

PRODUTIVIDADE E ÍNDICES COMPETIÇÃO DA MAMONA CONSORCIADA COM GERGELIM, ALGODÃO, MILHO E FEIJÃO CAUPI

Ciro de Miranda Pinto

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia/Fitotecnia, UFC, Fortaleza-CE E-mail: ciroagron@gmail.com

Francisco Aires Sizenando Filho

Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia/Fitotecnia, UFC, Fortaleza-CE E-mail: eng.aires@hotmail.com

Junior Regis Batista Cysne

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia/Fitotecnia, UFC, Fortaleza-CE E-mail: junior.cysne@gmail.com

João Bosco Pitombeira

Engenheiro Agrônomo, Professor PhD, Departamento de Fitotecnia, CCA/UFC, Fortaleza-CE E-mail: pitomba@ufc.br

Resumo- Um ensaio de campo foi conduzido na Fazenda Lavoura Seca, em Quixadá- Ce, com o objetivo de estudar a resposta da mamona (*Ricinus communis* L.) consorciada com gergelim (*Sesamum indicum* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), milho (*Zea mays* L.) e feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] em condições da agricultura de sequeiro. O delineamento utilizado no experimento foi blocos ao acaso com 9 tratamentos e 4 repetições. O sistema de consorciação foi avaliado dos índices a saber: UET, CET, REAT, média do UET+REAT, IPS, RCo, CAR, RC, A e PGAR. A mamona e seus consortes tiveram reduções na produtividade quando associados. O emprego dos índices UET, CET, CAR, PGAR, RCo, no sistema consorciação tornou possível eleger o tratamento mamona + milho o mais vantajoso nas condições de sequeiro. O índice de agressividade e o perda ou ganho de rendimento identificaram a mamona como cultura dominada pelas plantas de gergelim, algodão, milho e feijão caupi. Os tratamentos mamona + algodão, mamona + gergelim e mamona+ milho apresentaram estabilidade de produtividade, a qual foi caracterizada pelo índice de produtividade do sistema (IPS).

Palavras-chave – *Ricinus communis*. UET. CAR. IPS. PGA.

YIELD AND COMPETITION INDICES OF INTERCROPPING CASTOR BEANS WITH SESAME, COTTON, CORN AND COWPEA

Abstrat- An field experiment was carried in Farm Crop Drought, Quixadá-Ce, with aim of studying the response of castorbean (*Ricinus communis* L.) intercropping with sesame (*Sesamum indicum* L.), cotton (*Gossypium hirsutum* L.), corn (*Zea mays* L.) and cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] in dryland conditions. The design used in the experiment was randomized block with 9 treatments and 4 replications. The intercropping system was evaluated indices, namely: LER, LEC, ATER, mean of LER and ATER, SPI, CoR, RCC, CR, A and ALY. The castor beans and intercrops had reductions in yield associated. Employment indices LER, LEC, CRA, AYL, CoR in intercropping systems made in possible to elect treatment castor beans + corn most advantageous in dryland farming and. The A, ALY indices identified as crop dominated the castor beans by sesame, cotton, corn and cowpea. Treatments castor cotton, sesame and castor bean castor bean corn showed yield stability, which was characterized by the productivity index of the system (IPS).

Key words – *Ricinus communis*. LER. RCC. SPI. ALY.

INTRODUÇÃO

A consorciação de culturas consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies numa área agrícola, tendo a dimensão espacial e temporal de convivência entre as plantas cultivadas.

O cultivo da mamona consorciada com outras espécies cultivadas tem se mostrado vantajoso em relação ao

monocultivo. Os resultados comprovando tal afirmação, foram reportados em sistemas mamona+amendoim (BELTRÃO et al., 2010 b), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN et al., 2008), mamona+ milho (AZEVEDO et al., 2007 a), mamona+sorgo e mamona +caupi (CORRÊA et al., 2006) e mamona + sorgo,

mamona + gergelim e mamona + feijão caupi (TÁVORA et al., 1988).

A competição interespecífica é inevitável quando são cultivadas duas culturas juntas (VANDERMEER, 1992).

Diante da importância capital de se avaliar a eficiência biológica e a habilidade competitiva das plantas nos sistemas de cultivo consorciado diversos índices foram desenvolvidos, sendo amplamente estudados.

A análise da eficiência biológica do sistema consorciado em relação ao monocultivo é mensurada pelo uso eficiente de terra, UET (WILLEY & OSIRU, 1972; MEAD & RILEY, 1981; TÁVORA et al., 1988; CORRÊA et al., 2006; THANUNATHAN et al., 2008; BELTRÃO et al., 2010 a, b), razão equivalente de área no tempo, REAT (HIEBSCH & MCCOLLUM, 1987; SARKAR et al., 1998; RAHMAN et al., 2009; EBEGE et al., 2010), média aritmética do UET e REAT (MASON et al., 1986; CONSTANZA et al., 2000), índice de produtividade do sistema, IPS (ODO, 1991; ENDONDO & SAMATANA, 1999; AGEGNEHU et al., 2006; OSENI & ALIYU, 2010; OSENI, 2010), razão de compensação, RC_o (NTARE & WILLIAMS, 1992; OSENI & ALIYU, 2010) e coeficiente equivalente de terra, CET (ADETILOYE et al., 1983; OLOWE et al., 2005; JOHN & MINI 2005; OKONJI et al., 2007; EGBE 2010).

