

CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA EM 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

Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto

Engenheira Agrônoma, Mestre em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE E-mail: agron.olienaide@gmail.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 no período de 8 abril a 26 de agosto de 2010, 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. Além disso, usou-se a análise de trilha para particionar os valores de correlação em efeito de causa direta e indireta, sobre a produtividade de grãos. O delineamento utilizado no experimento foi blocos ao acaso com 9 tratamentos e 4 repetições. A produtividade de grãos, produtividade de racemos, número de internódios por planta, altura de planta e comprimento de racemo apresentaram reduções em seus valores, quando considerado o sistema de consorciação em relação ao monocultivo da mamoneira. Correlações significativas foram constatadas entre produtividade de grãos e as variáveis agrônomicas como a produtividade de racemos, quantidade de racemos por planta, altura da planta e comprimento de racemo. A produtividade de racemos, a relação produtividade de grãos pela produtividade de racemos, quantidade de racemos, altura de inserção do racemo primário e o comprimento de racemo proporcionaram efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos da mamoneira.

Palavras-chave – *Ricinus communis*, associação de caracteres, caracteres agrônômicos

CORRELATIONS AND PATH ANALYSIS IN CASTOR INTERCROPPING WITH SESAME, COTTON, CORN AND COWPEA

Abstrat- An experiment field was carried in the period from 8 april to 26 of august 2010, 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] conditions in dryland farming. In addition, we used the path analysis to partition the correlation values in effect cause direct and indirect impact on grain yield. The design used in the experiment was randomized block with 9 treatments and 4 replications. Grain yield, yield of racemes, number of internodes per plant, plant height and length of raceme showed reductions in their magnitude, when considered in the intercropping system compared to the monoculture of castor bean ; Significant correlations were found between grain yield and agronomic variables such as productivity of racemes, number of racemes per plant, plant height and length of raceme. The productivity of racemes, the ratio of grain yield by the productivity of racemes, number of racemes, insertion height of the primary raceme length and provided a positive direct effect on grain yield of castor bean.

Key words – *Ricinus communis*, character association, agronomic characters

INTRODUÇÃO

A produção de grãos de mamona mundial e Brasil na safra 2009 foi respectivamente de 1.499.111 e 90.384 t. A produtividade da mamoneira no mundo e Brasil em 2009 foi 1.172 e 567,7 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2009).

A associação da produtividade de grãos da mamoneira com caracteres agrônômicos, os quais são componentes do crescimento vegetal, representam grande significância nos estudos de manejo cultural.

Os coeficientes de correlação expressam somente uma medida de associação, portanto não permitindo conclusões sobre causa e efeito, não possibilitando inferências com

relação ao tipo de associação que o par de caracteres Y/X (COIMBRA et al., 2005).

Para sanar o problema com relação à interpretação dos coeficientes de correlação, os quais não indicam a magnitude dos efeitos diretos e indiretos, Wright (1921) desenvolveu o método de análise de trilha. Esse método desdobra as correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável considerada principal.

A análise de trilha ou de caminhamento tem sido empregada em estudos com plantas cultivadas, a exemplo, mamona (SARWAR & CHAUDHRY, 2008; SANTOS et al., 2004; THATIKUNTA & PRASAD, 2001), pinhão manso (SPINELI et al., 2010) e em girassol (AMORIM et al., 2008; YASIN & SINGH, 2010).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a associação entre a produtividade da mamoneira consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi através dos

componentes de produção da mamoneira por meio das análises de correlação e trilha.

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 pluvial média é 873,3 mm, temperatura média anual de 26,7°C e umidade relativa do ar de 70% (BRASIL, 1973).

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

Tabela 1 - Precipitação pluvial 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
Mai	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, Departamento de Engenharia Agrícola (DENA).

