produção obtidos no presente estudo são inferiores aos reportados por CARVALHO et al. (2004) que, estudando esta mesma variedade de milho, sob diferentes regiões do Semiárido do Nordeste, obtiveram um rendimento médio de grãos em torno de 4.129 kg ha⁻¹. Porém, situam-se acima da média nacional, que é da ordem de 3.250 kg ha⁻¹ (CRUZ et al., 2006). Estes resultados podem ser explicados devido à variedade Caatingueiro (desenvolvida no programa de melhoramento de milho no Brasil) ser uma cultivar superprecoce adaptada às con-

dições de semiaridez (PATERNIANI, 1993; VENCOSKY e RAMALHO, 2000).

Para o feijão-caupi em sistema de plantio exclusivo, a aplicação da lâmina de 100% da ETo resultou em maior produtividade de grãos (PG), totalizando 1.374,7 kg ha⁻¹. A aplicação da lâmina de 125% da ETo resultou em produtividade de 1.320,7 kg ha⁻¹, indicando aplicação excessiva de água. No sistema consorciado, a produção foi crescente com o incremento de água e os maiores rendimentos foram obtidos com a lâmina de 125% da ETo, que proporcionou produtividade média igual a 622,3 kg ha⁻¹ (Tabela 2). ANDRADE JÚNIOR et al. (2002) estudou a resposta da cultura do feijão-caupi cv. Gurguéia a diferentes lâminas de irrigação, nas condições do Piauí, e verificaram que o aumento da lâmina de irrigação além do valor considerado ótimo ocasionou um decréscimo da produção, sendo obtida a máxima produção com aplicação da lâmina de 449 mm. JADOSKI et al. (2003) trabalharam com a cultura do feijoeiro em sistema exclusivo e constataram que, quando submetida ao excesso de umidade, a cultura pode ter seu rendimento reduzido em até 50%.

Em relação à produtividade máxima para o rendimento de grãos para o feijão-caupi, observou-se que o maior valor foi para a lâmina de 449 mm no sistema de plantio exclusivo, que resultou em um rendimento médio de 1.376,9 kg ha⁻¹ (Figura 2). Esse resultado está acima da média de produção nacional que é de 856 kg ha⁻¹. Para o sistema consorciado, a lâmina que promoveu a produtividade

Tabela 1. Lâmina de água aplicada (LI), produtividade de grãos e eficiência do uso de água (EUA) das culturas do milho e feijão-caupi em sistema de plantio exclusivo, submetidas a diferentes lâminas de água, no Semiárido brasileiro

Tratamento	LI (mm)		Produção (kg ha ⁻¹)		EUA (kg m ⁻³)	
	Feijão-Caupi	Milho	Feijão-Caupi	Milho	Feijão-Caupi	Milho
125% da ETo	476,6a	499,1a	1.320,7b	3.860,0d	27,7a	77,3c
100% da ETo	448,7b	471,2b	1.374,7b	3.418,3cd	30,6a	72,5bc
75% da ETo	420,8c	443,3c	1.316,5b	3.005,0 bc	31,3a	67,8bc
50% da ETo	392,9d	415,4d	866,0ab	2.433,3ab	22,0a	58,6ab
0% da ETo	337,1e	359,5e	571,4a	1.655,0a	17,0a	46,3a
	*****	*****	1.219,5	3.179,2	27,9	69,1

Tabela 2. Lâmina de água aplicada (LI), produtividade de grãos e eficiência do uso de água (EUA) das culturas do milho e feijão-caupi em sistema de plantio consorciado, submetidas a diferentes lâminas de água, no Semiárido brasileiro

Tratamento	LI (mm)		Produção (kg ha ⁻¹)		EUA (kg m ⁻³)	
	Feijão-Caupi	Milho	Feijão-Caupi	Milho	Feijão-Caupi	Milho
125% da ETo	520,2a	558,3a	622,3a	3.476,7b	11,96a	62,28a
100% da ETo	491,7b	529,8b	556,0a	2.865,8ab	11,30a	54,10a
75% da ETo	464,2c	502,3c	609,0a	2.600,0ab	13,12a	51,76a
50% da ETo	436,3d	474,4d	373,7a	2.098,3ab	8,56a	44,23a
0% da ETo	383,0e	421,1e	138,3a	1.506,7a	3,61a	35,78a
	*****	*****	459,9	2.509,5	9,7	49,6

Valores seguidos de mesma letra não se diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

máxima foi de 501 mm, com rendimento médio de 624,6 kg ha⁻¹ (Figura 2). Tais constatações demonstram a viabilidade da produção da variedade Pujante nas condições de Semiárido brasileiro, principalmente sob irrigação.

