

# RENDIMENTO E EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO CONSÓRCIO DA MAMONEIRA COM CEREAIS E FEIJÃO CAUPI NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

DEMÓSTENES MARCOS PEDROSA DE AZEVEDO<sup>1</sup>, NAPOLEÃO ESBERARD DE MACEDO BELTRÃO<sup>1</sup>, LIV SOARES SEVERINO<sup>1</sup>, JOSÉ WELLINGTON DOS SANTOS<sup>1</sup>, ARMINDO BEZERRA LEÃO<sup>2</sup>

RESUMO: Três experimentos de campo foram conduzidos nos anos agrícolas de 1994 e 1995, em Monteiro-PB, Brasil, com o objetivo de investigar o efeito de população de plantas no rendimento e na eficiência agrônômica dos sistemas de consórcio mamoneira (*Ricinus communis* L.)/sorgo (*Sorghum bicolor* L.), mamoneira/milho (*Zea mays* L.) e mamoneira/caupi (*vigna unguiculata* L.). O delineamento experimental utilizado foi blocos causalizados, completos com 9 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos originaram-se de um fatorial 3x3, proveniente da combinação dos seguintes fatores: Experimento I, 3 populações de mamoneira (M<sub>1</sub> - 1.250 plantas/ha; M<sub>2</sub> - 2.500 plantas/ha e M<sub>3</sub> - 5.000 plantas/ha) e 3 populações de sorgo (S<sub>1</sub> - 10.000 plantas/ha; S<sub>2</sub> - 20.000 plantas/ha e S<sub>3</sub> - 40.000 plantas/ha); experimento II, 3 populações de mamoneira (M<sub>1</sub> - 1.250 plantas/ha; M<sub>2</sub> - 2.500 plantas/ha e M<sub>3</sub> - 5.000 plantas/ha) e 3 populações de milho (Mi<sub>1</sub> - 5.000 plantas/ha; Mi<sub>2</sub> - 10.000 plantas/ha e Mi<sub>3</sub> - 20.000 plantas/ha); experimento III, 3 populações de mamona (M<sub>1</sub> - 1.250 plantas/ha; M<sub>2</sub> - 2.500 plantas/ha e M<sub>3</sub> - 5.000 plantas/ha) e 3 populações de caupi (C<sub>1</sub> - 10.000 plantas/ha; C<sub>2</sub> - 20.000 plantas/ha e C<sub>3</sub> - 40.000 plantas/ha). Os resultados mais expressivos foram: i) o rendimento da mamoneira cresceu com o aumento de sua própria população e decresceu com o aumento de população da cultura consorte; ii) os rendimentos das culturas consortes do sorgo, milho e caupi cresceram com o aumento de suas próprias populações; iii) o índice de uso de eficiência da terra dos sistemas mamona/milho e mamona/caupi cresceram tão somente com o crescimento da população da mamoneira; iv) os mais elevados UETs totais foram registrados nos sistemas nos quais a mamoneira participou com o mais elevado nível populacional e as culturas consortes com qualquer um dos níveis testados.

Termos para indexação: *Ricinus communis*, *Zea mays*, *Vigna unguiculata*, associação de plantas, sistema de produção.

## YIELD AND AGRONOMIC EFFICIENCY OF CASTOR BEANS/CEREALS AND COWPEA INTERCROPPING IN THE SEMI-ARID OF NORTHEAST REGION

ABSTRACT: Three field experiments were carried out in 1994 and 1995 in Monteiro, Paraíba State, Brasil, to investigate the effect of plant population in yield and agronomic efficiency of castor beans (*Ricinus communis* L.)/sorghum (*Sorghum bicolor* L.), castor beans/maize (*Zea mays* L.) and castor beans/cowpea (*vigna unguiculata* L.) intercropping. The experimental design was a randomized complete block, with 9 treatments and 4 replications. The treatments were originated from a 3x3 factorial combination: Experiment I, 3 populations of castor beans (M<sub>1</sub> - 1.250 plants/ha; M<sub>2</sub> - 2.500 plants/ha and M<sub>3</sub> - 5.000 plants/ha) and 3 populations of sorghum (S<sub>1</sub> - 10.000 plants/ha; S<sub>2</sub> - 20.000 plants/ha and S<sub>3</sub> - 40.000 plants/ha); Experiment II, 3 populations of castor beans (M<sub>1</sub> - 1.250 plants/ha; M<sub>2</sub> - 2.500 plants/ha and M<sub>3</sub> - 5.000 plants/ha) and 3 populations of maize (Mi<sub>1</sub> - 5.000 plants/ha; Mi<sub>2</sub> - 10.000 plants/ha and Mi<sub>3</sub> - 20.000 plants/ha); Experiment III, 3 populations of castor beans (M<sub>1</sub> - 1.250 plants/ha; M<sub>2</sub> - 2.500 plants/ha and M<sub>3</sub> - 5.000 plants/ha) and 3 populations of cowpea (C<sub>1</sub> - 10.000 plants/ha; C<sub>2</sub> - 20.000 plants/ha and C<sub>3</sub> - 40.000 plants/ha). The most expressive results were: i) castor bean yield increased with increases in its own plant population and decreased with increases in population of the others crops components; ii) the consort crop yield (sorghum, maize and cowpea) increased with increases in their own population; iii) the land equivalent ratio (LER) of the systems castor beans/maize and castor beans/cowpea increased only with increases in castor beans population; iv) the highest total LERs were registered in systems where castor beans participated with 5.000 plants/ha and the consort crops with any population tested.

Index terms: *Ricinus communis*, *Zea mays*, *Vigna unguiculata*, plant association, cropping system.

<sup>1</sup> Embrapa Algodão, CP 174, Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, Campina Grande, PB. E-mail: azevedo@cnpa.embrapa.br.

<sup>2</sup> Embrapa Algodão. E-mail: napoleao@cnpa.embrapa.br.

<sup>1</sup> Embrapa Algodão. E-mail: liv@cnpa.embrapa.br.

<sup>1</sup> Embrapa Algodão, E-mail: jwsantos@cnpa.embrapa.br.

<sup>2</sup> Estagiário da Embrapa Algodão.

## INTRODUÇÃO

O Brasil, pela sua extensão territorial e condições climáticas propícias, é considerado um país privilegiado para a exploração de biomassa para fins alimentícios químicos e energéticos. No campo das oleaginosas, matéria-prima potencial para a produção de biodiesel, as vocações são bastantes diversificadas e as principais culturas são a soja, no Centro-Sul e Centro-Oeste, o babaçu e o dendê, na Região Amazônica e a mamona, na região Semi-Árida do Nordeste e Norte de Minas Gerais (FREITAS; PENTEADO, 2006).

Dentre elas, a cultura da mamona é vista como a melhor alternativa, pois apresenta boa adaptação às condições de clima e de solo do Semi-Árido nordestino; e existe disponibilidade de cultivares desenvolvidas pela Embrapa Algodão, com potencial produtivo superior a 2.500 kg/ha de grãos, seu cultivo presta-se à agricultura familiar - podendo gerar emprego e renda aos agricultores - e a torta resultante da extração do óleo pode ser utilizada como adubo na fruticultura, na horticultura e na floricultura, atividades importantes e crescentes nos perímetros irrigados nordestinos. Tais condições sugerem que a magnitude do mercado energético interno poderá constituir a sustentação de um considerável programa de assentamentos familiares com ênfase na cultura da mamona (FREITAS; PENTEADO, 2006).

Pesquisas envolvendo a mamoneira como fonte de energia são um tanto escassa no Nordeste, no Brasil e no mundo, exceto no meio industrial. A produtividade média nacional de mamona, que, em 2001, era de 582 kg.ha<sup>-1</sup>, elevou-se para 803 kg.ha<sup>-1</sup>, em 2004 (IBGE, 2006).

Com o uso de cultivares melhoradas e de sistemas de produção racionais, o Semi-Árido nordestino poderá superar o rendimento de países como a Índia (1.237 kg/ha), de acordo com Ferreira et al. (2006).

A Embrapa Algodão dispõe de um programa de melhoramento de mamoneira e de sistemas de produção direcionados para essa região. Milani et al. (2006) reportam a existência de genótipos com produtividades superiores a 3.000 kg/ha de semente de mamona no estado da Bahia; Godim et al. (2006), trabalhando com genótipos de porte baixo, no estado do Ceará, obtiveram melhores desempenhos com espaçamentos mais adensados do que com os mais largos.