Os valores da análise química oriundos de amostras obtidas na área experimental, colhidas numa profundidade de 0- 20 cm encontra-se a seguir: $Ca^{++} = 1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $Mg^{++} = 0,80 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $K^+ = 0,14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $P^+ = 7 \text{ mg kg}^{-1}$, $Al^{+++} = 0,05 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 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, quando se leva em consideração as parcelas consorciadas e os monocultivos das culturas estudadas. Para análise de variância na cultura da mamona o delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados com cinco 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 variáveis agrônomicas avaliadas foram: a) produtividade de grãos (kg ha^{-1}), b) produtividade de racemo (kg ha^{-1}), c) relação produtividade de grãos e produtividade de racemo, d) O número de racemos foi determinado por mediante a divisão do número total de racemos colhidos em cada parcela pela quantidade plantas úteis, e) número de internódios até a inserção do racemo primário determinado através de contagem em 4 plantas da área útil em cada parcela, f) comprimento de internódios (cm) foi determinado mediante a divisão do número de internódios até a inserção do racemo primário pela altura de inserção do racemo primário e g) comprimento de racemo (cm) foi determinado através da média de quatro racemos de cada parcela útil.

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.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando detectada ou não a significância pelo teste F a 1 % ou 5 % de probabilidade, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para tanto, usou-se o ASSISTAT 7,5 beta, Sistema de Análise Estatística da UFCG (SILVA & AZEVEDO, 2009).

Os coeficientes de correlação de Pearson e a análise de trilha empregou-se o programa genes computacional (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância (Tabela 2) para a produtividade de grãos, produtividade de racemos, número de racemo por planta indicaram resposta diferenciada ($p < 0,01$).

O sistema de consorciação da mamona com seus consórcios não proporcionaram mudanças na relação produtividade grãos pela produtividade de racemo e no

número internódios por planta (Tabela 2 e 3), ou seja, a competição interespecífica não ocorreu tais variáveis.

A baixa produtividade de grãos da mamoneira (Tabela 3) foi bastante inferior ao potencial da cultivar BRS ENERGIA (EMBRAPA, 2007), pode ser atribuída à baixa precipitação pluvial ocorrida no local (Tabela 1). Segundo Távora (1982) a precipitação pluvial para a cultura da mamoneira é de pelos menos 600 mm durante o ciclo fenológico.

Vale destacar que a produtividade de grãos, produtividade de racemos e o número médio de racemos por planta sofreram alterações devido ao sistema de plantio adotado (Tabela 3). Tal tipo, de resposta indica que mamoneira sofreu efeito da competição interespecífica com as culturas do algodão, feijão caupi, gergelim e milho.

As reduções na produtividade de grãos causadas pela consorciação da mamona com outras culturas são relatadas por autores como, Távora et al. (1988), Corrêa et al. (2006), Azevedo et al. (2007 a, b), Thanunathan et al. (2008) e Beltrão et al. (2010 a, b).

Vale salientar que a mamona apresentou maior rendimento no consórcio com o milho, devido a menor competição interespecífica, possivelmente ocasionada pela escassez pluvial (Tabela 1) durante o período durante vegetativo e reprodutivo da gramínea.

Autores como Azevedo et al. (2007 b) reportam que a mamoneira é menos competitiva em relação a gramíneas como milho e sorgo que apresentam rápido crescimento inicial e maior índice de área foliar, proporcionando maior captação de luz.

A presença dos consórcios reduziu a produtividade da mamona em média 31,57 % quando comparado a seu monocultivo (Tabela 3).

Os resultados constatados no consórcio mamona com gergelim, algodão, milho e feijão caupi no que diz respeito a variável número de cachos por planta são divergentes aos encontrados por Azevedo et al. (2007 a). Esses autores não constataram variação no número de cachos da mamoneira.

Tabela 2. Produtividade de grãos (PG), produtividade de racemos (PR), relação produtividade de grãos e racemos (PG/PR), número racemos por planta (NRP), número de internódios por planta (NIP) no sistema de consorciação da mamona com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Fontes de Variação	PG (Kg ha^{-1})	PR (Kg ha^{-1})	PG/PR (%)	NRP	NIP
	Quadrado Médio				
Blocos	1432,86 ^{ns}	9.808,88 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,13 ^{ns}	1,93 ^{ns}
Tratamentos	128128,47 ^{**}	401.225,46 ^{**}	0,003 ^{ns}	1,01 ^{**}	0,83 ^{ns}
Resíduo	1068,28	64449,22	0,002	0,07	1,42

* significativo ao nível de 5% ($p \leq 0,05$), ** significativo ao nível de 1% ($p \leq 0,01$) e não significativo (^{ns}).