Vale relatar que a análise da habilidade competitiva dos componentes do sistema de consorciação é estudada pelos índices a seguir: coeficiente de adensamento relativo, CAR (De WIT, 1960; HALL, 1974; OLIVEIRA, 1993; BANIK, 1996; SARKAR et al., 1998; BANIK et al., 2000; AGEGNEHU et al., 2006; DHIMA et al., 2007; YILMAZ et al., 2008; EGBE et al., 2010; OSENI, 2010), razão de competição, RC (WILLEY & RAO, 1980; GHOSH, 2004; OSENI, 2010; AASIM et al., 2008), agressividade, A (WILLEY & RAO, 1980; OLIVEIRA, 1993; GHOSH, 2004; GHOSH et al., 2006; AGEGNEHU et al., 2006; AASIM et al., 2008; OSENI, 2010), perda ou ganho de rendimento atual, PGRA (BANIK, 1996; BANIK & BAGCHI, 1996; AASIM et al., 2008; YILMAZ et al., 2008).

As avaliações do sistema de consorciação publicados nas revistas brasileiras restringem-se apenas ao emprego do UET, A, CAR. Desta forma, justifica-se o emprego de outros índices para análise da eficiência biológica e com também a habilidade competitiva dos componentes do sistema de consorciação.

O Nordeste brasileiro caracteriza-se por apresentar precipitações pluviárias irregulares no tempo e no espaço, incrementando assim a probabilidade da ocorrência de eventos como os veranicos, durante a fase crítica de necessidade d'água dos vegetais.

Desta forma, justifica-se o uso de práticas que otimizem os fatores de produção, além de reduzir a erosão do solo, reduzindo o risco e aumentando a estabilidade de rendimento possibilitando geração de renda ao pequeno produtor, dentre essas se destaca a consorciação de culturas.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o manejo cultural no que concerne aos seguintes pontos: analisar a eficiência biológica e a habilidade competitiva do sistema de consorciação da mamona com seus consortes o algodão, feijão caupi, gergelim e milho.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na fazenda experimental Lavoura Seca (FELS), localizada município de Quixadá-Ce. As coordenadas geográficas da FELS são: 4° 59'S latitude, 39° 01'W longitude Greenwich e altitude de 190 m acima do nível do mar (BRASIL, 1973).

O clima do município de Quixadá conforme Köppen é semi-árido do tipo BsH, quente e seco. A precipitação pluviária média é 873,3 mm, temperatura média anual de 26,7°C e umidade relativa do ar de 70% (BRASIL, 1973).

A precipitação pluviária e a média da temperatura e umidade relativa ocorrida de março a junho de 2010 são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Precipitação pluviária e dados médios mensais de temperatura e umidade relativa do ar ocorrida na FELS, Quixadá - Ceará, 2010.

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Março	40,8	29,6	54
Abril	182,0	27,6	71
Maio	14,5	28,0	64
Junho	50,5	27,2	60
Total/média	287,80	28,1	62,5

Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará.

Os valores da análise química oriundos de amostras obtidas na área experimental, colhidas numa profundidade de 0- 20 cm encontra-se a seguir: Ca⁺⁺ = 1,0 cmol_c kg⁻¹,

Mg⁺⁺ = 0,80 cmol_c kg⁻¹, K⁺ = 0,14 cmol_c kg⁻¹, P⁺ = 7 mg kg⁻¹, Al⁺⁺⁺ = 0,05 cmol_c kg⁻¹ e pH = 5,7.

A adubação foi procedida conforme as recomendações da análise de fertilidade do solo tendo como base a cultura principal que foi a mamona. Os fertilizantes empregados foram uréia, super-fosfato simples e cloreto de potássio na formulação 60-80-60, estabelecidos os conforme os resultados da análise de solo, tendo como base a cultura da mamona.

O plantio e a adubação inicial foram realizados no dia 8 de abril de 2010. A adubação de cobertura com nitrogênio não foi empregada em função da falta de umidade do solo.

O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições.

Os sistemas de consórcio e respectivos monocultivos avaliados foram: T₁- mamona cv. BRS Energia + gergelim cv. Seda; T₂- mamona cv. BRS Energia + algodão cv. Aroeira; T₃- mamona cv. BRS Energia + milho cv. Catingueiro; T₄- mamona cv. BRS Energia + feijão-de-corda cv. Patativa; T₅- mamona cv. BRS Energia monocultivo; T₆- gergelim cv. Seda monocultivo; T₇- algodão cv. Aroeira monocultivo; T₈-milho cv. Catingueiro monocultivo e T₉- feijão-de-corda cv. Patativa monocultivo.

Os tratamentos consorciados foram compostos por quatro fileiras com 8 m de comprimento espaçadas de 1,0 m, na qual foi intercalado as culturas de gergelim, algodão, milho e feijão-de-corda na metade (0,5 m) do espaçamento da cultura base (mamona).

As populações de plantas usadas no sistema de consorciação foram: mamona 10.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 1

m), gergelim 80.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 0,25 m), algodão 40.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 0,25 m), milho 40.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 0,25 m) e feijão-de-corda 40.000 plantas ha⁻¹ (1 m x 0,25 m).

No monocultivo as parcelas foram constituídas de 4 fileiras de 8 m nos seguintes espaçamentos: mamona – 1m x 1 m (10.000 plantas ha⁻¹), gergelim - 0,8 m x 0,25 m com 2 plantas cova⁻¹ (100.000 plantas/ha), algodão- 0,8 m x 0,25 m (50.000 plantas ha⁻¹), milho - 0,8 m x 0,25 m (50.000 plantas ha⁻¹) e feijão-de-corda- 0,8 m x 0,25 m (50.000 plantas ha⁻¹).