A produção média do milho, em consorciação com o feijão-caupi, teve um decréscimo de 13% em relação ao monocultivo. Para o feijão-caupi, essa redução foi da ordem de 66%. Essas diferenças foram significativas, e podem ser atribuídas a duas causas: a) o uso de menor número de plantas de feijão no sistema consorciado; e b) a competição por água e radiação solar exercida pelo milho (FLESCH, 2002). Quando se estabeleceu uma comparação entre os rendimentos obtidos para as diferentes lâminas, constatou-se que na cultura do milho, em ambos os sistemas de plantio, houve redução na produção de grãos da ordem de 15%, 25%, 40% e 57% para os tratamentos de 100%, 75%, 50% e 0% da ETo respectivamente, quando comparadas ao tratamento 125% da ETo. Para o feijão-caupi, essas diferenças foram de 4%, 4%, 23% e 48%, quando comparadas à lâmina que forneceu a maior produção no sistema exclusivo (100% ETo), no sistema consorciado a diferença foi de 11%, 2%, 40% e 78%, respectivamente, para os tratamentos de 100%, 75%, 50% e 0% da ETo, em relação à lâmina de 125% da ETo.

Na tabela 1 também são demonstrados os dados referentes à eficiência do uso de água das culturas do milho e feijão-caupi em sistemas de plantio exclusivo e consorciado, submetidas às diferentes lâminas de água. Observa-se que houve diferença significativa entre as lâminas de água aplicadas ($p < 0,05$). No caso do milho em sistema de plantio exclusivo, verificou-se que a eficiência do uso de água (EUA) aumentou com o incremento da lâmina de água aplicada, sendo a maior EUA obtida com a lâmina de 125% (Figura 3). Tal comportamento pode ser explicado pelo fato da cultura do milho ter maior resposta produtiva ao incremento da lâmina de água, como verificado na figura 1. No caso do feijão-caupi, em sistema de plantio exclusivo, verificou-se que a EUA tende a decrescer com o incremento da lâmina de água aplicada (Figura 4). Assim, vale ressaltar que, apesar de a lâmina 100% ter proporcionado maior produção de grãos, a análise da eficiência de uso de água mostra que a lâmina 75% da ETo foi mais eficiente, com 31,3 kg m⁻³ de água aplicada. O mesmo comportamento foi verificado para o sistema de plantio consorciado, em que a lâmina de 75% da ETo proporcionou os maiores valores de EUA (13,1 kg m⁻³) (Figura 4). Resultados semelhantes foram observados por ANDRADE JÚNIOR et al., (2002) em estudo realizado com a cultivar de feijão BR14 Mulato sob quatro diferentes lâminas de irrigação (449,1; 428,6; 317,1 e 194,4 mm), em que os autores verificaram valores máximos de eficiência do uso da água para a lâmina de irrigação de 306,3 mm.

Para a estimativa da medida de eficiência técnica e econômica do consórcio em comparação aos cultivos exclusivos de milho e feijão-caupi usou-se o índice de produção equivalente com base na relação de preços das culturas, optando pela produção equivalente do milho. Segundo esse índice, admite-se como vantajosa a utilização do sistema consorciado quanto maior for a produção equivalente comparada à produção do milho em sistema exclusivo. Os valores médios referentes às relações de preços baseadas no preço mínimo médio ($Y_{er_{med}}$), preço mínimo mais desvio-padrão ($Y_{er_{max}}$) e preço mínimo menos desvio-padrão ($Y_{er_{min}}$) em função das lâminas totais aplicadas nas culturas de feijão-caupi e milho em sistema de cultivo consorciado são