O consórcio de plantas é uma prática agrícola muito usada em todas as regiões tropicais. O agricultor familiar utiliza o plantio simultâneo de diferentes culturas na mesma área, como estratégia para fugir da irregularidade climática muito frequente nessa região. Acredita-se que, ao cultivar espécies com diferença quanto ao ciclo, ao porte, com sistema radicular distintos que explorem diferentes perfis de solo e com necessidades nutricionais específicas, em consórcio, o produtor poderá assegurar maior estabilidade de produção, melhor uso dos recursos naturais, melhor controle de pragas e doenças, além de aspectos como otimização do uso de mão-de-obra, controle de erosão, diversificação de matéria-prima para alimentação da família e do rebanho e melhor eficiência no uso da terra (ALTIERI; LIEBMAN, 1986; FRANCIS, 1986).

O consórcio envolvendo cereais é amplamente praticado nas regiões tropicais. Em geral, os cereais são espécies de metabolismo fotossintético C<sub>4</sub>, muito competitivos e tendem a esgotar o nitrogênio do solo e produzir carboidratos, enquanto as espécies leguminosas são fixadoras de nitrogênio atmosférico e produzem proteínas (TARIAH; WAHUA, 1985).

O consórcio da mamoneira com cereais pode incluir sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e milheto (*Pennisetum americanum* L. Leeke) na Índia (AIYER, 1949) e milho com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Nordeste do Brasil (RAO, 1984).

A mamoneira é susceptível à competição de cereais e apresenta compensação limitada após a colheita do cereal; por isso, vantagem apreciável não tem sido observada ao se associar esta cultura com cereais, particularmente com cultivares de porte anão (CHAUDHURY, 1981). A associação mamona / milho é comum em muitas regiões produtoras do Brasil; no entanto, poucas são as informações de pesquisa que possam compor sistemas de cultivo mais racionais envolvendo as duas culturas.

Investigando o efeito de diferentes sistemas de consórcio, Sharma e Kulhari (2005) reportam que, na Índia, o sistema mamona+ feijão-guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Toub.) e mamona+ grão-de-bico (*Vigna mungo* L.) registraram os mais elevados rendimentos equivalentes de mamona, os mais elevados índices de uso de eficiência da terra (UET) e os mais elevados retornos monetários dos sistemas estudados.

Trabalhando com espécies de hortaliças, Veeranna et al. (2005) reportam que a mamona consorciada com cenoura proporcionou o mais elevado rendimento de cenoura (1700 kg/ha), o mais elevado rendimento equivalente de mamona (2.517 kg/ha) e a mais elevada taxa de retorno (Rs 1,61/ha). Eles constataram, também, que a mamona+ lablab (*Lablab purpureus* L.) foi o sistema com o mais elevado rendimento de mamona (1.600 kg/ha), maior número de bagas/cacho (32) e maior número de cachos por planta (7), muito embora os valores obtidos nas variáveis mencionadas desta oleaginosa não tenham excedido as do sistema mamoneira isolada.

Em pesquisa de campo envolvendo o consórcio da mamoneira com culturas leguminosas, Srilatha et al. (2001) reportam que o rendimento da mamona não foi estatisticamente reduzido pela presença de duas fileiras de amendoim (*Arachis hypogea* L.), de soja (*Glycine max* L.) e da leguminosa *Glycine fabaceae* L. O mais elevado índice de uso de

eficiência da terra (UET= 1,70) foi registrado no sistema mamona+ amendoim. Os índices de retorno relativos indicam que o lucro líquido foi significativamente mais elevado no sistema no qual se cultivaram duas fileiras de amendoim ou duas fileiras de grão-de-bico ou duas fileiras de grão-de-bico-preto ou de soja em consórcio com mamona. Para eles, a melhor opção econômica foi consorciar duas fileiras de amendoim ou grão-de-bico-preto entre fileiras equidistantes de mamona.

Culturas de ciclo longo, como a mamoneira, apresentam, via de regra, crescimento inicial lento e exigem maiores espaçamentos, já que desenvolvem copas exuberantes nos estágios tardios do crescimento. Ao lado desta característica negativa, a mamoneira é altamente susceptível à competição de culturas consortes. Portanto, o uso, de consórcio, envolvendo a mamoneira com culturas como o sorgo, o milho e o feijão vigna, requer cuidados especiais para que se minimize a interferência destas no crescimento e na produção da oleaginosa; há poucas informações que subsidiem sistemas de produção que possam ser difundidos no Semi-Árido nordestino.

O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da população de plantas no rendimento, no uso da eficiência da terra e no índice de competitividade do consórcio da mamoneira com o sorgo, o milho e o feijão vigna no Semi-Árido nordestino.

## MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Monteiro, localizada na região fisiográfica dos Cariris Velhos, com coordenadas geográficas de 7°53' de latitude Sul e 37°07' de longitude Oeste, com 619 m de altitude e clima BS (semi-árido) segundo a classificação de Köppen (BRASIL, 1972).

O período chuvoso na região é concentrado nos meses de janeiro a agosto e as maiores precipitações pluviais, nos de fevereiro a maio. Nos anos de 1994 e 1995, as precipitações pluviais anuais foram 612,3 e 561 mm, respectivamente; a normal climatológica é 631 mm (EMBRAPA, 1995).

O delineamento experimental utilizado por experimento foi blocos causalizados completos, com 9 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos originaram-se de um fatorial 3x3, proveniente da combinação dos seguintes fatores: Experimento 1, três populações de mamoneira ( $M_1$  - 1.250 plantas/ha,  $M_2$  - 2.500 plantas/ha e  $M_3$  - 5.000 plantas/ha) e três populações de sorgo ( $S_1$  - 10.000 plantas/ha,  $S_2$  - 20.000 plantas/ha e  $S_3$  - 40.000 plantas/ha); experimento 2, três populações de mamona ( $M_1$  - 1.250 plantas/ha,  $M_2$  - 2.500 plantas/ha e  $M_3$  - 5.000 plantas/ha) e três populações de milho ( $Mi_1$  - 5.000 plantas/ha,  $Mi_2$  - 10.000 plantas/ha e  $Mi_3$  - 20.000 plantas/ha); experimento 3, três populações de mamona ( $M_1$  - 1.250 plantas/ha,  $M_2$  - 2.500 plantas/ha e  $M_3$  - 5.000 plantas/ha) e três populações de caupi ( $C_1$  - 10.000 plantas/ha,  $C_2$  - 20.000 plantas/ha e  $C_3$  - 40.000 plantas/ha). Parcelas com culturas solteiras foram plantadas em cada bloco. Nos três experimentos, a mamoneira isolada foi plantada na população de 5.000 plantas/ha, no primeiro experimento, o sorgo foi semeado na população de 40.000 plantas/ha, no segundo experimento, o milho isolado foi semeado na população de 20.000 plantas/ha e, no terceiro, o caupi isolado foi semeado na população de 40.000 plantas/ha.

As cultivares - SIPEAL 28, para mamona; IPA 730 1011, para sorgo; BR 106, para milho e EMEPA 1 para caupi - foram plantadas manualmente, em covas de 5 cm de profundidade, no espaçamento de 2,0 m entre fileiras e densidades de plantio que variaram de acordo com os níveis populacionais adotados.

No consórcio, o plantio da mamoneira, do sorgo, do milho e do feijão vigna foi em fileiras alternadas, utilizando-se o modelo aditivo de população de plantas (RAO; WILLEY, 1981). Neste modelo, as combinações foram obtidas através da adição de populações proporcionais de cada cultura componente no consórcio, seguindo-se o esquema já mencionado no delineamento estatístico. A população ótima de cada cultura solteira (mamona,  $M_3$  - 5.000 plantas/ha, sorgo,  $S_3$  - 40.000 plantas/ha, milho,  $Mi_3$  - 20.000 plantas/ha e caupi,  $C_3$  - 40.000 plantas/ha) foi tomada como 100, enquanto as populações adicionais dos outros componentes foram expressas em uma base relativa, conforme esquema a seguir:

$M_1, S_1, Mi_1$  ou  $C_1$  - 25% da população ótima estimada;

$M_2, S_2, Mi_2$  ou  $C_2$  - 50% da população ótima estimada;

$M_3, S_3, Mi_3$  ou  $C_3$  - 100% da população ótima estimada.

Os referidos níveis foram estabelecidos através da variação do espaçamento entre plantas dentro da fileira de cada cultura. Aos 21 dias após a emergência, realizou-se o desbaste em todas as culturas, deixando-se uma planta por cova. A unidade experimental constou de 80 m<sup>2</sup> (8,0 m x 10,0 m).

O solo da área experimental, identificado como Bruno Não Cálcico, fase pedregosa, com vegetação caatinga hiperxerófila e relevo suave ondulado, foi preparado com aração e gradagens. Na adubação aplicada no plantio, utilizaram-se 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 30-40-20. Como fonte de macronutrientes, foram utilizados sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Todos os adubos foram colocados na cova e, imediatamente após, realizado o plantio. As características químicas do solo na área experimental encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Características químicas do solo da área experimental. Monteiro, PB, 1994 e 1995.