A área útil para coleta do material para o estudo da produção vegetal foi representada pelas duas fileiras centrais de cada parcela, de cada cultura, eliminando 1 m de cada extremidade das fileiras.

As colheitas ocorreram para o caupi 77 dias após o plantio (DAP), gergelim 106 DAP, milho 112 DAP, algodão 112 e 141 DAP e para a mamona 141 DAP.

A eficiência biológica no sistema de consorciação foi tomada através dos índices a saber: Uso Eficiente de Terra (UET), Coeficiente Equivalente de Terra (CET), Razão de Área Equivalente no Tempo (REAT), média aritmética entre UET e REAT, Índice de Produtividade do Sistema (IPS) e a Razão de Compensação (RCo).

A comparação entre os sistemas de cultivo consorciado e de monocultivo foi procedida através do Uso Eficiente de Terra (UET) conforme a fórmula proposta (WILLEY & OSIRU, 1972; MEAD & RILEY, 1981).

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} = UET_a + UET_b$$

em que Y_{ab} e Y_{ba} representa a produtividade das culturas 'a: mamona' e 'b: gergelim, algodão, milho e feijão caupi' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produção do monocultivo. O UET_a e UET_b representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. Se UET >1 então ocorre vantagem produtiva, se UET=1 não ocorre vantagem produtiva, se UET < 1 então ocorre desvantagem produtiva.

O coeficiente equivalente de terra (CET) foi calculado conforme metodologia proposta por Adetiloye et al. (1983).

$$CET = UET_a * UET_b$$

em que UET_a e UET_b representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. Para duas culturas em mistura o coeficiente produtivo mínimo é 25%, ou seja, apresenta vantagem produtiva quando valor de CET excede 0,25.

A razão de área equivalente no tempo foi obtida conforme metodologia proposta por Hiebsch & McCollum (1987).

$$REAT = \frac{UET_a * t_a + UET_b * t_b}{T_{ab}}$$

em que razão de área equivalente no tempo (REAT), t_a representa o número de dias do plantio até a colheita da espécie 'a' e t_b representa o número de dias do plantio até a colheita da espécie 'b'. O T_{ab} representa o tempo total do sistema de consorciação entre a espécie 'a' e 'b'. Se REAT >1 então ocorre vantagem produtiva, se REAT=1 não ocorre vantagem produtiva, se REAT < 1 então ocorre desvantagem produtiva.

A média aritmética entre UET e REAT (Mason et al., 1986).

$$\frac{\text{UET} + \text{REAT}}{2}$$

Os autores afirmaram que o valor de UET sobrestima e o REAT subestima os recursos a eficiência de uso da terra sendo, portanto o mais adequado usar a média entre esses índices.

O índice de produtividade do sistema (IPS) foi obtida conforme metodologia proposta por Odo (1991).

$$\text{IPS} = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_{bb}} * Y_{ba} + Y_{aa} \right)$$

em que Y_{ab} e Y_{ba} representam a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produção do monocultivo. A principal vantagem do SPI é que esse índice uniformiza a produtividade da cultura secundária (gergelim, algodão, milho e feijão caupi) em termos da cultura principal ou base (mamona).

A razão de compensação (RCo) foi calculada conforme metodologia proposta por Ntare & Williams (1992).

$$\text{RC}_o = \left(\frac{Y_{ab}}{Y_{bb} - Y_{ba}} \right)$$

em que Y_{ab} e Y_{ba} representam a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{bb} é produção do monocultivo da cultura 'b'.

A habilidade competitiva dos componentes do sistema de consorciação foi medida através dos índices a seguir: coeficiente de adensamento relativo (CAR), razão de competição (RC), agressividade (A), perda ou ganho atual de rendimento (PGAR).

O coeficiente de adensamento relativo (CAR) foi obtido conforme metodologia proposta por De Wit (1960) e Hall (1974).

$$\text{CAR} = \text{CAR}_{ab} * \text{CAR}_{ba} = \frac{Y_{ab} * Z_{ba}}{(Y_{aa} - Y_{ab}) * Z_{ab}} * \frac{Y_{ba} * Z_{ab}}{(Y_{bb} - Y_{ba}) * Z_{ba}}$$

em coeficiente de adensamento relativo (CAR), Y_{ab} e Y_{ba} é a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} é produção do monocultivo. Z_{bb} representa proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b', Z_{ba} representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Se $\text{CAR} > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $\text{CAR} = 1$ não ocorre vantagem produtiva, se $\text{CAR} < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

A razão de competição (RC) será obtida a partir do índice de agressividade de (WILLEY & RAO, 1980).

$$\text{RC}_a = \left(\frac{Y_{ab}}{Y_{aa} * Z_{ab}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} * Z_{ba}} \right) \quad \text{RC}_b = \left(\frac{Y_{ba}}{Y_{bb} * Z_{ba}} + \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} * Z_{ab}} \right)$$

em agressividade (RC_a), Y_{ab} e Y_{ba} é a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produção do monocultivo, Z_{ab} representa proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b', Z_{ba} representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Este índice indica o número de vezes em que um componente é mais competitivo que outro. Da mesma forma, estima-se RC_b , em outras palavras o efeito da espécie 'b' sobre a espécie 'a'.