Tabela 3. Produtividade de grãos (PG), produtividade de racemos (PR), relação produtividade de grãos e racemos (PG/PR), número de racemos por planta (NRP), número de internódios por planta (NIP) no sistema de consorciação da mamona com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Tratamentos	PG (Kg ha ⁻¹)	PR (Kg ha ⁻¹)	PG/PR (%)	NRP	NIP	**T (%)
Médias						
1-Ma+Ge	101,04 c*	177,08 d	0,57 a	0,89 c	13,87 a	18,62
2-Ma+Al	207,29 b	391,66 bc	0,52 a	1,61 ab	13,25 a	37,78
3-Ma+Mi	255,21 b	426,04 b	0,59 a	1,21 bc	12,62 a	46,66
4-Ma+Ca	126,04 c	242,70 cd	0,53 a	1,21 bc	13,25 a	23,23
5-Ma	547,91 a	979,16 a	0,56 a	2,20 a	13,00 a	100
Média geral	247,50	443,33	0,56	1,43	13,20	-
CV (%)	13,20	18,11	8,75	19,59	9,03	-
DMS	73,70	181,09	0,11	0,63	2,68	-

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

** T (%)= Percentual em relação sistema de monocultivo para produtividade de semente da mamona

Para a altura da planta ($p < 0,01$) e comprimento de inserção do racemo primário e comprimento internódios racemo ($p < 0,05$), foram detectadas a significância não foram constatadas alterações significativas (Tabela 4). estatística (Tabela 4). Enquanto, as variáveis altura de

Tabela 4. Altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento internódios (CINT), comprimento de racemo (CR) no sistema de consorciação da mamona com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Fontes de Variação	AP (cm)	AIRP	CINT (cm)	CR (cm)
Quadrado Médio				
Blocos	233,48 **	104,84*	0,37 ^{ns}	12,67 ^{ns}
Tratamentos	251,91 **	38,41 ^{ns}	0,10 ^{ns}	22,09 *
Resíduo	36,11	28,75	0,22	4,57

* significativo ao nível de 5% ($p \leq 0,05$), ** significativo ao nível de 1% ($p \leq 0,01$) e não significativo (^{ns}).

A mamona cultivada com junto a seus consortes apresentou mudanças na altura da planta e comprimento de racemo (Tabela 5). A altura da planta foi significativamente reduzida em função da escassez hídrica (Tabela 1) ocorrida durante a execução do trabalho experimental. A cultivar de mamona BRS ENERGIA os valores médio de altura da planta e comprimento de racemo são respectivamente de 1,40 m e 80 cm (EMBRAPA, 2007).

Em trabalho desenvolvimento por Azevedo et al. (2007 a) com mamona consorciada com milho não constataram alterações na altura da cultura principal. O mesmo autor sugere que esse tipo de resposta ocorra em função da equivalência de competição intra e inespecífica. Kumar et al. (2010) trabalhando com mamona em sistema de consorciação constataram reduções na altura da planta, número de racemos e comprimento do racemo primário em relação ao seu monocultivo.

Tabela 5. Altura de planta (AP), altura de inserção do racemo primário (AIRP), comprimento de internódio (CINT), comprimento de racemo (CR) no sistema de consorciação da mamona com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Tratamentos	AP (cm)	AIRP (cm)	CINT (cm)	CR (cm)
Médias				
1-Ma+Ge	55,50 b*	51,87 a	3,74 a	14,14 b
2-Ma+Al	56,62 ab	44,25 a	3,31 a	16,39 ab
3-Ma+Mi	69,12 a	45,37 a	3,60 a	18,33 ab
4-Ma+Ca	53,25 b	46,12 a	3,52 a	13,82 b
5-Ma	69,75 a	44,75 a	3,46 a	18,97 a
Média geral	60,85	46,47	3,53	16,33
CV (%)	9,87	11,53	13,39	13,08
DMS	13,55	12,09	1,06	4,82