Características	Valores
PH (H <sub>2</sub> O)	7,45
Al + + + (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,12
M.O. ( kg <sup>-1</sup> )	20,07
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	6,14
Potássio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,60
Ca + + Mg + + (cmol <sub>c</sub> m <sup>-3</sup> )	10,20

Análises realizadas no laboratório de solo da Embrapa Algodão.

A estimativa da participação de cada componente do rendimento combinado em consórcio, foi efetuada através do índice de uso de eficiência da terra (UET), definido como a "área relativa sob monocultivo, necessária para produzir rendimentos equivalentes aos obtidos em regime de consórcio". A fórmula utilizada para o cálculo dos UETs foi a sugerida por Willey (1979) e Trenbath (1979),  $UET = Yab/Yaa + Yba/Ybb$ , sendo Yab o rendimento de mamona (a) em consórcio com a cultura consorte - sorgo, milho ou feijão vigna (b), Yaa o rendimento de mamona isolada e Yba o rendimento da cultura associada em regime de consórcio. Foi utilizado, também, o índice de competitividade (IC), sugerido por Willey e Rao (1981), empregando-se a fórmula:  $IC \text{ da cultura consorte} = UET \text{ parcial da cultura consorte (sorgo, milho ou feijão vigna)} / UET \text{ parcial da mamona}$ , corrigido pelo percentual de ocupação de cada componente no sistema. Este índice expressa o quanto (em termos numéricos) uma cultura é mais competitiva que a outra. Desde que os ICs de duas culturas, no consórcio, sejam recíprocos, será suficiente considerarem-se os valores de apenas um componente. No presente trabalho, os ICs das culturas consortes foram utilizados por serem mais competitivas que a mamoneira.

Para a análise estatística conjunta dos dados de cada experimento (dois anos cada), o delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com parcelas divididas no tempo, com 4 repetições. As parcelas principais foram consideradas pelos fatores: população de mamoneira e população de sorgo, no primeiro ensaio; população de mamoneira e população de milho, no segundo experimento; população de mamona e população de caupi, no terceiro experimento. As sub-parcelas foram constituídas pelos anos conforme modelos descritos em Gomes (1990) e Steel et al., (1997). As variáveis computadas foram analisadas pelo software SAS, versão 8.2 (SAA/STAT... 2000). Nesta análise, as testemunhas isoladas não foram consideradas. Nos experimentos 1 e 2, utilizaram-se os níveis populacionais teóricos, enquanto no experimento 3, mamoneira/feijão vigna, os produtivos. Na análise de regressão, o teste de identidade de paralelismo de modelos (GRAYBILL, 1976; REGAZZI, 1996) não foi efetuado, pelo fato de as equações oriundas dos diferentes métodos terem sido idênticas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, encontra-se o resumo das análises de variância das variáveis rendimento da mamona, rendimento do sorgo, rendimento do milho e rendimento de caupi nos experimentos I, II e III, respectivamente.

Com relação à variável rendimento de mamona, em todos os experimentos, foram significativos os efeitos principais de "população de mamoneira" ( $P \leq 0,01$  pelo teste F), "população da cultura consorte - sorgo e milho" ( $P \leq 0,01$ ), "caupi" ( $P \leq 0,05$ ) e "ano" ( $P \leq 0,05$ ) experimento II e ( $P \leq 0,01$ ) experimento III, respectivamente. Pela decomposição dos dois graus de liberdade dos primeiros fatores, foi significativo apenas o componente de 1º grau ( $P \leq 0,01$ ). O rendimento da mamoneira, em todos os sistemas (mamona/

TABELA 2. Resumo da análise da variância (quadrados médios) das variáveis rendimento de mamona, sorgo, milho e caupi (kg/ha).

Fonte de Variação	GL	Rendimento					
		Experimento I		Experimento II		Experimento III	
		Mamona	Sorgo	Mamona	Milho	Mamona	Caupi
PP Mamona (A)	2	1028793,87**	1746258,01	775811,43**	200099,18	673052,18**	9972,768
PP Consorte (B)	2	776688,79* *	3385862,80*	509851,26**	11843612,93**	155077,59*	513284,76**
A x B	4	55066,41	35522,86	31022,79	431227,45	34374,76	7417,97
Erro (a)	24	40196,40	66047,05	49413,81	1321967,27	45907,64	50619,87
Ano (C)	1	142222,22	7177629,01**	4374882,00*	12,50	12503007,55**	751946,72**
A x C	2	19426,43	396549,18	41137,12	1442151,04	144497,59	7458,34
B x C	2	28514,76	339822,09	26906,54	210447,04	748,93	30056,68
A x B x C	4	41051,72	328937,20	35245,35	56897,27	8400,97	3546,80
Erro (b)	27	51580,20	472151,50	31365,08	134110,78	43530,57	8717,70
C.V. (%) (a)		38,25	26,01	45,54	49,44	31,04	22,98
C.V. (%) (b)		37,78	31,44	37,68	25,91	29,07	18,42

\*\*Significativo a 1% de probabilidade.

\*Significativo a 5% de probabilidade

sorgo, mamona/milho e mamona/caupi) cresceu linearmente com o aumento de sua própria população (Figuras 1, 2 e 3). A resposta do rendimento de mamona a populações crescentes de mamoneira, não apresentou natureza parabólica, como era de se esperar. Disto se deduz que o nível populacional ótimo desta cultura deverá estar num patamar superior a 5.000 plantas/ha. Os mais elevados rendimentos obtidos de mamona (735,46 kg/ha, 657,92 kg/ha e 527,04 kg/ha) foram registrados em M<sub>3</sub> (Tabelas 4, 5 e 6). Este resultado corrobora os obtidos por Donald (1963), o qual afirma que plantas submetidas a densidades populacionais crescentes tendem a apresentar aumento de rendimento em decorrência da presença de maior número de plantas por unidade de área. É evidente que esse referido aumento só se verificará até o atingimento do nível populacional ótimo, além do qual haverá redução de rendimento. Por outro lado, o rendimento de mamona decresceu com o aumento de população das culturas consortes-sorgo, milho

e caupi (Figuras 1, 3 e 4). Este resultado foi decorrente da competição interespecífica das referidas culturas sobre a mamoneira e indica que elas são as espécies mais competitivas no sistema. O sorgo e o milho são espécies de metabolismo fotossintético C<sub>4</sub>, ditas eficientes, com crescimento inicial rápido, maior índice de área foliar, disposição foliar e porte mais propício à captação de luz. O caupi é uma espécie de metabolismo fotossintético C<sub>3</sub>, ineficiente, porém com crescimento inicial rápido e capaz de fixar o nitrogênio do ar atmosférico e por ser cultivado em densidades populacionais elevadas. Todos estes aspectos conferem a estas espécies características que as tornam mais competitivas que a mamoneira. Estes resultados estão em consonância com Bezerra Neto e Robichaux (1997) que obtiveram aumentos de rendimento de milho (*Zea mays* L.) e redução de biomassa de algodão (*Gossypium hirsutum* L.r. Hutch.) com aumento de densidade populacional de caupi (*Vigna unguiculata* L.)/milho no consórcio com algodoeiro.

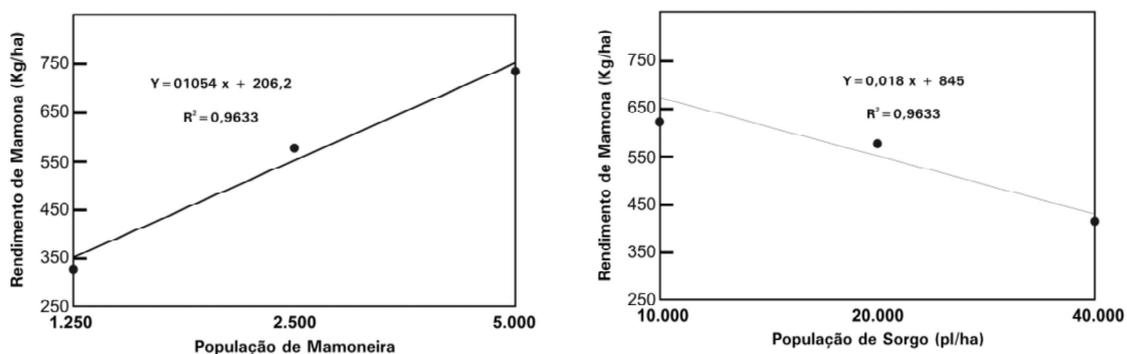


FIG. 1. Regressão do rendimento de mamona em função da população de mamona e de sorgo. Experimento I. ( $P \leq 0,01$ )

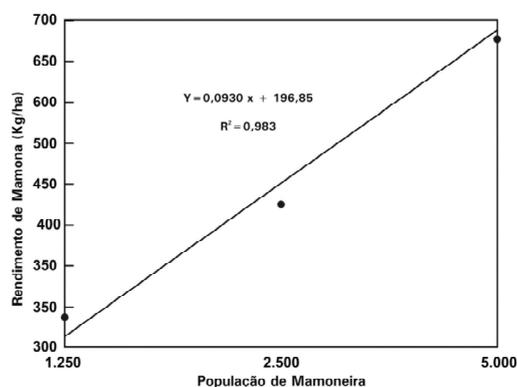


FIG. 2. Regressão do rendimento de mamona em função da população de mamona. Experimento II. ( $P \leq 0,01$ ).

