

ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DA NECESSIDADE DE ÁGUA DA MAMONEIRA EM MONOCULTIVO E CONSORCIADA COM FEIJÃO-CAUPI¹

Aderson Soares de Andrade Júnior¹; Francisco de Brito Melo¹; Rafael Maschio²; Valdenir Queiroz Ribeiro¹; Eddie Leal da Costa Morais³

¹Embrapa Meio-Norte, aderson@cpamn.embrapa.br; ²Estudante de agronomia, CCA – UFPI, Bolsista FUNCAMP / Embrapa Meio-Norte, rafael.maschio@cpamn.embrapa.br; ³Agrônomo, Bolsista Embrapa Meio-Norte

RESUMO – A determinação dos valores de índice de satisfação da necessidade de água (ISNA's) é fundamental para indicar a quantidade de água que a planta consome em relação à quantidade máxima de água que a planta consumiria, na ausência de restrição hídrica. O presente trabalho teve por objetivo determinar os valores de ISNA's para a mamoneira (*Ricinus communis* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), em cultivo solteiro e consorciado, sob condições de estresse hídrico, visando subsidiar os modelos de estimativa de risco climático. O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, no Município de Alvorada do Gurguéia, PI. Houve tendência de redução dos valores de ISNA's e de rendimentos de grãos de feijão-caupi e de bagas de mamona, em cultivo solteiro e consorciado, à medida que os níveis de déficit hídrico no solo aumentaram com a imposição das lâminas de irrigação decrescentes nas parcelas, com o uso do sistema de irrigação "line source sprinkler system". Com a imposição dos menores níveis de estresse hídrico no solo, os valores de ISNA's para o cultivo solteiro foram 0,66, para o feijão-caupi, e 0,566, para a mamoneira. Para o cultivo consorciado, o ISNA foi 0,728, indicando haver uma maior exigência hídrica sob essa condição.

Palavras-chave: demanda hídrica, ISNA, FDR, balanço de água, zoneamento

INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil, a mamoneira é cultivada, em quase sua totalidade, em regime de sequeiro e em consórcio, notadamente, com o feijão-caupi. Ao utilizar o consórcio, o agricultor familiar garante maior estabilidade de rendimentos, maior aproveitamento dos recursos naturais, redução da erosão do solo, maior diversidade alimentar, maior ocupação de mão-de-obra e supressão natural de plantas daninhas (AZEVEDO et al., 1997).

A mamona (*Ricinus communis* L.) é um arbusto de cujo fruto se extrai um óleo de excelentes propriedades, de largo uso como insumo industrial. Da industrialização da mamona, obtém-se, como produto principal, o óleo, como subproduto, a torta de mamona, que possui a capacidade de recuperar áreas com a fertilidade degradada, sendo usada também para o controle de nematóides

¹ Projeto financiado com recursos do CNPq (Processo nº 473.679/2006-0).

do solo (MELO et al., 2003).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma excelente fonte de proteína vegetal e possui todos os aminoácidos essenciais, carboidratos, vitaminas e minerais (CARDOSO et al., 1994). Por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, tem a habilidade de fixar nitrogênio do ar, elemento químico exigido em grandes quantidades, tanto pela mamona quanto pelo feijão-caupi para o seu desenvolvimento vegetativo e produtivo (MELO et al., 2003). Por essa característica, é uma excelente alternativa para o consórcio com a mamona.

A quantidade de água consumida pela planta em condições naturais de disponibilidade hídrica (evapotranspiração real – ETr) em relação ao consumo de água da planta sem restrição hídrica no solo (evapotranspiração da cultura – ETc), fornece o consumo relativo de água, representado pelo índice ETr/ETc, ou seja, indica a quantidade de água que a planta consome, em relação à quantidade máxima de água que a planta consumiria, na ausência de restrição hídrica. É um índice, também denominado índice de satisfação das necessidades de água (ISNA), de grande utilidade em estudos agrometeorológicos, sendo utilizado recentemente em trabalhos de zoneamento de risco climático.

Entretanto, os valores de ISNA usados nos estudos de zoneamento de risco climático no país, são obtidos na literatura, sob cultivo solteiro e em condições edafoclimáticas distintas. Por isso, desenvolveu-se esta pesquisa visando determinar o ISNA para o consórcio mamona – feijão-caupi, sob condição de estresse hídrico, de forma a subsidiar os modelos de estimativa de riscos climáticos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Alvorada do Gurguéia, PI (8°26'S, 43°52'W e 280 m). O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo, cujas características químicas e físico-hídricas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. O clima local, segundo Thornthwaite e Mather (1955), é sub-úmido seco (C1) (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). Avaliou-se a mamoneira, cultivar BRS – Nordeste, em monocultivo e consorciada com feijão-caupi, cultivar BRS – Guariba.

