



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

CRESCIMENTO INICIAL DA MAMONEIRA, CULTIVAR BRS PARAGUAÇU, EM SOLO COMPACTADO E COM ABUBAÇÃO ORGÂNICA

Fabiana Xavier Costa¹, Vera Lúcia Antunes de Lima^{2*}, Napoleão Esberard de Macedo Beltrão³,
Carlos Alberto Vieira de Azevedo², Nubênia de Lima Tresena²

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento da mamoneira cultivada em solo artificialmente compactado e adubado com torta de mamona. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial (4 x 4), com três repetições, sendo os fatores: quatro níveis de densidades do solo (1,4; 1,6; 1,8 e 2,0 kg dm⁻³) e quatro doses de torta de mamona (0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 t ha⁻¹). A densidade do solo influenciou negativamente o crescimento das plantas de mamoneira. Ao final do experimento, a torta de mamona como fertilizante orgânico promoveu incrementos apenas na área foliar, contribuindo, assim, para reduzir o efeito negativo da densidade do solo sobre esta variável.

Palavras chave: *Ricinus communis* L; sustentabilidade ambiental; biodiesel

INITIAL GROWTH OF CASTOR BEANS, BRS PARAGUAÇU, IN COMPACTED SOIL AND WITH ORGANIC MANURING

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the growth of the castor beans cultivated in soil artificially compacted and fertilized with castor oil cake. It was conducted an experiment with randomized blocks design, in factorial scheme (4 x 4), with 3 repetitions, having the factors: four levels of soil density (1.4, 1.6, 1.8 and 2.0 kg dm⁻³) and four doses of castor bean cake (0.0, 2.0, 4.0 and 6.0 t ha⁻¹). The soil density influenced significantly the growth of castor beans plants. At the end of the experiment, the castor oil plant pie as organic fertilizer promoted increments just in the leaf area, contributing to reduce the negative effect of the soil density on this variable.

Keywords: *Ricinus communis* L; environmental sustentability; biodiesel

¹ Departamento de Ciências Agrárias - Universidade Estadual da Paraíba (DAE/UEPB). Email: fabyxavierster@gmail.com.

² Departamento de Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Campina Grande (DEAg/UFCG).
* Email: antuneslima@gmail.com.

³ Embrapa Algodão - Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – (CNPQ). Email: napoleao.beltrao@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A mamoneira é uma planta rústica, heliófila, resistente à seca, pertencente à família das Euforbiáceas, disseminada por diversas regiões do globo terrestre e cultivada comercialmente entre os paralelos 52° N e 40° S (COSTA et al., 2010; LIMA et al., 2008). É encontrada de forma espontânea em várias regiões do Brasil, desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul (COSTA et al., 2006). Apresenta inúmeras sinônimas, a exemplo de rícino, palma-christi, palma-decristo, carrapateira, bafureira, figueira do inferno, enxerida, regateira, entre outras (BELTRÃO et al., 2001; RODRIGUES et al., 2002).

A mamona (*Ricinus communis* L.) se destaca por ser uma planta que se desenvolve em regiões tropicais e semiáridas, abrangendo áreas como as do Nordeste brasileiro. Pode ser plantada em sistema de consórcio e/ou rodízio com outras culturas como feijão, mandioca e milho, que servem à alimentação diária.

A mamoneira para crescer, desenvolver e produzir satisfatoriamente necessita de um manejo nutricional adequado e de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas, o que requer manejo compatível com sua

capacidade de retirada de água do solo; desta forma, o manejo e a qualidade da água podem implicar em redução ou aumento da produtividade (FREITAS et al., 2010).

É provável que a mamoneira utilize de forma eficiente, o suprimento hídrico disponível no início do ciclo, e consiga assegurar boas produtividades, mesmo após o término da estação chuvosa ou com a suspensão do suprimento hídrico (TÁVORA e BARBOSA FILHO et al., 2010).

O principal produto da mamona é o óleo de rícino, que é uma importante matéria-prima para a indústria química, com larga utilização na composição de inúmeros produtos como: tintas, vernizes, cosméticos, fluidos hidráulicos e plásticos; entretanto, nos últimos anos com o despertar para energias renováveis como o biodiesel, o óleo de rícino começou a ser enxergado como meio produtivo para obtenção de combustível renovável.

Nesse contexto, de acordo com Costa et al. (2010) a mamoneira possui bastante representatividade no cenário econômico e social, pois de suas sementes é extraído o óleo, principal produto utilizado na fabricação do biodiesel.

A busca mundial pela sustentabilidade ambiental, com base na substituição progressiva dos combustíveis minerais

derivados do petróleo por combustíveis renováveis de origem vegetal, dentre eles o biodiesel do óleo da mamona, criou-se uma perspectiva real para a expansão do cultivo da mamona em escala comercial (LIRA e BARRETO, 2009).