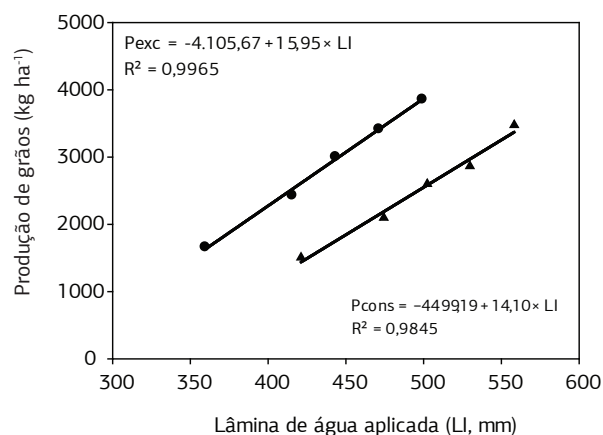


Figura 1. Produtividade de grãos do milho em função das lâminas de irrigação aplicadas (LI) nos sistemas de plantio exclusivo (• - PE) e consorciado (▲ - PC), nas condições de Semiárido brasileiro, Petrolina (PE), 2008. Cada símbolo representa o valor médio de três repetições.

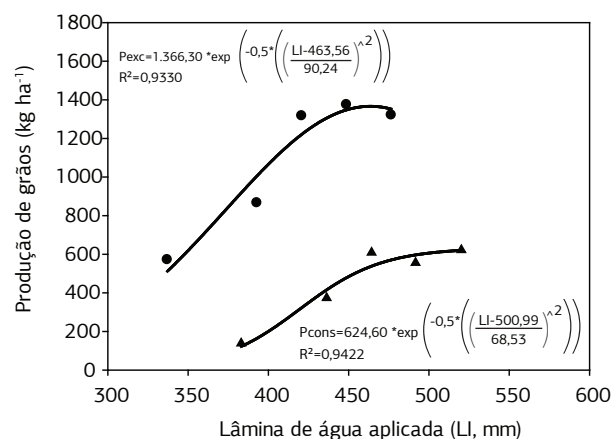


Figura 2. Produtividade de grãos do feijão-caupi em função das lâminas de irrigação aplicadas (LI) nos sistemas de plantio exclusivo (• - PE) e consorciado (▲ - PC), nas condições de Semiárido brasileiro, Petrolina (PE), 2008. Cada símbolo representa o valor médio de três repetições.

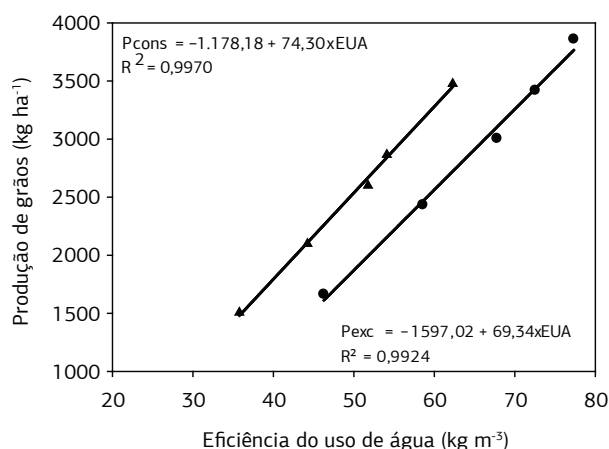


Figura 3. Produtividade de grãos do milho em função em função da eficiência do uso de água (EUA) nos sistemas de plantio exclusivo (• - PE) e consorciado (▲ - PC), nas condições de Semiárido brasileiro, Petrolina (PE), 2008. Cada símbolo representa o valor médio de três repetições.