O plantio da mamoneira foi realizado no dia 08/05/2007, em um espaçamento de 3,0 m x 1,0 m, em ambos os sistemas de cultivo (solteiro e consorciado). A semeadura do feijão-caupi ocorreu em 29/05/2007, em um espaçamento de 0,50 m x 0,25 m, nos dois sistemas de cultivo, 20 dias após a semeadura da mamoneira, de modo a fazer coincidir as fases críticas das duas culturas. No

sistema consorciado, foram semeadas três fileiras de feijão-caupi entre duas fileiras de mamona, deixando-se 1,0 m de distância da primeira fileira de feijão-caupi para a fileira da mamona. Na adubação de fundação foram aplicados 20 kg/ha de uréia, 350 kg/ha de superfosfato simples e 100 kg/ha de cloreto de potássio. Na mamoneira, em cobertura, foram aplicados 90 kg/ha de uréia, aos 60 dias após o plantio.

O manejo da irrigação foi dividido em três etapas: i) da semeadura até 42 dias após o plantio (DAP) (feijão-caupi) e até os 64 DAP (mamoneira), foram aplicadas lâminas uniformes de irrigação, repondo-se a ETo acumulada, por um sistema de aspersão convencional (12 m x 12 m), de modo a não provocar estresse hídrico às plantas; ii) dos 42 DAP até os 60 DAP (feijão-caupi) e dos 64 até os 90 DAP (mamoneira), foram aplicadas lâminas diferenciadas de irrigação, repondo-se a ETo acumulada, por sistema de irrigação em linha (“line source sprinkler system”) (HANKS et al., 1976); iii) do período de estresse até a colheita, o sistema de irrigação novamente voltou a operar no esquema convencional.

Usou-se o método do balanço de água no solo para as medidas da evapotranspiração real da cultura (ETr). Para tanto, utilizou-se a sonda de capacitância Diviner 2000® para as medidas diárias de conteúdo de água no solo, em camadas de 0,10 m, até a profundidade de 0,50 m. Foram instalados 24 tubos de acesso de PVC, sendo oito em cada sistema de cultivo, dispostos em quatro linhas paralelas ao sistema de irrigação “line source sprinkler system”: mamona solteira (a 0,50 m das fileiras centrais da parcela), feijão-caupi solteiro (entre as fileiras centrais da parcela) e no consórcio mamona – feijão-caupi (entre as fileiras de mamona e feijão-caupi).

Uma vez definida a ETr das culturas, procedeu-se à estimativa dos ISNA’s das culturas, nos sistemas de cultivo solteiro e consorciado. Para simplificar a obtenção dos valores de ISNA, substituiu-se a variável ETc por evapotranspiração de referência (ETo), uma vez que para o cálculo da ETc seria necessária a utilização de valores de coeficientes de cultivo (Kc) definidos nas condições de solo e clima locais. Essa simplificação não compromete a obtenção dos resultados e evita o uso de mais um coeficiente empírico para a estimativa dos ISNA’s (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006; FONTANA et al., 2001).

Os dados climáticos diários foram coletados por uma estação agrometeorológica automática constituída por sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento (2 m), com os quais se estimou a ETo diária pelo método Penman – Monteith.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em cultivo solteiro, os maiores rendimentos de bagas de mamona ($1.475,7 \text{ kg ha}^{-1}$) e de grãos secos de feijão-caupi ($1.362,0 \text{ kg ha}^{-1}$) foram alcançados com a aplicação da lâmina total de irrigação L1 ($751,3 \text{ mm}$) e L3 ($283,1 \text{ mm}$), respectivamente, uma vez que proporcionaram os níveis adequados de umidade no solo e taxas de ETr satisfatórias em relação à ETo (Tabela 3). No caso do feijão-caupi, a melhor resposta produtiva não ocorreu com a aplicação da maior lâmina de irrigação, indicando que a cultura foi mais eficiente na utilização de água em termos produtivos.