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis agrônômicas estudadas no sistema de consorciação são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Matriz de correlação entre 9 variáveis agrônômicas em 5 tratamentos da mamona sob sistema de consorciação com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Variáveis	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉
Y ₁	1	0,9891**	0,0902	0,8418**	-0,1836	0,5995**	-0,2183	-0,1044	0,6068**
Y ₂		1	-0,0371	0,8553**	-0,1469	0,6114**	-0,1884	-0,0987	0,6105**
Y ₃			1	-0,0792	-0,1511	-0,0048	-0,0231	0,0916	-0,0915
Y ₄				1	-0,1204	0,5115*	-0,1344	-0,0596	0,4790*
Y ₅					1	0,0447	0,4100	-0,2296	-0,0444
Y ₆						1	0,2858	0,2727	0,7431**
Y ₇							1	0,7916**	0,1416
Y ₈								1	0,1833
Y ₉									1

Y₁: produtividade de grãos (Kg ha⁻¹), Y₂: produtividade de racemo (Kg ha⁻¹), Y₃: relação Y₁/Y₂, Y₄: número de racemo por planta, Y₅: número de internódios até a inserção do racemo primário, Y₆: altura da planta (cm), Y₇: Altura de inserção do racemo primário (cm), Y₈: Comprimento de internódio medido até a inserção do racemo primário (cm), Y₉: comprimento de racemo (cm), significativo ao nível de 5% (*) e significativo ao nível de 1% (**) pelo teste t.

As correlações entre produtividade de grãos da mamoneira (Y₁) e as variáveis produtividade de racemo (Y₂), quantidade de racemo por planta (Y₄) e comprimento de racemo (Y₉), apresentaram resultados significativos e positivos, indicando uma base de relacionamento estreita entre as variáveis agrônômicas analisadas nas condições de cultivo consorciado em regime sequeiro (Tabela 6). Respostas desta magnitude indicam tendência de incrementos nos pares correlacionados. Além disso, podem também indicar que ocorre algum grau de interferência nas variáveis correlatas para a expressão do rendimento da mamoneira.

Resposta não significativa (Tabela 6) foi constatada nas correlações entre produtividade de grãos da mamoneira (Y₁) e as variáveis, relação Y₁/Y₂ (Y₃), número de internódios até a inserção do racemo primário (Y₅), altura de inserção do racemo primário (Y₇) e comprimento de internódio (Y₈).

Autores como Montardo et al. (2003), reportam que uma possível razão para baixa correlação entre variáveis seria a ocorrência de pouca variabilidade em uma das mesmas, uma vez que a análise de trilha procura identificar uma eventual associação na variação das características em estudo.

Correlações significativas foram constatadas em pares, a exemplo, produtividade x altura de planta, produtividade x número de cápsulas por planta e produtividade x número de racemos por planta (LIMA & SANTOS, 1998), produtividade de grãos por planta x número de racemos por planta e massa de racemos x número de frutos por racemos (SOUZA et al., 2007), emissão de racemos x número de racemos colhidos (SAMPAIO FILHO et al., 2008), produtividade de grãos por planta x massa de cápsulas por planta, comprimento do racemo primário x

número de racemos por planta (SARWAR & CHAUDHRY, 2008) e produtividade x comprimento de racemo primário, produtividade x número de racemos por planta, altura da planta x número de internódios (ANJANI, 2010).

O coeficiente de determinação da análise de trilha foi igual a 99,61 %, denotando que a produtividade de grãos da mamoneira pode ser explicada com base no efeito das variáveis analisadas (Tabela 7). A dispersão dos dados avaliados 0,39 % em relação à produtividade da mamona, sendo atribuída a fatores de natureza aleatória durante a condução do experimento (Tabela 7). Para Amorim et al. (2008) o valor do coeficiente de determinação, tendo a produtividade como varável principal na análise de trilha, se restringe as variáveis agrônômicas avaliadas, em virtude ser um caráter quantitativo.

O valor do efeito residual da análise de trilha foi igual a 0,0621, no sistema de consorciação da mamona com algodão, feijão caupi, gergelim e milho. Autores como Thatikunta & Prasad (2001) reportam em trabalho desenvolvido com mamona e analisado por meio da análise de trilha, efeito residual de 0,3185, demonstrando que variáveis selecionadas para explicar a produtividade da cultura foram adequadas.

A análise de trilha ou também denominada de análise de caminhamento foi usada para determinar os efeitos diretos e indiretos entre a produtividade de grãos e as variáveis agrônômicas estudadas na cultura da mamona (Tabela 7).