A interpretação da razão de competição (RC) é dada por: se $\text{RC}_a < 1$ existe um benefício positivo e a cultura pode crescer em associação, se $\text{RC}_a > 1$ ocorre desvantagem para a cultura, portanto não indica-se o seu cultivo em associação. Essa interpretação é válida também para a espécie 'b'.

As medições de agressividade na competição interespecífica no consórcio são dadas pela relação de mudanças de produtividade de dois componentes culturais (WILLEY & RAO, 1980).

$$A_{ab} = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} * Z_{ab}} - \frac{Y_{ba}}{Y_{ba} * Z_{ba}} \quad A_{ba} = \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} * Z_{ba}} - \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} * Z_{ab}}$$

em agressividade (A_{ab}), Y_{ab} e Y_{ba} é a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{ba} é produção do monocultivo. O Z_{ab} representa proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b', Z_{ba} representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Quando A_{ab} é maior que zero, a habilidade da cultura 'a' excede 'b' no consórcio.

A perda ou ganho atual de rendimento foi obtida conforme metodologia proposta por Banik (1996) e Banik & Bagchi (1996).

$$PGAR = \left\{ \left[UET_a * \left(\frac{100}{Z_{ab}} \right) - 1 \right] \right\} + \left\{ \left[UET_b * \left(\frac{100}{Z_{ba}} \right) - 1 \right] \right\}$$

em que perda atual de rendimento ($PGAR_{ab}$), UET_a e UET_b representam o uso eficiente terra parcial da cultura "a" e "b", Z_{ab} representa proporção de plantio da espécie 'a' em mistura com a espécie 'b', Z_{ba} representa proporção de plantio da espécie 'b' em mistura com a espécie 'a'. Se $PAR_{ab} > 0$ indica vantagem acumulada do consórcio em relação ao monocultivo, se $PAR_{ab} < 0$ indica desvantagem do sistema de consorciação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência biológica no sistema de consorciação

A mamona e seus consortes o algodão, feijão caupi, gergelim e milho apresentaram reduções na produtividade em relação aos monocultivos (Tabela 2). Respostas desta natureza foram constatadas por autores como Beltrão et al. (2010 a, b), Kumar et al. (2010), Thanunathan et al. (2008) e Azevedo et al. (2007 a).

A avaliação biológica do sistema de consorciação foi estudada através do UET, o qual mostrou vantagem

produtiva na combinação mamona+gergelim e mamona+milho, comparado aos monocultivos (Tabela 2).

Os valores parciais do UET apresentaram variação de 0,23 a 0,47 para a mamona e 0,57 a 0,80 para os seus consortes, enquanto o total apresentou extensão de 1,03 a 1,10, ou seja, o sistema de consorciação apresentou ganhos de 3 a 10 % em relação ao monocultivo (Tabela 2).

Vale ressaltar que a mamona em todos os tratamentos consorciados apresentou valores parciais de UET inferiores a seus consortes (Tabela 2), isso provavelmente foi devido a maior habilidade no uso dos fatores de produção como água, luz e nutrientes pelas plantas de gergelim, algodão, milho e feijão caupi.

Tabela 2. Valores médios dos índices agrônômicos o uso eficiente de terra (UET) para avaliar a mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Tratamentos	UET _a	UET _b	UET
1-Ma+Ge***	0,23	0,80	1,03
2-Ma+Al	0,38	0,57	0,95
3-Ma+Mi	0,47	0,63	1,10
4-Ma+Fc	0,23	0,68	0,91

Tratamentos	Mamona Kg ha ⁻¹	Consortes Kg ha ⁻¹	Tratamentos	Monocultivo Kg ha ⁻¹
1-Ma+Ge	101,04	535,67	6-Ge	640,10
2-Ma+Al	207,29	487,50	7-Al	863,28
3-Ma+Mi	255,21	413,54	8-Mi	688,80
4-Ma+Fc	126,04	445,83	9-Fc	656,25
5-Mamona	547,91	-	-	-

* a: mamona

** b: consortes (gergelim, algodão, milho e feijão caupi)

*** Ma: mamona; Ge: gergelim; Fc: feijão caupi e Mi: milho.

O uso eficiente de terra foi amplamente estudado por alguns autores que trabalharam com mamona consorciada e constataram vantagens nesse padrão de cultivo. Dentre as combinações de sucesso cita-se a mamona + gergelim (BELTRÃO et al., 2010 a), mamona + amendoim (BELTRÃO et al., 2010 b), mamona + amendoim, mamona + grão de bico, mamona + “ guar ou clusterbean” (*Cyamopsis tetragonoloba*) e mamona + capim-pé-de-galinha (KUMAR et al., 2010), mamona consorciado com feijão mungo, feijão mungo-verde, caupi, soja e gergelim (THANUNATHAN et al., 2008), mamona + milho (AZEVEDO et al., 2007 a), mamona + sorgo e mamona +caupi (CORRÊA et al., 2006) e mamona culturas anuais de ciclo curto (TÁVORA et al., 1988), sorgo + mamona (TARHALKAR & RAO, 1979).

A razão de área equivalente no tempo (REAT) apresentou valores inferiores a unidades em todas as combinações de mamona com seus consórcios (Tabela 3). Tais valores inferiores à unidade detectados nos tratamentos consorciados estudados expressam que as culturas não apresentaram vantagem biológica na utilização da terra e tempo em relação aos cultivos monocultivo da cultura principal (mamona) e seus consórcios (algodão, feijão caupi, gergelim e milho).