De fato, com a aplicação da lâmina de irrigação de $751,3 \text{ mm}$, para a mamoneira, e de $283,1 \text{ mm}$, para o feijão-caupi, obteve-se valores de ISNA de $0,377$, para a mamoneira, e de $0,394$, para o feijão-caupi (Tabela 3). Isso significa que a maior produtividade de grãos do feijão-caupi, em cultivo solteiro, foi obtida com uma taxa de ETr de $39,4\%$ em relação à ETo, enquanto a mamoneira, em cultivo solteiro, a taxa de ETr que proporcionou a maior produtividade foi $37,7\%$ em relação à ETo. Esse resultado demonstra que o uso de valores de ISNA inferiores aos atualmente praticados no zoneamento de risco climático da cultura, permite a incorporação de um maior número de municípios com indicação de cultivo.

Por outro lado, as menores produtividades de bagas de mamona ($812,2 \text{ kg ha}^{-1}$) e de grãos de feijão-caupi ($637,0 \text{ kg ha}^{-1}$) foram alcançados com a aplicação da lâmina de irrigação (L4), devido aos baixos níveis de umidade no solo e às reduzidas taxas de ETr, em relação à ETo. Com a aplicação de $204,6 \text{ mm}$, para o feijão-caupi, e de $430,8 \text{ mm}$, para a mamoneira, obteve-se os menores valores de ISNA's, ou seja, $0,156$, para o feijão-caupi, e de $0,133$, para a mamoneira (Tabela 3). Portanto, a menor produtividade de grãos do feijão-caupi, em cultivo solteiro, foi obtida com uma taxa de ETr de apenas $15,6\%$ em relação à ETo, enquanto a mamoneira, em cultivo solteiro, a menor produtividade de bagas foi obtida com uma ETr de $13,3\%$ em relação à ETo, desaconselhando a utilização desses valores de ISNA no zoneamento de risco climático das culturas.

Em cultivo consorciado, a variabilidade dos valores de ISNA's e de rendimento de bagas da mamoneira e de grãos de feijão-caupi, em função das lâminas de irrigação aplicadas, seguiu a ordem de grandeza das lâminas de irrigação aplicadas (Tabela 4). Porém, como esperado, as produtividades médias de bagas de mamona e de grãos secos de feijão-caupi, em cultivo consorciado (Tabela 4), foram inferiores aos obtidos em cultivo solteiro (Tabela 3). As características de maior competição por água, luz e nutrientes, inerentes ao cultivo consorciado, justificam plenamente esse comportamento produtivo (MELO et al., 2003; 2006). Contudo, os dados de produção equivalente do consórcio (em kg/ha de bagas de mamona) (Tabela 4), obtidos

convertendo-se os dados de produção de grãos de feijão-caupi em bagas de mamona, com base na relação de preços de venda dos produtos, foram superiores aos valores de produção de bagas em cultivo solteiro, indicando que o consórcio foi mais vantajoso em relação ao cultivo solteiro, devendo ser estimulado, notadamente, junto aos agricultores familiares.

Para todas as lâminas de irrigação, os valores de ISNA's para as culturas da mamona e de feijão-caupi, em cultivo consorciado, foram superiores aos obtidos para os cultivos solteiros, demonstrando ter havido maior demanda evapotranspirativa do consórcio, embora a resposta produtiva das culturas não tenha sido superior ao cultivo solteiro. De fato, com a aplicação da maior lâmina de irrigação (748,3 mm, para a mamoneira e de 401,8 mm, para o feijão-caupi), o consórcio apresentou ETr de 68,3% em relação à ETo (Tabela 4), enquanto a mamoneira e o feijão-caupi, em cultivo solteiro, apenas apresentaram ETr de 66,0% e de 37,7%, respectivamente, em relação à ETo (Tabela 3).

Por outro lado, ao se aplicar a menor lâmina de irrigação (470,3 mm, para a mamoneira, e 244,1 mm, para o feijão-caupi), o consórcio apresentou ETr de 43,7% em relação à ETo (Tabela 4), enquanto a mamoneira e o feijão-caupi, em cultivo solteiro, apresentaram ETr de 15,6% e de 13,3%, respectivamente, em relação a ETo (Tabela 3). Esses resultados indicam uma maior adaptabilidade e de resposta produtiva do consórcio mamona – feijão-caupi, em relação aos cultivos solteiros, sob condição de reduzida disponibilidade hídrica no solo, resultado esse comprovado pelos dados de produção equivalente (Tabela 4). A ETr da mamoneira e do feijão-caupi, nas duas formas de cultivo, foi regulada pelo perfil de extração de água das raízes, como reflexo da aplicação diferenciada da irrigação.