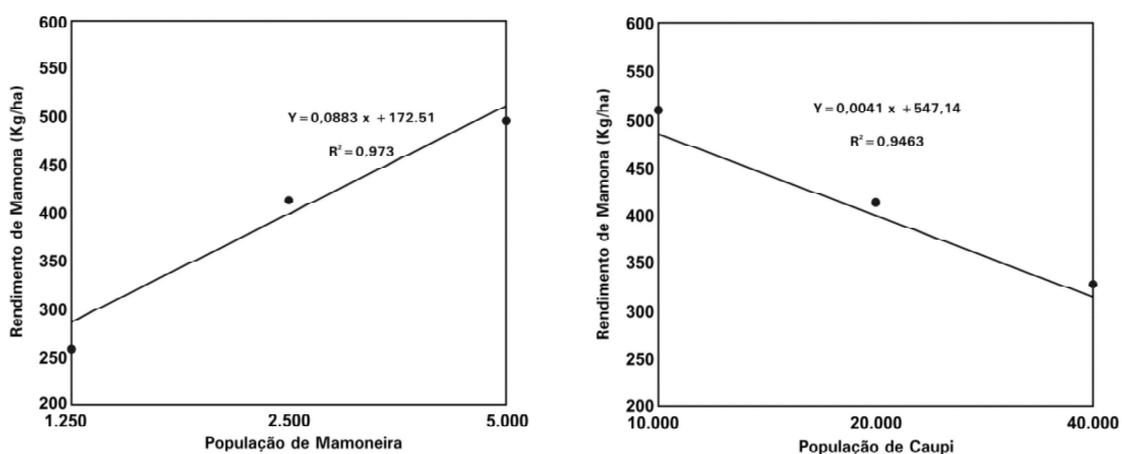


FIG. 3. Regressão do rendimento de mamona em função da população de mamona e de caupi. Experimento III. ( $P \leq 0,01$ ).

TABELA 3. Resumo da análise da variância (QM) do índice de uso de eficiência da terra (UET) e índice de competitividade (IC).

Fonte de Variação	GL	UET Total			IC		
		Experimento			Experimento		
		I	II	III	I	II	III
		UET	UET	UET	IC	IC	IC
PP Mamona (A)	2	0,17	2,33**	1,179**	43,24**	9,02	10,49**
PP Consorte (B)	2	0,01	0,48	0,344	28,75**	76,08**	10,75**
A X B	4	0,08	0,12	0,045	3,23	4,55	0,28
Erro (a)	24	0,05	0,36	0,125	0,59	5,40	0,61
Ano (C)	1	1,21**	2,80*	0,060**	1,59	4,28	0,18
A x C	2	0,03	0,09	0,084	0,27	6,07	0,65
B x C	2	0,01	0,63	0,148	1,95	5,32	0,50
A x B x C	4	0,11	0,08	0,015	2,82	3,96	0,39
Erro (b)	27	0,06	0,13	0,121	1,42	2,51	0,75
CV (%) (a)	-	23,00	29,95	24,930	43,15	21,12	51,49
CV (%) (b)	-	20,33	28,25	24,530	43,28	18,59	52,51

\*\*Significativo a 1% de probabilidade.

\*Significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Valores médios do rendimento de mamona, rendimento sorgo, índice de uso de eficiência da terra (UET) e índice de competitividade (IC).

Fatores	Rendimento Mamona (Kg/ha)	Rendimento Sogro (Kg/ha)	UET Total	IC do Sorgo
<b>PP Mamona</b>				
<b>(pl/ha)</b>				
1.250	286,38	1.871,92	1,37	5,52
2.500	553,33	1.588,96	1,38	2,45
5.000	735,46	1.408,08	1,40	1,64
<b>PP Sorgo</b>				
<b>(pl/ha)</b>				
10.000	670,83	1.216,38	1,23	1,56
20.000	571,00	1.549,04	1,37	3,90
40.000	333,33	2.103,54	1,54	5,42
<b>T. Isolada</b>				
M (5.000)	1.393,75	-	-	-
S (40.000)	-	1.615,05	-	-
<b>Média</b>	<b>525,06</b>	<b>1.622,97</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

TABELA 5. Valores médios do rendimento de mamona, rendimento milho, índice de uso de eficiência da terra (UET) e índice de competitividade (IC).

Fatores	Rendimento Mamona (Kg/ha)	Rendimento milho (Kg/ha)	UET Total	IC do milho
<b>PP Mamona</b>				
<b>(pl/ha)</b>				
1.250	282,95	1.314,46	0,97	1,43
2.500	452,37	1.552,83	1,27	1,15
5.000	657,92	1.430,75	1,48	0,72
<b>PP Milho</b>				
<b>(pl/ha)</b>				
5.000	610,75	688,21	1,10	0,40
10.000	462,79	1.460,75	1,24	1,06
20.000	319,71	2.149,08	1,36	2,24
<b>T. Isolada</b>				
M (5.000)	766,38	-	-	-
S (20.000)	-	2.299,75	-	-
<b>Média</b>	<b>262,42</b>	<b>1.432,68</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

TABELA 6. Valores médios do rendimento de mamona, rendimento feijão vigna, índice de uso de eficiência da terra (UET) e índice de competitividade (IC).

Fatores	Rendimen to Mamona (Kg/ha)	Rendimen to caupi (Kg/ha)	UET Total	IC Caupi
<b>PP Mamona</b>				
<b>(pl/ha)</b>				
1.250	245,71	527,04	1,13	2,05
2.500	441,46	507,79	1,40	1,09
5.000	527,04	486,29	1,50	0,88
<b>PP Caupi</b>				
<b>(pl/ha)</b>				
10.000	500,75	398,88	1,34	0,76
20.000	427,08	448,79	1,30	1,00
40.000	336,38	673,46	1,48	1,90
<b>T. Isolada</b>				
M (5.000)	657,13	-	-	-
S (40.000)	-	691,38	-	-
<b>Média</b>	525,06	507,04	-	-

Para a variável rendimento da cultura consorte (sorgo, milho e caupi), nos diferentes experimentos, foram significativos os efeitos principais de "população de sorgo" ( $P \leq 0,05$  pelo teste F), no experimento mamona/sorgo; "população de milho" ( $P \leq 0,01$ ), no experimento mamona/milho; "população de caupi" ( $P \leq 0,01$ ), no experimento mamona/caupi e "ano" ( $P \leq 0,01$ ) nos experimentos I e III, respectivamente (Tabela 2). No desdobramento dos dois grau de liberdade deste fator, população de sorgo, população de milho e população de caupi, para cada experimento foi significativo apenas o componente do 1º grau ( $P \leq 0,01$ ). O rendimento das culturas consortes aumentou com o incremento de suas próprias populações, isto é, o rendimento de cada uma delas cresceu com o aumento de sua própria população (Figuras 5, 6 e 7)). O mais elevado rendimento destas culturas foram registrado no nível mais alto, isto é,  $S_3$ ,  $Mi_3$  e  $C_3$  (Tabelas 4, 5 e 6). As cultura consortes mostraram-se, em todos os aspectos, mais competitivas que a mamoneira. A ausência de efeito significativo do fator "população de