Valores inferiores a unidade para o REAT foram encontrados por Sarkar et al. (1998) e Ebege et al. (2010) em sistemas consorciados. Enquanto, Ebege (2010), Ebege e Kalu (2009), Rahman et al. (2009), John e Mini (2005), Singh e Shavaraj (1998) e Leihner (1983) reportam valores superiores a unidade, sugerindo que ocorreu eficiência agrícola da terra e tempo para o sistema de consorciação em comparação a seu monocultivo.

O valor médio de eficiência do uso da terra (VMEUT) apresentou a mesma tendência dos valores encontrados no REAT (Tabela 3). O sistema de cultivo mamona+milho apresentou maior habilidade no uso dos fatores de produção, a água, luz e nutrientes, quando comparado aos outros cultivos da mamona com seus consórcios.

Mason et al. (1986) trabalhando com consórcio mandioca+feijão caupi e mandioca+amendoim observaram valores acima da unidade, com eficiência produtiva no uso da terra de 15 a 35% para VMEUT, sendo portanto recomendado para países em desenvolvimento. Constanza et al. (2000) encontrou vantagem produtiva de 4 a 19 % dos cultivos consorciados em relação aos monocultivos para o milho doce+ feijão comum.

O tratamento mamona+milho, segundo o critério de avaliação do coeficiente equivalente de terra (CET) foi o único que apresentou vantagem para o sistema de consorciação (Tabela 3). Vale salientar, que esse tratamento apresentou vantagem, mas a cultura do milho mostrou-se dominante sobre a mamona. A combinação da mamona com os consórcios, algodão, feijão caupi e gergelim não apresentaram complementariedade competitiva, CET < 0,25 (Tabela 3).

Segundo Adetiloye et al. (1983) a compatibilidade do sistema de consorciação é caracterizada por valores superiores a 0,25. Alguns autores usaram o CET como índice de avaliação do sistema de consorciação dentre eles, Ebege (2010), Ebege et al. (2010), Okonji et al. (2007), John & Mini (2005), Olowe et al. (2005).

Tabela 3. Razão de área equivalente no tempo (REAT), média aritmética do UET e REAT, coeficiente equivalente de terra (CET), para avaliar a mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Tratamentos	REAT	(UET+REAT)/2	CET
1-Ma+Ge	0,46	0,74	0,18
2-Ma+Al	0,47	0,71	0,21
3-Ma+Mi	0,54	0,82	0,29
4-Ma+Fc	0,39	0,65	0,15

O emprego da razão de compensação (RC_0) permitiu identificar as combinações mamona + gergelim e mamona + milho, como sendo as que a mamona menos afetou os seus consórcios o gergelim e milho (Tabela 4).

Vale salientar, que o resultado verificado para RC_0 , pode ser comparado aos obtidos pelo UET, CAR e PGAR, os quais também identificaram as combinações mamona+gergelim e mamona + milho vantajosas para a consorciação (Tabela 4). Tal fato, provavelmente sugere uma relação direta entre a razão de compensação (RC_0) e o UET, CAR e PGAR nos sistema de cultivo consorciados.

Em trabalho desenvolvido por Oseni e Aliyu (2010) estudaram o efeito competitivo sorgo sobre o feijão caupi,

constataram que o arranjo 1 fileira de sorgo + 1 fileira de feijão caupi foi o tratamento que proporcionou vantagem na produtividade de grãos para o sistema de consorciação.

O índice de produtividade do sistema (IPS), o qual padroniza a produtividade da cultura consorte (gergelim, algodão, milho e feijão caupi) tomando como base a cultura principal (mamona), permitiu identificar os tratamentos mamona+ algodão, mamona + gergelim e mamona + milho, como sendo as combinações que melhor utilizaram a água, nutrientes e luz (Tabela 4).

Além disso, é importante relatar que os tratamentos mamona+ algodão, mamona + gergelim e mamona + milho foram constatados a estabilidade na produtividade dos consórcios. Isso é suportado por que o IPS foi superior

aos monocultivos dos consortes no sistema de consorciação (Tabela 4).

Oseni & Aliyu (2010), Oseni (2010), Agegnehu et al. (2006) e Endondo & Samatana (1999) constataram

estabilidade na produtividade nos sistema de consorciação estudados, ou seja, o IPS foi superior ao monocultivo de seus consortes.

Tabela 4. Razão de compensação (RC_o), índice de produtividade do sistema (IPS) para avaliar a mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Tratamentos	RC_o	IPS
1-Ma+Ge	1,10	1.006,52
2-Ma+Al	0,58	858,62
3-Ma+Mi	1,39	895,15
4-Ma+Fc	0,60	372,13

* a: mamona e ** b: consortes (gergelim, algodão, milho e feijão caupi)

Habilidade competitiva dos componentes do sistema de consorciação

Os coeficientes de adensamento relativo (CAR) parciais da mamona foram inferiores aos de seus consortes o algodão, feijão caupi, gergelim e milho. Tal situação caracteriza que os consortes apresentam forte competição interespecífica dominando a mamona no sistema de consorciação (Tabela 5). Sarkar et al. (1998) constatou que o gergelim apresentou valores inferiores a seus consortes o feijão mungo verde e feijão mungo. Entretanto o produto dos valores parciais dos tratamentos mamona+gergelim e mamona+milho tiveram valores superiores à unidade, caracterizando uma ótima compatibilidade para o sistema de cultivo empregado (Tabela 5).