Entre as variáveis estudadas a produtividade de grãos foi a que apresentou maior correlação com produtividade de racemos (Tabela 6 e Tabela 7). Cabe salientar que alta correlação entre essas duas variáveis estudadas ocorreu

em grande parte, em função do efeito direto da primeira sobre a segunda (Tabela 7). Desta forma a produtividade de racemos é caracterizada como a principal característica na determinação da produtividade de grãos da mamoneira. Sarwar & Chardhry (2008) constataram efeito direto positivo do peso de capsulas por plantas (0,4959) em relação à produtividade de sementes. Além disso, verificaram que a correlação gerada entre produtividade de sementes e peso de capsulas por plantas, foi oriunda em grande parte pelo efeito direto.

A produtividade de racemos teve valor direto positivo (0,9561), tendo também os efeitos indiretos positivos como a quantidade de racemo por planta (0,01470), número de internódios até a inserção do racemo primário (0,0088), comprimento de internódio (0,0264) em outras, palavras contribuíram para formação da produtividade de grãos da mamoneira (Tabela 7). Enquanto os negativos foram à relação produtividade de grãos pela produtividade de racemos (-0,0048), altura da planta (-0,0099) e altura de inserção do racemo primário (-0,0105), contribuindo para o declínio da produtividade de grãos.

A correlação entre a produtividade de grãos x relação produtividade de grãos pela produtividade de racemos (0,0902), apresentou valor positivo (Tabela 6), o efeito direto (0,1306) da primeira variável sobre segunda foi positivo. O efeito direto teve grande parcela de contribuição na formação da correlação em comparação aos efeitos indiretos (Tabela 7). Montardo et al. (2003) sugere uma possível razão para baixa correlação entre variáveis seria a ocorrência de pouca variabilidade em uma das mesmas, uma vez que a análise de trilha procura identificar uma eventual associação na variação das características em estudo. Assim, se uma das variáveis apresenta uma baixa variabilidade, provavelmente não será possível determinar uma associação entre essa característica e qualquer outra, ou essa associação apresentará pequena correlação.

A correlação entre a produtividade de grãos x número de racemos por planta (0,8418) indicando uma forte associação entre tais variáveis. Os efeitos indiretos foram os que apresentaram maior contribuição (0,8247) para formação do valor do coeficiente de correlação (0,8418), restando apenas um pequeno valor para o efeito direto (0,0171).

O efeito direto positivo, para número de racemos por planta pode ser uma característica de importância capital na determinação da produtividade da mamoneira (Tabela 7). Resultados que corroboram com os do presente experimento foram verificados por Salih & Khidir (1975), Thatikunta & Prasad (2001), Santos et al. (2004) e Sarwar & Chardhry (2008).

O número de internódios correlacionou negativamente (Tabela 6) com a produtividade de grãos da mamoneira (-0,1836), o efeito direto (Tabela 7) também foi negativo (-0,0605). Resposta desta magnitude sugere, que plantas com menor número de internódios, provavelmente apresentarão maiores produtividade de grãos. Thatikunta & Prasad (2001) também constaram valor negativo para

efeito direto número de internódios (-2,66) e efeito indireto para altura da planta (-0,51), sugerindo que as plantas mais apropriadas para aumentar a produtividade de grãos são as de porte anão.

A altura da planta correlacionou-se positivamente (Tabela 6) com a produtividade de grãos (0,5996), o efeito direto (Tabela 7) da primeira variável sobre a segunda foi negativo (-0,0162). Isso indica que, isolando os efeitos indiretos das variáveis correlacionadas, quanto maior a altura da planta, menor seria a produtividade de grãos. Essa correlação positiva entre altura da planta x produtividade de grãos, ocorreu indiretamente, pelo efeito da produtividade de racemos por planta. Valores negativos (THATIKUNTA & PRASAD, 2001; SARWAR & CHARDHRY, 2008) e positivos (SALIH; KHIDIR, 1975; SANTOS et al., 2004) para efeito direto da altura de planta de mamoneira em relação à produtividade de grãos.

O efeito direto (Tabela 7) da altura de planta (-0,0162) e os efeitos indiretos (Tabela 7) de número de internódios (-0,0027) e o comprimento de internódios (-0,0225), tais valores demonstram a importância de tipos de plantas com altura pequena para proporcionar incrementos à produtividade de grãos. Esse tipo de resposta foi confirmado por autores como Salih & Khidir (1975), Thatikunta & Prasad (2001), Sarwar & Chardhry (2008), Mijić et al. (2009), Ilahi et al. (2009). Esse tipo de resposta sugere ainda uma partição de assimilados, maior para a produção de grãos em relação à altura da planta.