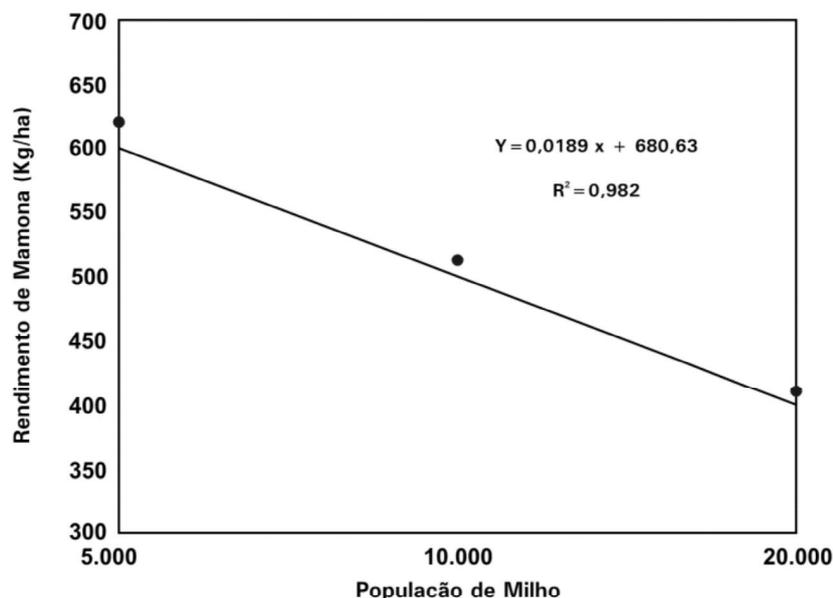
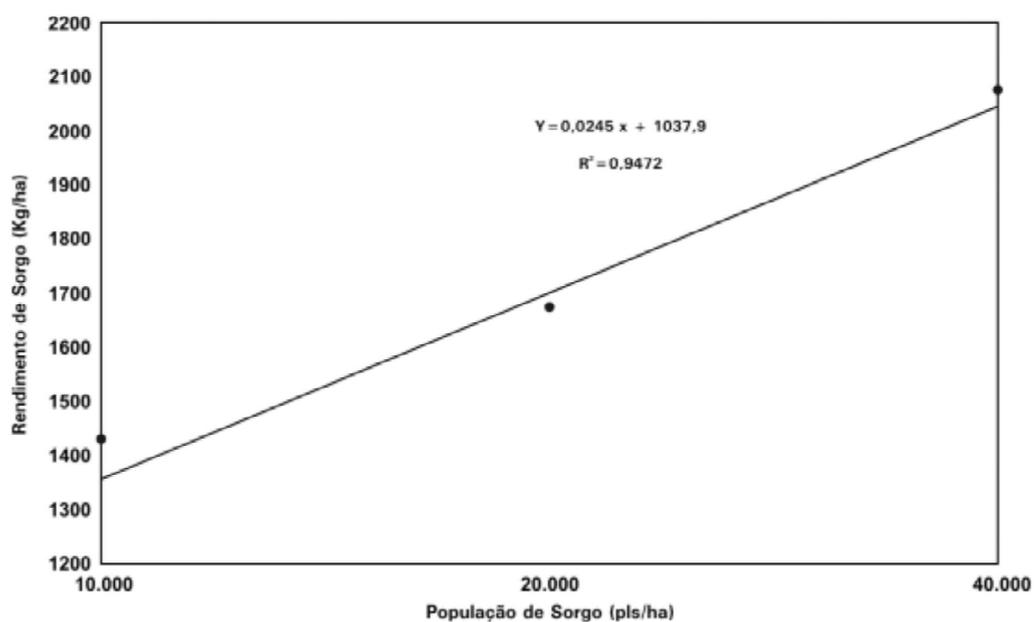
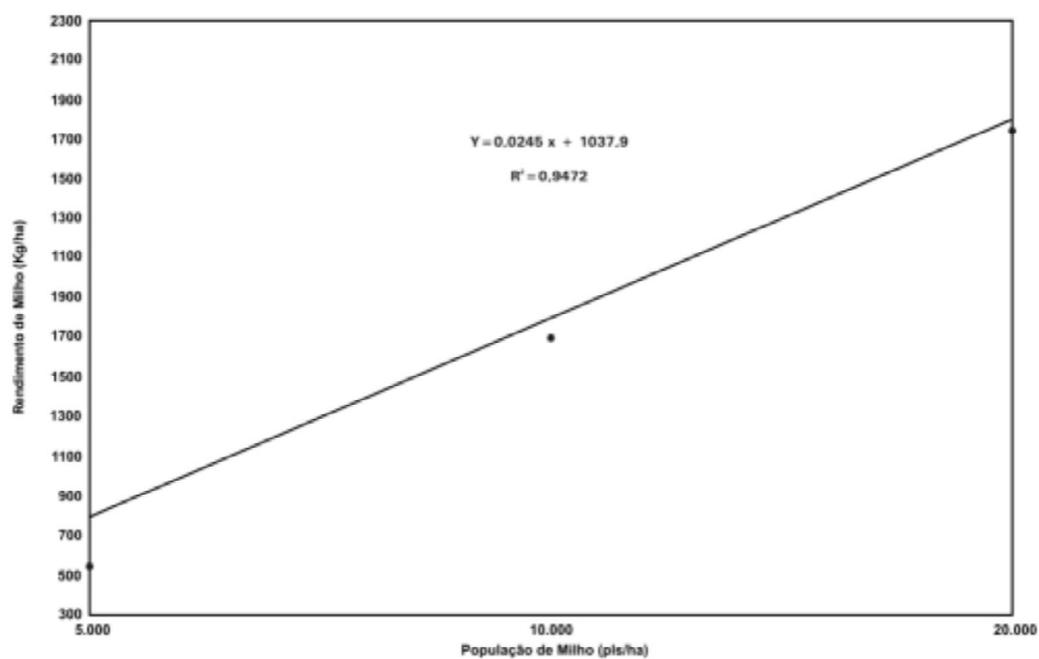


FIG. 4. Regressão do rendimento de mamona em função da população de milho. Experimento II. ( $P \leq 0,01$ ).

FIG. 5. Regressão do rendimento de mamona em função da população de sorgo. Experimento I. ( $P \leq 0,01$ ).FIG. 6. Regressão do rendimento de mamona em função da população de milho. Experimento II. ( $P \leq 0,01$ )

mamoneira" no rendimento das culturas consortes (Tabela 2), pode ser atribuída à sua menor competitividade com relação às culturas consortes. Para o sorgo e o milho, este efeito está relacionado ao mais alto potencial produtivo destas culturas, ao fato de ocuparem posição mais favorável no sistema, com relação à interceptação de luz, e os mais elevados rendimentos para essas espécies devem-se, também, à sua maior habilidade de competição com a outra espécie no consórcio. No caso da mamoneira, o mais baixo potencial produtivo foi decorrente de sua maior susceptibilidade à pressão populacional das culturas consortes, ocasionando decréscimos na produção no consórcio.

Dados sobre a análise da variância da variável UET total encontram-se na Tabela 3. Para UET total do sistema mamona/sorgo, foi significativo apenas o efeito principal de "ano" ( $P \leq 0,01$ ), no experimento I; para o sistema

mamona/milho, foram significativos os efeitos principais de "população de mamona" ( $P \leq 0,01$ ) e "ano" ( $P \leq 0,05$ ) e, para o sistema mamona/caupi, foram também significativos os efeitos principais "população de mamona" e "ano" ( $P \leq 0,01$ ), no experimento III. No desdobramento dos graus de liberdade do primeiro fator, nos experimentos II e III, foi significativo apenas o componente linear ( $P \leq 0,01$ ). Em ambos os experimentos, o índice de UET total (experimento II) e (experimento III) aumentaram linearmente com o incremento da população de mamoneira (Figuras 8 e 9). Os mais elevados UETs foram registrados em  $M_3$  (UET total = 1,48, nos experimentos II e III (Tabelas 5 e 6). A apresentação dos dados pela análise de regressão, particularmente quando não há interação significativa, não permite definir a melhor associação de plantas num modelo aditivo de consórcio. Por este motivo, foram utilizadas as Figuras 10, 11 e 12, sugeridas por Willey (1979), onde os UETs parciais da