A multiplicação dos valores parciais de CAR superiores a unidade foram verificados em sistemas de consorciação entre feijão caupi+ milho (EGBE et al., 2010), sorgo + feijão caupi (OSENI, 2010), milho+feijão comum (YILMAZ et al., 2008), ervilhaca+ trigo ervilhaca+ aveia (DHIMA et al., 2007), *Eragrosti tef* + fava (AGEGNEHU et al., 2006), mostrada com ervilha, lentilha e grão de bico (BANIK et al., 2000), arroz + feijão mungo verde, arroz + feijão mungo, milho + arroz, milho + gergelim, milho + feijão mungo, gergelim + arroz, gergelim + feijão mungo verde e gergelim+ feijão mungo (SARKAR et al., 1998), trigo com ervilha, lentilha e grão de bico (BANIK, 1996).

A perda ou ganho atual de rendimento (PGAR) apresentou resultados negativos para mamona em relação a seus consortes, resposta desta natureza provavelmente ocorreu devido à competição interespecífica por água e nutrientes, como também pelo efeito do sombreamento causado pelo algodão, gergelim e milho (Tabela 5). Com relação ao valor total as combinações mamona+gergelim e mamona+milho apresentam números superiores à zero, indicando vantagem no sistema estudado (Tabela 5).

A PGAR parcial negativa a cultura principal no sistema de consorciação foram relatadas na combinação algodão + feijão caupi e algodão + sorgo (AASIM et al., 2008). A PGAR parcial positiva foi verificada em combinações como milho + feijão comum (YILMAZ et al., 2008), milho + ervilha, milho + lentilha e milho + grão de bico (BANIK & BAGCHI, 1996). Resultados com PGAR > 0 foram constatados por autores como (AASIM et al., 2008; YILMAZ et al., 2008; BANIK & BAGCHI, 1996).

A mamona no sistema de consorciação apresentou valor negativo (Tabela 5) em relação a seus consortes para o índice de agressividade (A). Tal tipo de resposta demonstra que a mamona apresenta menor capacidade de competição interespecífica, quando comparada a seus consortes.

Exemplos do A para consortes dominando a cultura principal foram constatados em combinações de milho+ caupi (OLIVEIRA, 1993), *Eragrostis tef* + fava (AGEGNEHU et al., 2006) e amendoim + milho, amendoim + sorgo, amendoim + milheto (GHOSH, 2004). A cultura principal dominando os consortes foram verificados em sorgo + caupi (OSENI, 2010), milho + feijão comum (YILMAZ et al., 2008), algodão + feijão caupi e algodão + sorgo (AASIM et al., 2008) isso caracterizado pelo valor positivo do A. O consorte dominado a cultura principal em soja + sorgo (GHOSH et al., 2006), amendoim + milho, amendoim + sorgo e amendoim + milheto (GHOSH, 2004).

A razão de competição (RC) mede o grau que uma cultura compete com a outra, a mamona apresentou menores índices, quando comparada a seus consortes. Tal tipo de resposta indica que a mamona possui menor capacidade de competir pelos fatores de produção a água,

nutrientes e luz em relação às plantas de gergelim, algodão, milho e feijão caupi (Tabela 5).

Uma observação que vale a pena ressaltar é a equivalência do resultado constatado para o RC, o qual coincide com a agressividade (A), indicando que a mamona é menos competitiva em relação a seus consortes (Tabela 5).

A cultura principal competindo com maior expressão pelos recursos do ambiente são reportados para a razão de competição em sorgo + feijão caupi (OSEN, 2010), cevada associada com lentilha, grão de bico, *Trigonella*

usittissimum (L.) e linhaça (WAHLA et al., 2009), algodão + feijão caupi e algodão + sorgo (AASIM et al., 2008), milho + feijão caupi (YILMAZ et al., 2008). A cultura consorte dominando a principal, sendo mais competitiva no uso dos recursos de produção, a luz, água e nutrientes, a exemplo, tem-se associações entre amendoim + milho, amendoim + sorgo e amendoim + milheto (GHOSH, 2004), soja + sorgo (GHOSH et al., 2006), mamona + feijão caupi, mamona + milho e mamona + sorgo (AZEVEDO et al., 2007 b) e soja + milho (MBAH et al., 2007).

Tabela 6. Coeficiente de adensamento relativo (CAR), perda ou ganho atual de rendimento (PGAR), agressividade (A) e razão de competição (RC) para avaliar a mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Tratamentos	CAR _a	CAR _b	CAR	PGAR _a	PGAR _b	PGAR
1-Ma+Ge	0,23	6,11	1,36	-0,63	0,67	0,04
2-Ma+Al	0,61	1,34	0,82	-0,24	0,13	-0,11
3-Ma+Mi	0,90	2,34	2,10	-0,07	0,26	0,19
4-Ma+Fc	0,31	2,12	0,65	-0,53	0,36	-0,27

Tratamentos	A _{ab}	A _{ba}	RC _a	CR _b
1-Ma+Ge	-1,30	1,30	0,22	5,09
2-Ma+Al	-0,38	0,38	0,67	1,49
3-Ma+Mi	-0,33	0,33	0,78	1,36
4-Ma+Fc	-0,89	0,89	0,34	3,04

* a: mamona e ** b: consortes o gergelim, algodão, milho e feijão caupi.