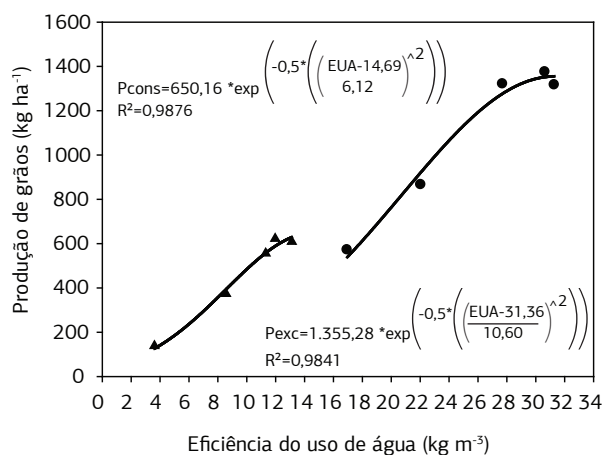


Figura 4. Produtividade de grãos do feijão-caupi em função em função da eficiência do uso de água (EUA) nos sistemas de plantio exclusivo (• - PE) e consorciado (▲ - PC), nas condições de Semiárido brasileiro, Petrolina (PE), 2008. Cada símbolo representa o valor médio de três repetições.

apresentados na tabela 3. A produção equivalente do milho (Yer_{med}) oscilou de 4.719,3 a 1.782,9 kg ha⁻¹, obtida com as lâminas de irrigação de 558,3 e 421,1 mm respectivamente. Não houve variação sensível na produção equivalente de milho quando foram utilizadas as diferentes relações de preços (r_{med} , r_{max} e r_{min}), motivo pelo qual se adotou a relação r_{med} para análise dos resultados.

No presente estudo, os valores do índice de produção equivalente (Yer_{med}) do cultivo consorciado foram superiores aos valores de grãos produzidos em cultivo exclusivo (Tabela 3), indicando que o consórcio foi mais vantajoso que o cultivo solteiro. Estes resultados são discordantes aos reportados por FERREIRA et al. (2007), que avaliando a eficiência do consórcio em Teresina-PI, constatou que economicamente a utilização do consórcio (1052,69 kg ha⁻¹) só foi vantajosa com a utilização da menor lâmina de irrigação (379,8 mm). Os resultados constantes do presente estudo sugerem que o consórcio deve ser estimulado, notadamente, junto aos pequenos produtores.

4. CONCLUSÃO

A produtividade de grãos das culturas do milho e do feijão-caupi em resposta ao volume de água aplicado foi menor nos plantios consorciados em relação aos exclusivos. Contudo, em termos econômicos, a adoção do consórcio é mais vantajosa e, desta forma, sugere-se que o plantio consorciado deve ser estimulado.

A eficiência de uso de água das culturas do milho e do feijão-caupi foi superior no plantio exclusivo em relação ao consorciado.

A aplicação da lâmina correspondente a 75% da evapotranspiração de referência, para o feijão-caupi durante a fase de floração, resultou na eficiência máxima do uso da água. O incremento de água acima desse valor para o aumento da produção só deve ser efetuado se a água não for um fator limitante na região.

Tabela 3. Produção equivalente em milho baseada no preço mínimo médio (Yer), preço mínimo mais desvio padrão (Yer_{max}) e preço mínimo menos desvio-padrão (Yer_{min}) em função das lâminas totais aplicadas (LI), nas culturas de feijão-caupi e milho em sistema de cultivo consorciado.

Tratamento	LI (mm)		Produção milho exclusivo (kg ha ⁻¹)	Produção milho consórcio (kg ha ⁻¹)	Yer	Yer _{max}	Yer _{min}
	Feijão-Caupi	Milho					
125% da ETo	520,2a	558,3a	3.860,00	3.476,67	4.719,54	4.668,58	4.813,00
100% da ETo	491,7b	529,8b	3.418,33	2.865,83	3.976,23	3.930,70	4.059,73
75% da ETo	464,2c	502,3c	3.005,00	2.600,00	3.816,24	3.766,37	3.907,71
50% da ETo	436,3d	474,4d	2.433,33	2.098,33	2.844,59	2.813,99	2.900,71
0% da ETo	383,0e	421,1e	1.663,33	1.506,67	1.782,93	1.771,61	1.803,71
	*****	*****	2.876,00	2.509,50	3.427,91	3.390,25	3.496,97