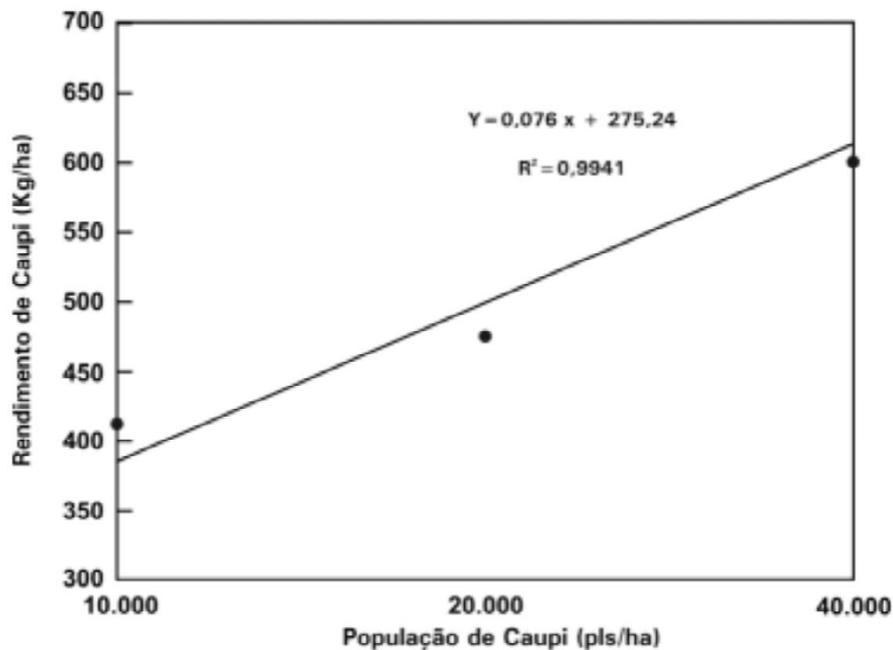
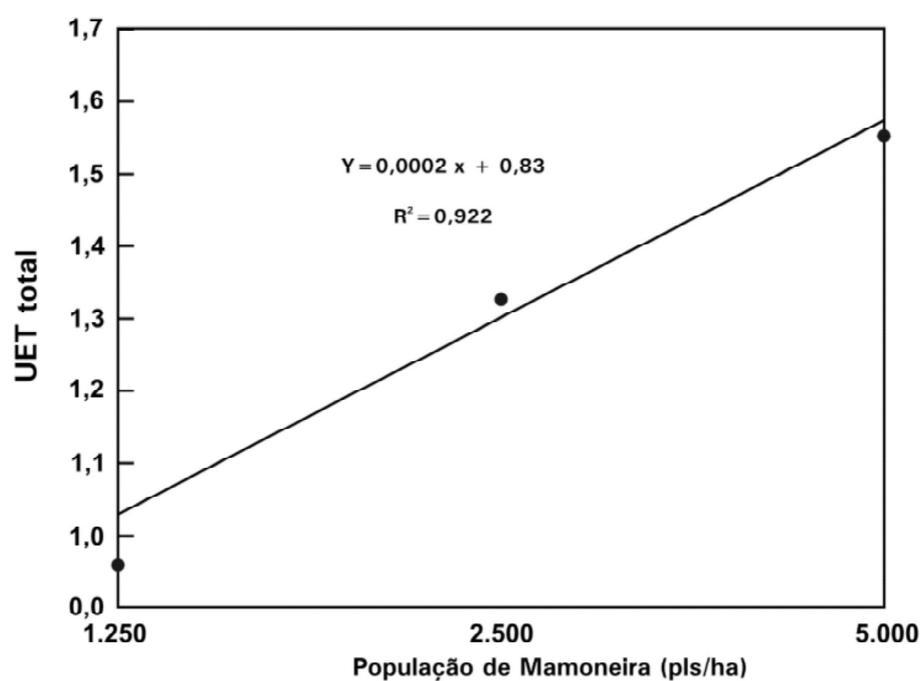
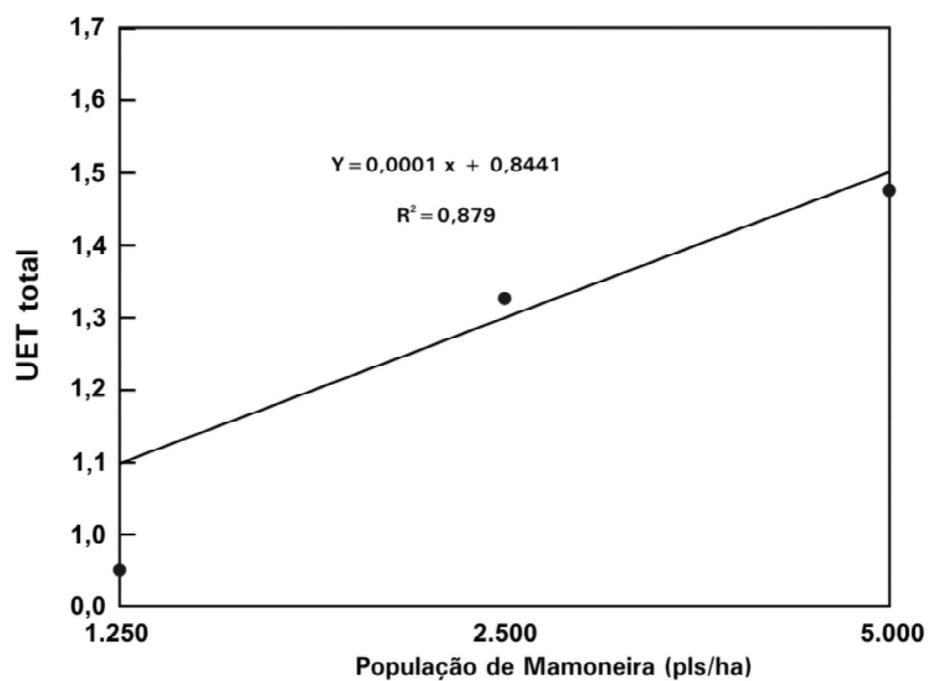


FIG. 7. Regressão do rendimento de caupi em função da população de caupi. Experimento III. ( $P \leq 0,01$ ).

FIG. 8. Regressão do UET total em função da população de mamona. Experimento II. ( $P \leq 0,01$ ).FIG. 9. Regressão do UET total em função da população de mamona. Experimento III. ( $P \leq 0,01$ ).

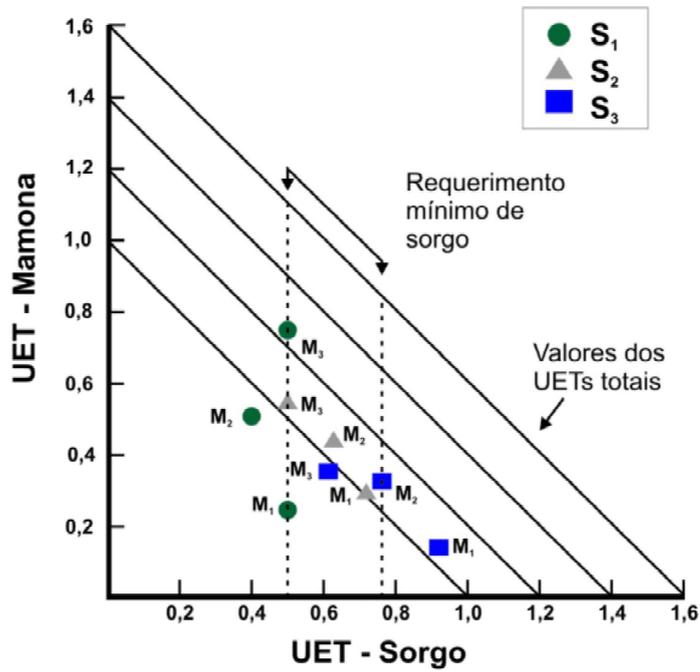


FIG. 10. Diagrama dos UETs totais do consórcio mamona/sorgo. Experimento I.

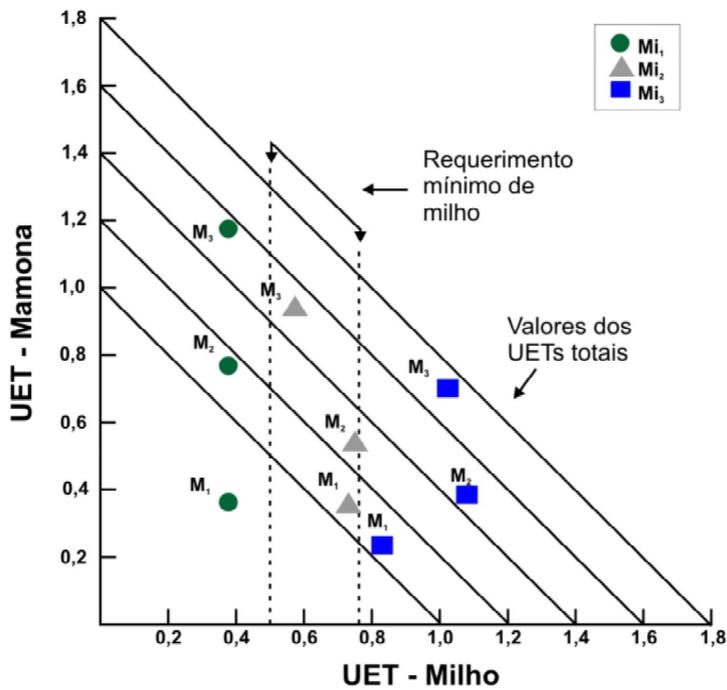


FIG. 11. Diagrama dos UETs totais do consórcio mamona/milho. Experimento II.