A altura de inserção do racemo primário quando correlacionada com a produtividade de grãos (Tabela 6) apresentou valor negativo (-0,2183), o efeito direto (Tabela 7) foi positivo (0,0558). Da mesma forma, como ocorre com a altura da planta, a altura de inserção do racemo primário também, isolando os demais efeitos indiretos irá causar declínios na produtividade da mamoneira.

O comprimento de internódio apresentou correlação negativa (-0,1044), quando associado com a produtividade de grãos (Tabela 6), o efeito direto (Tabela 7) também foi negativo (-0,0825). Esses resultados, possivelmente indicam que plantas com menor comprimento de internódio, apresentaram menor altura de inserção do racemo primário, refletindo assim em incrementos na produtividade de grãos. Ilahi et al. (2009) reportaram efeito direto negativo para altura de planta e efeito positivo para comprimento de internódio, tomando como variável base o peso de aquênios por capítulo na cultura do girassol. Esse tipo de resposta reforça a interpretação que comprimento de internódios menores, resultara em plantas de estatura reduzida, com isso existe a possibilidade de ocorrer maior de partição de fotoassimilados para formação da produção de sementes de mamoneira.

O comprimento de racemos x produtividade de grãos (Tabela 6) apresentou correlação positiva (0,6068), tendo efeito direto (Tabela 7) positivo (0,0433). Vale ressaltar, que essa correlação ocorreu, indiretamente pelo efeito da produtividade de racemos (Tabela 7). Thatikunta & Prasad

(2001) reportam correlação positiva para o par comprimento de racemo x produtividade de grãos, além disso, também constataram efeito direto positivo. Esses autores ainda comentam que a altura da planta (-0,52) e número de internódios até o racemo primário (-1,50) para efeitos indiretos, demonstrando a importância de plantas de porte anão, floração precoce e apresentando uma maior relação flores femininas / flores masculinas.

Sarwar & Chardhry (2008) reporta valor negativo (-0,052) para efeito direto do comprimento do racemo primário na produtividade, porém apresentou correlação positiva (0,1127) com a produtividade de grãos. Neste de tipo de situação com coeficiente de correlação positivo, mas, com efeito, direto negativo, a correlação que ocorre é originada dos efeitos indiretos. Desta forma todos os efeitos causais diretos poderiam ser considerados simultaneamente para a produtividade de grãos.

Tabela7. Estimativas de efeitos diretos (na diagonal, negrito) e indiretos (fora da diagonal) de 8 variáveis agrônômicas sobre a produtividade de grãos (Kg ha⁻¹) em 5 tratamentos no sistema de consorciação da mamona com gergelim, algodão, milho e feijão caupi em regime de sequeiro. Ceará-Quixadá, 2010.

Variáveis	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Total
Y ₂	0,9561	-0,0048	0,01470	0,0088	-0,0099	-0,0105	0,0081	0,0264	0,9891**
Y ₃	-0,0354	0,1306	-0,0013	0,0091	0,00007	-0,0012	-0,0075	-0,0039	0,0902
Y ₄	0,8178	-0,0103	0,0171	0,0072	-0,0083	-0,0075	0,0049	0,0207	0,8418**
Y ₅	-0,1404	-0,0197	-0,0020	-0,0605	-0,0007	0,0228	0,0189	-0,0019	-0,1836
Y ₆	0,5846	-0,0006	0,0088	-0,0027	-0,0162	0,0159	-0,0225	0,0322	0,5995**
Y ₇	-0,1801	-0,0030	-0,0023	-0,0248	-0,0046	0,0558	-0,0653	0,0061	-0,2183
Y ₈	-0,0943	0,0119	-0,0010	0,0138	-0,0044	0,0441	-0,0825	0,0079	-0,1044
Y ₉	0,5837	-0,0119	0,0082	0,0026	-0,0120	0,0079	-0,0151	0,0433	0,6068**
R ²	0,9961								
Efeito Residual	0,0621								

Y₂:produtividade de racemo (Kg ha⁻¹), Y₃: relação Y₁/Y₂, Y₄: quantidade de racemo por planta, Y₅:número de internódios até a inserção do racemo primário, Y₆: Altura da planta (cm), Y₇: Altura de inserção do racemo primário (cm), Y₈: Comprimento de internódio medido até a inserção do racemo primário (cm), Y₉: comprimento de racemo (cm).