CONCLUSÕES

A mamona e seus consortes tiveram reduções na produtividade quando associados.

O emprego dos índices UET, CET, CAR, PGAR, R₀ no sistema consorciação tornou possível eleger o tratamento mamona + milho o mais vantajoso nas condições de sequeiro.

A agressividade e a perda ou ganho de rendimento identificaram a mamona como cultura dominada pelas plantas de gergelim, algodão, milho e feijão caupi.

Os tratamentos mamona + algodão, mamona + gergelim e mamona + milho apresentaram estabilidade de produtividade, a qual foi caracterizada pelo índice de produtividade do sistema (IPS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADETILOYE, P.O, EZEDIMA, F. O. C.; OKIGBO, B. N. A land equivalent coefficient (LEC) concept for the evaluation of competitive and productive interactions in simple to complex crop mixtures. **Ecological Modelling**, v. 19, n.1, p.27-39, 1983.

AGEGNEHU, G.; GHIZAW, A.; SINEBO, W. Crop productivity and land-use efficiency of a teff/faba bean mixed cropping system in a tropical highland environment. **Experimental Agriculture**, v.42, n.4, p.495-504, 2006 a.

AGEGNEHU, G.; GHIZAW, A.; SINEBO, W. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. **European Journal of Agronomy**, v. 25. n. 3, p. 202 – 207, 2006 b.

AASIM, M.; UMER, E. M.; KARIM, A. Yield and competition indices of intercropping cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using different planting patterns, **Tarim Bilimleri Dergisi**, v. 14, n. 4, 326-333, 2008.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Arranjos de fileiras no consórcio mamoneira com milho no semi-árido PARAIBANO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p.91-105, 2007 a.

AZEVEDO, D. M. P. DE; BELTRÃO, N. E. DE, M.; SEVERINO, L. S.; SANTOS, J. W. DOS; LEÃO, A. B. Rendimento e eficiência agrônômica do consórcio da mamoneira com cereais e feijão caupi no semi-árido NORDESTINO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e**

- Fibrosas, Campina Grande, v. 11, n. 3, p.145-162, 2007 b.
- BANIK, P. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 e 2:1 row-replacement series system. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 176, n. 5, p. 289-294, 1996.
- BANIK, P.; BAGCHI, D. K. A proposed index for assessment of row replacemen intercropping system. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 177, n. 3, p. 161-164, 1996.
- BANIK, P.; SASMAL, T.; GHOSAL, P. K.; BAGCHI, D. K. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* Var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:2 row replacement series systems. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 185, n. 1, p. 9-14, 2000.
- BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; MARACAJA, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 5, n. 5, p-67-73, 2010 a.
- BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; OUTO, J. S. Consórcio mamona e amendoim: Opção para a agricultura familiar. **Revista Verde de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 5, n. 4, p-222-227, 2010 b.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE. 1973. v. 1, p. 301 (Boletim Técnico, 28).
- JANA, A. C.; BARRIGA, B. P.; KRARUP, H. A.; FUENTES, R. P. Eficiencia de la asocion maíz (*Zea mays*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*). **Agro Sur**, v. 28, n.1, p. 71-80, 2000.
- CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistema de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.2, p.200-2007, 2006.
- DE WIT, C.T. On competition. **Verslagen Landbouwkundige Onderzoekigen**, v.66, p.1-82, 1960.
- DHIMA, K. V.; LITHOURGIDS, A. S.; VASALAKOGLU, I. B.; DORDAS, C. A. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. **Field Crops Research**, v. 100, n. 2-3, p. 249-256, 2007.
- ENDONDO, C.; SAMATANA, M. Influence de la date du semis niébe sur le rendement du cotonnier dans l' association cotonnier-niéber. **Cahiers Agriculture**, v. 8, n. 3, p. 215-217, 1999.
- EGBE, O. M. Effects of plant density of intercropping soybean with tall sorghum on competitive ability of soybean and economic yield at Otobi, Benue State, Nigeria. **Journal of Cereal and Oilseeds**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2010.
- EGBE, O. M.; ALIBO, S. E.; NWUEZE, I. Evaluation of some extra-early and early-maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savana of Nigeria. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 1, n. 5, p. 845-858, 2010.
- EGBE, O. M.; KALU, B. A. Evaluation of pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] genotypes for intercropping with tall sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in southern guinea savanna of NIGERIA. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 4, n. 4, p.54 -65, 2009.
- HALL, R. L. Analysis off the nature of interference between plants of different especies. I Concepts and extension the De Wit analysis to examine effects. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.25, n.5, p. 739-747, 1974.
- HIEBSCH, C. K; McCollum, R.E. Area x time equivalency ratios: A method for evaluating the productivity of intercrops. **Agronomy Journal**, v 79, n.1, p. 15-22, 1987.
- JOHN, S. A.; MINI, C. Biological efficiency of intercropping in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), **Journal of Tropical Agriculture**, v. 43, n. 1-2, p. 33-36, 2005.
- KUMAR, H. C. S.; MUDALAGIRIYAPPA; NANJAPPA, H. V.; RAMACHANDRAPPA, B. K. Productive performance of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping systems under rainfed conditions of Central Dry Zone in Karnataka. **Mysore Journal of Agricultural Sciences**, v. 44, n. 3, p. 481-484, 2010.
- GHOSH, P. K. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. **Field Crops Research**, v. 88, n. 2-3, p. 227-237, 2004.