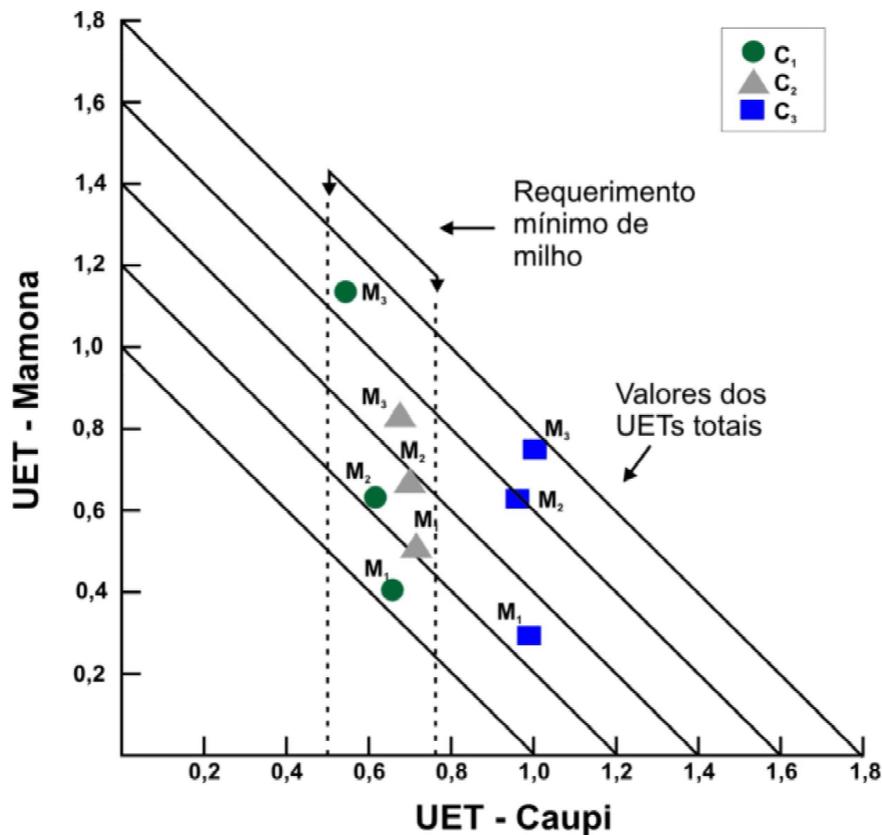


FIG. 12. Diagrama dos UETs totais do consórcio mamona/caupi. Experimento III.

mamoneira foram alocados nos eixos dos Y, os UETs parciais das culturas consortes, nos eixos dos X e os UETs totais foram representados pelas linhas diagonais que ligam os referidos eixos. As deduções mais expressivas que podem ser tiradas destas Figuras são: i) nem todos os UETs totais foram superiores a 1,0, o que representa desvantagem biológica destes sistemas em relação ao monocultivo, sendo mais recorrente no sistema mamona/sorgo (Experimento I) e mamona/milho (Experimento II), retratando maior competitividade dos cereais em relação à leguminosa; ii) os UETs totais do consórcio aumentaram, particularmente nos experimentos II e III, com o aumento da população apenas da mamoneira, iii) os mais elevados UETs totais foram obtidos pelos sistemas nos quais a mamoneira participou com

o mais elevado nível populacional (5.000 plantas/ha) e as culturas consortes com qualquer uma das populações testadas.

Neste tipo de consórcio, as culturas consortes são tomadas como as mais importantes por se tratarem de espécies alimentares, fonte de carboidrato (sorgo e milho) e proteína vegetal (caupi). É importante, portanto, balancear as populações destas culturas, no consórcio, em função da necessidade do produtor (WILLEY; OSIRU, 1972). Com estas premissas em mente, duas linhas foram traçadas nos eixos dos X no diagrama dos UETs totais (Figuras 10, 11 e 12). A primeira destas representa o requerimento mínimo de 50% e a outra de 75%, respectivamente, do rendimento destas culturas

(sorgo, milho e caupi) em regime solteiro. As recomendações práticas que poderão ser tiradas destas premissas são: 1) na hipótese de o produtor desejar, por exemplo, a obtenção de 50% de rendimento de milho, o sistema recomendado seria: mamona em qualquer das populações testadas (1.250 plantas/ha; 2.500 plantas/ha ou 5.000 plantas/ha) + milho na população de 10.000 plantas/ha. Caso ao produtor interesse um mínimo de 75% de rendimento de milho, a solução é utilizar um sistema no qual a mamona entre com qualquer população testada e o milho com a maior população de plantas (20.000 plantas/ha); semelhante princípio deverá ser adotado para os outros sistemas.

Com relação ao índice de competitividade (IC), apenas o efeito principal de "população de mamoneira" (nos sistemas mamona/sorgo e mamona/caupi) e de "população da cultura consorte (sorgo e caupi)" foram significativos ( $P \leq 0,01$ ) nos experimentos I e III (Tabela 3); no experimento II, foi significativo o efeito principal de milho ( $P \leq 0,01$ ), conforme Tabela 3. No desdobramento dos dois graus de liberdades de cada fator, nos diferentes experimentos, foi significativo apenas o componente linear ( $P \leq 0,01$ ). Os índices de competitividade do sorgo e do caupi diminuíram com o aumento da população da mamoneira (Figuras 13 e 15) e aumentaram com o incremento de sua própria população (Figuras 13, 14 e 16). As Figuras 17, 18 e 19 ilustram de maneira mais genérica os efeitos competitivos da mamoneira e das culturas consortes sobre o índice de competitividade, particularmente quando não se constata interação significativa na análise de variância desta variável. Os efeitos podem ser assim resumidos: i) os índices de competitividade das culturas consortes aumentaram com o incremento de suas próprias populações (Experimentos I, II e III) e diminuíram com o aumento da população de mamona (Experimentos I e III) e ii) os mais baixos IC foram registrados nos sistemas nos quais as culturas consortes participaram com os mais baixos níveis populacionais ( $S_1$ ,  $M_1$  e  $C_1$ ) e a mamoneira, também, na menor população de plantas ( $M_1$  ou  $M_2$ ).

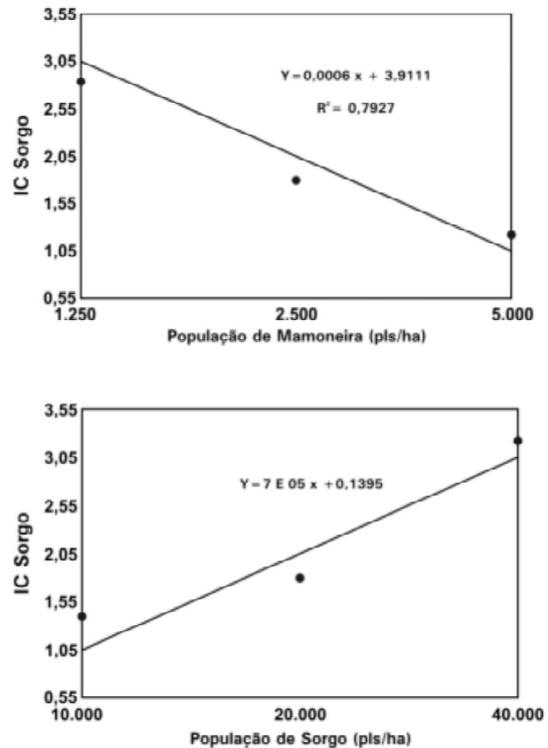


FIG. 13. Regressão do índice de competitividade (IC) do sorgo em função da população de mamona e de sorgo Experimento I. ( $P \leq 0,01$ ).

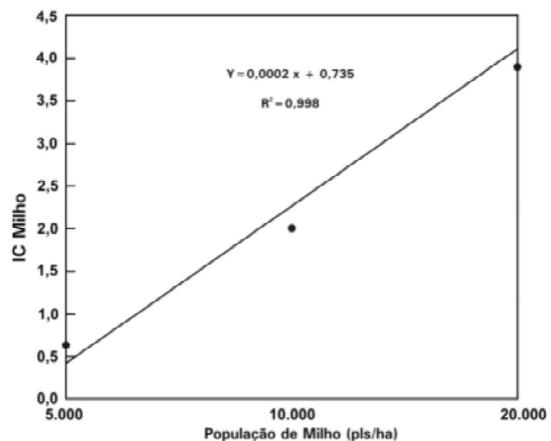


FIG. 14. Regressão do índice de competitividade (IC) do milho em função da população de milho Experimento II. ( $P \leq 0,01$ ).