CONCLUSÕES

A produtividade de grãos, produtividade de racemos, número médio de internódios por planta, altura de planta e comprimento de racemo apresentaram reduções em seus valores, quando considerado o sistema de consorciação em relação ao monocultivo da mamoneira.

Correlações significativas foram constatadas entre produtividade de grãos e as variáveis agrônômicas como a produtividade de racemos, quantidade de racemos por planta, altura da planta e comprimento de racemo.

A produtividade de racemos, a relação produtividade de grãos pela produtividade de racemos, quantidade de racemos, altura de inserção do racemo primário e o comprimento de racemo proporcionaram efeito positivo sobre a produtividade de grãos da mamoneira.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIH, T. A. M. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia, Campinas**, v. 67, n. 2, p. 307 – 316, 2008.

ANJANI, K. Extra-early maturing germplasm for utilization in castor improvement. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 1, p. 139-144, 2010.

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 semiárido 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 semiárido NORDESTINO. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p.145-162, 2007 b.

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).

COIMBRA, J. L. M.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; OLIVEIRA, A. C. DE; CARVALHO, F. I. F.; GUIDOLIN, A. F.; SOARES, A. P. Consequências da multicolenaridade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 35, n. 2, p. 347-352, 2005.

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.200-207, 2006.

CRUZ, C.D. Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

ILAHÍ, F.; TAHIR, M. H. N.; SADAQAT, H. A. Correlation and path coefficient analysis for achene yield and yield components in sunflower. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 46, n. 1, p. 20-24, 2009.

LIMA, E. F.; SANTOS, J. W. dos. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre características agronômicas da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.147-150, 1998.

MIJIĆ, A. ; LIOVIĆ, ZDUNIĆ, Z.; MARIĆ, S.; JEROMELA, A. M.; ANKULOVSKA, M. Quantitative analysis of oil yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Romanian Agricultural Research**, v. 26, p. 41-46, 2009.

MONTARDO, D. P.; AGNOL, M. D.; CRUSIUS, A. F.; PAIM. Análise de Trilha para Rendimento de sementes em trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1076-1082, 2003.

Produção e Produtividade da mamoneira em 2009. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em 22 de dez de 2010.

SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; LEDO, C. A. da S.; SOUZA, C. M. M. de; SILVA, M. S. da; SILVA, L. S. da. Correlação entre caracteres de cultivares de maneira no Recôncavo Baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador, Bahia. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 1 CD-ROM.

SANTOS, T. DA, S.; SANTOS, J. W. DOS; CABRAL, R. B. Análise da trajetória sob multicolinearidade: uma aplicação a dados dos componentes de produção de mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...**Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2004, 1 CD-ROM.

SARWAR, G.; CHAUDHRY, M. B. Evaluation of castor (*Ricinus communis* L.) induced mutants for possible selection in the improvement of seed yield. Short Communication, **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 4, p. 629-634, 2008.

SOUZA, A. dos S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, M. L. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I-componentes de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 414-421, 2007.

SPINELLI, V. M.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A. L.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. DE, F.; MILITÃO, J. S. L. T.; DIAS, L. A. DOS, S. Componentes primários e secundários do rendimento do óleo de pinhão – manso. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 40, n. 8, p. 1752-1758, 2010.

TÁVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE, 1982. 111p.

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 Agronômica**, 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.

THATIKUNTA, R.; PRASAD, D. Path analysis in castor (*Ricinus commnis* L.). Research Notes, **The Madras Agricultural Journal**, v. 88, n. 10-12, p. 705-707. 2001.

YASIN, A. B.; SINGH, S. Correlation and path coefficient analysis in sunflower. **Journal od Plant Breeding and Crop Science**, v. 2, n. 5, p. 129-133, may, 2010.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, n. 7, p. 557-587, jan., 1921.

Recebido em 20/01/2011

Aceito em 10/06/2011