- GHOSH, P. K.; MANNA, M. C.; BANDYOPADHYAY, K. K.; AJAYI, TRIPATHI, A. K.; WANJARI, R. H.; HATI, K. M.; MISRA, A. K.; ACHARYA, C. L.; RAO, A. S. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 4, 1097-1108, 2006.
- LEIHNER, D. **Management and evaluation of intercropping systems with cassava**. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 70 p., 1983.
- MASON, S., D. LEIHNER y J. VORST. 1986. Cassava-cowpea and cassava-peanut intercropping. I. Yield and land use efficiency. **Agronomy Journal**, v.78, n. 1, p.43-46.
- MBAH, E. U.; MUONEKE, C.O.; OKPARA, D. A. Effect of compound fertilizer on the yield and productivity of soybean and maize in soybean/maize intercrop in SOUTHEASTERN NIGERIA. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.7, n. 2 , p. 87 – 95, 2007.
- MEAD, R.; RILEY, J. A Review of Statistical Ideas Relevant to Intercropping Research. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 144, n. 4, p. 462-509, 1981.
- NTARE, B. R.; WILLIAMS, J. H. Response of cowpea cultivars to planting pattern and date of sowing in Intercrops with pearl millet in Niger. **Experimental Agriculture**, v.28, n. 1, p.41-48, 1992.
- ODO, P.E. Evaluation of Short and Tall Sorghum Varieties in Mixtures with Cowpea in the Sudan Savanna Of Nigeria: Land Equivalent Ratio, Grain Yield and System Productivity Index. **Experimental Agriculture**, v.27, n. 4, p. 435-441, 1991.
- OKONJI, C. J. ; OKELEYE, K. A.; OLOWE, V. I. O.; AJAYI, E. O. Potentials of intercropping rice (*Oryza sativa* L.) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) of diferent morphotypes in the transition zone of South West Nigeria. **International Journal of Agricultural Research**, v. 2, n.5, p. 476-4482, 2007.
- OLIVEIRA, F. J. DE. Combinações de espaçamentos e populações de plantas de caupi e de milho em monocultura e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 8, p. 931-945, 1993.
- OLOWE, V. I. O.; AJAYI, J. A.; OGUNBAYO, A. S. Potential of intercropping soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the transition zone of south west Nigeria. **Tropical Agricultural Research and Extension**, v. 9, p. 91-102, 2006.
- OSENI, T. O. Evaluation of sorghum-cowpea intercropping productivity in Savanna Agro-Ecology using competition indices. **Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 3, p.229-233, 2010.
- OSENI, T. O.; ALIYU, A. G. Effects of row arrangements on sorghum-cowpea intercrops in the semi arid Savannah of Nigeria. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 12, n.1, p. 137-140, 2010.
- RAHMAN, M. M.; AWAL, M. A.; AMIN, A.; PARVEJ, M. R. Compatibility, growth and production of mustard/lentil intercrops. **International Journal of Botany**, v. 5, n.1, p.100-106, 2009.
- SARKAR, R. K.; CHAKRABORTY, A.; BALA, B. Effect of alternative cropping system on yield and advantage in direct seeded uplnd rice áreas in Idican Sub-Tropics. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 180, n. 1, p. 1-6, 1998.
- SANTOS, J. F. DOS. **Sistema de consórcio com mamona, milho e feijão na serra do Teixeira, Estado da Paraíba**. EMEPA (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S/A), 1986, 5 p. (EMEPA, Pesquisa em Andamento, 37).
- SILVA, F. DE A. S.; AZEVEDO, C. A. V. DE. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.
- SINGH, M.; SHIVARAJ, B. Intercropping Studies in Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) (Steud. Wats.). **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 180, n. 1, p. 23-26, 1998.
- TARLALKAR, P. P.; RAO, N.G. P. **Genotype-plant density considerations in the development of an eficiente intercropping system for sorghum**. Proceedings of the International Workshop on intercropping. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Hyderabad, India, 10-13 Jan. 1979.
- TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; SILVA, F.P. DA; BARBOSA FILHO, M. Consorciação d mamona com culturas anuais de ciclo curto. **Revista Ciência Agronomica**, v. 19, n. 2, p. 85-94, 1988.
- THANUNATHANM, K.; MALARVIZHI, S.; THIRUPATHI, M., IMAYAVARAMABAN, V. Economic evaluation of castor-based intercropping

systems, **The Madras Agricultural Journal**, v. 95, n. 1-6, p. 38-41. 2008.

VANDERMEER, J. **The ecology of intercropping**. Cambridge University Press, New York. p. 237, 1992.

YILMAZ, Ş.; ATAK, M.; ERAYMAN, M. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean Region. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 32, n. 2, p. 111-119, 2008.

WAHLA, I. H.; AHMAD, R.; EHSANULAR; AHMAD, A.; JABBAR, ABDUL. Competitive functions of component crops in some barley based intercropping systems. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 11, n. 1, p. 69-72, 2009.

WILLEY, R.W.; RAO, M.R. A competitive ratio for quantifying completion between intercrops. **Experimental Agriculture**, v.16, n.2, p.117-125, 1980.

WILLEY, R.W. Intercropping - its importance and research needs. Part I. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**, v.32, p.1-10, 1979.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (**Phaseolus vulgaris**) with particular reference to plant population. **The Journal of Agricultural Science**, v. 79, n. 3, p. 517-529, 1972.

Recebido em 27 02 2011

Aceito em 22 05 2011