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao MDA (Ministério do Desenvolvimento Agrário), à Embrapa pelo apoio financeiro, à Universidade Federal de Viçosa pela infraestrutura e à FAPEMIG pela concessão de bolsa de estudos do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2009: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e comércio. 2009. p.384.
- ANDRADE, M.J.B.; MORAIS, A.R.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, M.V. Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com milho-pipoca. *Ciência e Agrotecnologia*, v.25, p. 242-250, 2001.
- ANDRADE JUNIOR, A.S.; RODRIGUES, B.H.N.; FRIZZONE, J.A.; CARDOSO, M.J.; BASTOS, E.A.; MELO, F.B. Níveis de irrigação na cultura do feijão-caupi. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.17-20, 2002.
- CARVALHO, H.W.L.; SANTOS, M.X.; SILVA, A.A.G.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, D.M.; TABOSA, J.N.; FILHO, M.M.; LIRA, M.A.; BONFIM, M.H.C.; SOUZA, E.M.; SAMPAIO, G.V.; BRITO, A.R.M.B.; DOURADO, V.V.; TAVARES, J.A.; NETO, J.G.N.; NASCIMENTO, M.M.A.; FILHO, J.J.T.; JUNIOR, A.S.A.; CARVALHO, B.C.L. Caatingueiro – Uma variedade de milho para o Semi-árido Nordeste. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2004/cot-29.pdf. Acesso em: 11/3/2007.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; NETO, M.M.G.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F.; SANTANA, D.P. In: Manejo da cultura do milho. EMBRAPA MILHO E SORGO, 2006. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/Circulares%20tecnicas/Circular%2087.pdf>. Acesso em 16/3/2007.
- DETAR, W.R. Crop coefficients and water use for cowpea in the San Joaquin Valley of California. *Agricultural Water Management*, v.96, p.53-66, 2009.
- FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, G. M. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. 26p.
- FERREIRA, V.M. Definição de parâmetros para estimativa de risco climático no consórcio milho x feijão-caupi. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007.
- FLESCH, R.D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.37, p. 51-56, 2002.
- GAO, Y.; DUAN, A.; SUN, J.; LI, F.; LIU, Z.; LIU, H.; LIU, Z. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip. *Intercropping*. *Field Crops Research*, v.111, p.65-73, 2009.
- GEERTS, S.; RAES, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*, v.96, p.1275-1284, 2009.
- JADOSKI, S.O.; CARLESSO, R.; MELO, G.L.; RODRIGUES, M.; FRIZZO, Z. Manejo de irrigação para maximização do rendimento de grãos do feijoeiro. *Irriga*, v.8, p.1-9, 2003.
- LACERDA, C.F.; NEVES, A.L.R.; GUIMARÃES, F.V.V.; SILVA, F.L.B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H.R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.221-230, 2009.
- LISITA, F.O. Agricultura familiar. 2009. Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br/linhas_de_acao/desenvolvimento/agri_familiar/index_html/mostra_documento>. Acesso em: 19/4/2010.
- LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*, v.102, p.15-27, 2004.
- MAPA. MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO. Dados estatísticos, preços mínimos “feijão – caupi e Milho”. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/> Acesso em: 9/8/2009.
- MOURA, E.G.; TEIXEIRA, A.P.R.; RIBEIRO, V.S.; AGUIAR, A.C.F.; FARIAS, M. F. Crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da Pré-Amazônia. *Irriga*, v.11, p.169-177, 2006.
- MURTAZA, G.; GHAFOR, A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. *Agricultural Water Management*, v.81, p.98-114, 2006.
- MUSHAGALUSA, G.N.; LEDENT, J.F.; DRAYE, X. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany*, v.64, p.180-188, 2008.
- PATERNIANI, E. Métodos tradicionais de melhoramento de milho. In: BULL, L.T.; CHANTARELLA, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301p.
- PUPPALA, N.; FOWLER, J.L.; JONES, T.L.; GUTSCHICK, V.; MURRAY, L. Evapotranspiration, yield, and water-use efficiency responses of Lesquerella fendleri at different growth stages. *Industrial Crops and Products*, v.21, p.33-47, 2005.
- VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M.A.P. Contribuição do melhoramento genético de plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. Brasília: EMBRAPA, 2000. 194p.