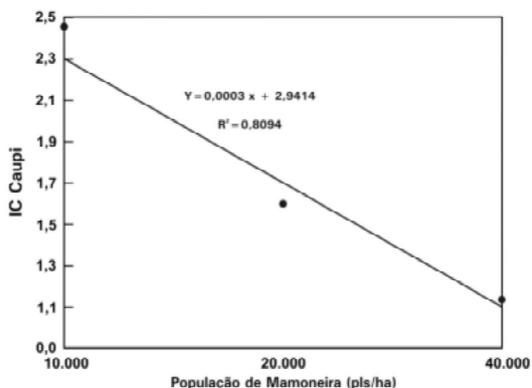


FIG. 15. Regressão do índice de competitividade (IC) do caupi em função da população de mamona. Experimento III. ( $P \leq 0,01$ ).

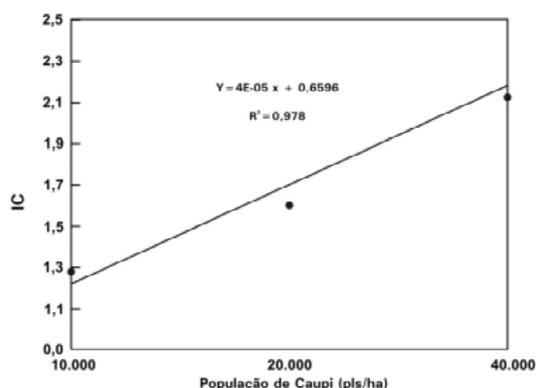


FIG. 16. Regressão do IC em função da população de caupi. Experimento III. ( $P \leq 0,01$ ).

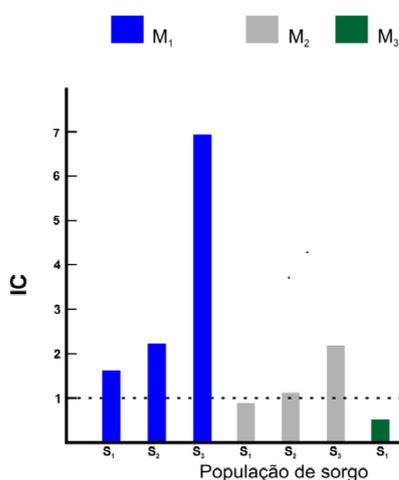


FIG. 17. Índice de competitividade (IC) do sorgo. Experimento I.

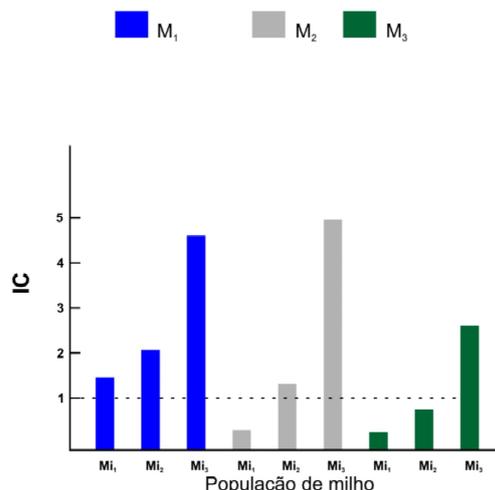


FIG. 18. Índice de competitividade (IC) do milho. Experimento II.

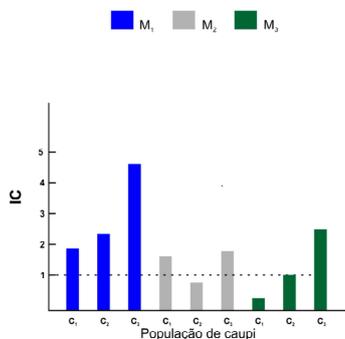


FIG. 19. Índice de competitividade (IC) do caupi. Experimento III.

### CONCLUSÕES

☿ O rendimento da mamoneira aumenta com o incremento de sua própria população e decresce com o aumento de população da cultura consorte;

☿ Os rendimentos das culturas consortes do sorgo, milho e do caupi, no consórcio, apenas aumentam com o incremento de suas próprias populações;

¢ O índice de uso e de eficiência da terra dos sistemas mamona/milho e mamona/caupi aumentam apenas com o incremento da população de mamoneira;

¢ Os mais elevados UETs totais são registrados nos sistemas nos quais a mamoneira participa com a maior população de plantas

¢ Os mais baixos índices de competitividade das culturas consórcio são registrados nos sistemas nos quais tanto a mamoneira como as culturas consórcio participam com as menores populações de plantas.

## REFERÊNCIAS

- AIYER, A. K. Y. N. Mixed cropping in India. The Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, v. 19. p. 439-543. 1949.
- ALTIERI, M.; LIEBMAN, M. Insect, weed and plant disease management in multiple cropping system. In: FRANCIS, C.A. Multiple cropping system. New York: Mcmillan, 1986. p. 183-218.
- BEZERRA NETO, F.; ROGICHAUX, R. H. Spacial arrangement and density effects on an annual cotton/cowpea/maize intercrop. II. Yield and Biomass. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 32, n. 10, p.1029-1037, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 683 p. (Boletim Técnico, 15).
- CHANDHURY, S. L. Recent trends in intercropping systems on the drylands of India: Some thoughts, some results, In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON INTRCROPPING, 1979, Hyderabad, India. Proceedings... Patancheru, India: ICRISAT, 1981. p. 229-305.
- DONALD, C. M. Competition among crop and pasture plants. Advances in Agronomy, New York, v. 15, p. 1-118, 1963.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Relatório técnico anual 1992-1993. Campina Grande, 1995. 513 p.
- FERREIRA, G. B.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S.; GONDIM, T. M. S.; PEDROSA, M. B. A cultura da mamona no cerrado: riscos e oportunidades. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 36 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 149).
- FRANCIS, C. Introduction: distribution and importance of multiple cropping. In: FRANCIS, C. Multiple cropping systems. New York: Macmillan, 1986. p. 1- 19.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 11. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 466 p.
- GRAYBILL, A. F. Theory and application of the linear model. Massachusetts: Duxbury Press, 1976. 704 p.
- FREITAS, C; PENTEADO, M. Biodiesel: energia do futuro. São Paulo: Letra Boreal, 2006. 146 p.
- IBGE. Sidra: banco de dados agregado. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=99&z=p&o=18>. > . Acesso em: 23 jul. 2007.
- MILANI, M.; GONDIM, T. M. de S.; VASCONCELOS, R. de A.; FREITAS, H. E. C. D. de; NÓBREGA, M. B. de M.; PEREIRA, J. R. Produção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Cariri cearense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006. Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

- RAO, M. R. A review of maize-beans and mayse-cowpea intercropping systems in the semi-arid northeast Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 2, p. 179- 192, 1984.
- REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília DF, v. 31, n. 1, p. 1-17, 1996.
- SAS/STAT User´s Gide. In: SAS Institute. SAS Online doc: version 8.2, Cary, 2000. 1 CD-ROM.
- SHARMA, S. L.; KULHARI, S. C. Effect of castor (*Ricinus communis* L.) based intercropping of legumes at varying fertility levels on castor equivalent yield, land equivalent ratio and monetary advantages under rainfed condition. *Journal of Arid Legumes*, Jodhpur, v. 2, n. 2, p. 401-404, 2005.
- SHRILATHA, A. N.; MASTHAN, S. C.; SHIK, M. Evaluate of biological and economic efficiency in castor-legume intercropping system. *Research on Crops*, Jisar, v. 2, n. 3, p. 445-448, 2001.
- STELL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3. ed. New York: Mc Graw- Hill, 1997. 666 p.
- TARIAH, N. M.; WAHUA, T. T. Effects of component populations on yields and land equivalent ratios of intercropped maize and cowpea. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 12, p. 81-89, 1985.
- TRENBATH, B. R. Plant interactions in mixed crop communities. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Multiple cropping. Madison, 1979. p. 121-166. (ASA. Special Publication, 27).
- VEERANNA, G.; YAKADRI, M.; SHAIK, M. Efferct of intercropping vegetables in castor, *Ricinus communis* L. under rainfed conditions. *Journal of Oilseeds Research*, Rajendranagar, v. 21, n. 2, p. 364-365, 2005.
- WILLEY, R. W.; RAO, R. A systematic design to examine effects of plant population and spacial arrangement in intercropping, illustred by an experient on chik pea/sunflower. *Experimental Agriculture*, London, v. 17, p. 63-73, 1981.
- WILLEY, R. W. Intercropping - its importance ad research needs. Part 1, competition and yield advantage. *Field Crop Abstracts*, Slough, v. 32, n. 1, p. 1-10, 1979.
- WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. U. Studies on the mistures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with particular referenceto plant population. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 79, n. 5, p. 519-529, 1972.