CONCLUSÕES

A manutenção de adequados níveis de água no solo, em cultivo solteiro, proporcionaram maiores valores de ISNA para o feijão-caupi e para a mamoneira. Houve tendência de redução dos valores de ISNA's e de rendimentos de grãos de feijão-caupi e de bagas de mamona, em cultivo solteiro e consorciado, à medida que aumentou os níveis de deficiência hídrica no solo. No consórcio, houve maior demanda evapotranspirativa em relação ao cultivo solteiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do Semi-Árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, maio/ago., p. 143-151,

2005.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FIGUEREDO JUNIOR, L. G. M.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Parametrização de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade da cultura do milho na região de Parnaíba, Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p.130-134, 2006.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. Recomendações técnicas para o cultivo (*Ricinus communis* L.) no Brasil. Campina Grande: EMBRAPA - CNPA, 1997. 52 p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 25).

CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; FROTA, A. B.; MELO, F. B. Arranjo populacional no consórcio milho x feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em regime de sequeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 233, p. 19-27, 1994.

CURI, S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Evapotranspiração e coeficientes de cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) em Santo Antônio do Leverger - MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Embrapa Algodão: Campina Grande, 2004. 1 CD-ROM.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; LAUSCHNER, M. H.; MELLO, R. W. Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 399-403, mar. 2001.

HANKS, R. J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. **Soil Sci. Am. Proc.**, Madison, v. 40, p. 426-429, 1976.

MELO, F. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, P. H. S. **Cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) no Semi-Árido**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003, 89 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 74).

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Avaliação agroeconômica do sistema de produção de mamona em consorcio com o feijão-caupi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental. Alvorada do Gurguéia, PI, 2007.

Profundidade (cm)	pH (água)	M.O.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	CTC	V
		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				%	
0 – 20	6,68	14,86	10,0	0,16	1,58	1,07	0,04	1,02	3,87	73,6
20 – 40	5,29	38,40	2,7	0,13	0,46	0,55	0,01	1,95	3,10	37,1

Fonte: Laboratório de Solos - Embrapa Meio-Norte.

Tabela 2. Características físico-hídricas do solo da área experimental. Alvorada do Gurguéia, PI, 2007.

Profundidade (cm)	Granulometria (%)				Ds	CC	PMP	Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	(kg/m ³)	(% em volume)		
0 – 20	62,90	24,05	2,45	10,60	1,70	18,43	6,11	Areia Franca
20 – 40	54,55	25,25	4,60	15,60	1,60	15,51	7,49	Franco Arenoso

Fonte: Laboratório de Solos - Embrapa Meio-Norte.

Tabela 3. Rendimento médio de grãos de feijão-caupi e de bagas de mamona, em cultivo solteiro, em função dos valores de ISNA's definidos para as lâminas de irrigação aplicadas.

LT (mm)		LD (mm)		ISNA's		PROD (kg ha ⁻¹)	
FC	M	FC	M	FC	M	FC	M
L1 – 404,8	751,3	286,8	506,3	0,660	0,377	1010,67	1435,73
L2 – 366,0	666,3	248,0	421,3	0,605	0,566	1138,67	1397,50
L3 – 283,1	548,7	165,0	303,7	0,394	0,301	1362,00	1104,43
L4 – 204,6	430,8	86,5	185,7	0,156	0,133	637,00	812,20
*****	*****	*****	*****	0,454	0,344	1037,09	1187,47

FC – feijão-caupi; M – mamona; LT – lâmina total; LD – lâmina diferenciada; PROD – produtividade de grãos e de bagas.

Tabela 4. Rendimento médio de grãos de feijão-caupi e de bagas de mamona, em cultivo consorciado, em função dos valores de ISNA's definidos para as lâminas de irrigação aplicadas.

LT (mm)		LD (mm)		ISNA_C	PROD (kg ha ⁻¹)		
FC	M	FC	M		FC	M	C
L1 – 401,8	748,3	287,5	507,0	0,682	870,80	1136,98	2006,13
L2 – 379,9	680,2	265,6	438,9	0,727	774,80	1120,82	1894,15
L3 – 325,0	590,6	210,7	349,3	0,728	786,40	886,16	1671,07
L4 – 244,1	470,3	129,8	229,0	0,437	908,00	644,96	1551,23
*****	*****	*****	*****	0,644	835,00	947,23	1780,65

FC – feijão-caupi; M – mamona; C – consórcio; LT – lâmina total; LD – lâmina diferenciada; ISNA_C – ISNA consórcio; PROD – produtividade de grãos e de bagas.