Segundo Beltrão et al. (2008), a mamona possui teor médio de óleo nas sementes principais que favorecem seu cultivo. Seu óleo é especial: o único produzido pela natureza solúvel em álcool, o mais denso e viscoso de todos os óleos vegetais e animais que a natureza concebeu, possuindo propriedades singulares que o fazem o mais versátil de todos, com mais de 750 aplicações industriais e um dos melhores para produção de biocombustíveis, como o biodiesel.

Embora seja considerada uma planta de elevada resistência à seca, para produzir bem, a mamona necessita de pelo menos 16 nutrientes e aproximadamente 500 mm de chuva bem distribuída ao longo de seu ciclo (COSTA et al., 2009; BELTRÃO et al., 2008).

O Semiárido do Nordeste possui cerca de 900.000 km², quase 20% dos municípios do país e elevado contingente humano, boa parte ainda no campo. Tem mais de 15 milhões de hectares com temperaturas entre 20 a 26 °C, precipitação pluvial de 500 a 800

mm, solos bem drenados, com boa profundidade e altitude de 300 a 1000 m, aptos para o cultivo de sequeiro dessa euforbiácea (NASCIMENTO et al., 2006).

O uso de óleo de mamona para produção de biodiesel, um sucedâneo do diesel, é uma das alternativas brasileiras para redução da importação de petróleo e da emissão de poluentes e gases de “Efeito Estufa” na atmosfera. A criação desta demanda para o óleo de mamona proporcionará o aumento das áreas agrícolas exploradas com a cultura, gerando postos de trabalho, diretos e indiretos.

De acordo com Savy Filho e Banzatto (1983), o mais tradicional e importante subproduto da mamona é a torta. Seu alto teor de proteína a torna atraente como alternativa para alimentação animal, porém a presença de substâncias tóxicas de difícil eliminação tem inviabilizado essa alternativa. Devido à inexistência de um método seguro para sua destoxicação, a torta tem sido utilizada predominantemente como adubo orgânico que tem valor financeiro inferior ao alimento animal.

Outro subproduto importante da mamona é a casca que também tem sido utilizada como adubo orgânico. De acordo com Lopes et al., (2011) a casca de fruto de mamona é um material que, atualmente, é

descartado ou, utilizado como adubo ou combustível na geração de calor

A mamoneira é muito exigente em nutrientes, considerada esgotadora de solos, tendo produtividade muito alta em solos com alta fertilidade natural ou que receberam adubação em quantidade adequada (SEVERINO et al., 2005).

O adubo mineral tem resposta rápida às plantas, já o adubo orgânico tem liberação gradual dos nutrientes (MAIA et al., 2008).

A compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado, durante a qual ocorre um aumento da densidade, em consequência da redução de volume pela expulsão do ar (DIAS JÚNIOR e PIERCE, 1996). Adensamento, por sua vez, é o fenômeno de deposição de partículas menores no espaço poroso, devido à desagregação da estrutura física do solo, causando aumento da massa de determinada porção do solo e mantendo constante o volume inicial, o que causa, também, aumento da densidade do solo, porém sem participação direta da pressão.

Com a compactação, ocorrem reduções significativas, principalmente no volume de macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados. Isto afeta a infiltração da água no solo, que está relacionada diretamente

com sua macroporosidade. Os macroporos são também importantes para o crescimento das raízes (Wang et al., 1986) e para o movimento de solutos (BEVEN e GERMANN, 1982). Na região Nordeste do Brasil, os solos em geral, explorados especialmente pelos pequenos produtores, que são mais de 2,0 milhões, são rasos e erodidos, explorados tanto sem fertilização mineral como orgânica e também sem conservação; apresentam baixos níveis de matéria orgânica e são em geral preparados com grades aradoras pesadas, que causam mais danos ao meio edafíco do que benefícios, incrementando a densidade do solo e reduzindo, assim, a “saúde física” dele, comprometendo a sua capacidade produtiva.

Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as características de crescimento da mamoneira cultivada em solo compactado e adubado com torta de mamona.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPA/EMBRAPA), no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, com as seguintes coordenadas

geográficas: 7° 15' 18" de latitude sul, 35° 52' 28" de longitude oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 550 m. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Koppen é o tipo "CSa", que representa um clima mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema de análise fatorial (4 x 4), com 3 repetições, sendo os fatores:

quatro níveis de densidades do solo (1,4; 1,6; 1,8 e 2,0 kg dm⁻³) e quatro doses de torta de mamona (0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 t ha⁻¹).

De acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos, EMBRAPA (1999), o solo usado para a condução do experimento foi classificado como Neossolo Regolítico Eutrófico de textura areia franca do município de Lagoa Seca, Paraíba, cujas análises química e física estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas do solo usado no experimento.

pH											
H ₂ O		Complexo Sortivo (mmol dm ⁻³)						V	Al ⁺³	P	MO
01:02,5	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	%	(mmol dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(g kg ⁻¹)
7,1	32	16	1,5	3,4	52,9	0	52,9	100	0	133	10,6

Análises realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. MO = Matéria Orgânica; S = Soma de bases trocáveis do solo, mais a acidez hidrolítica (H+ Al), que no caso foi zero; T = S + H + Al; V = 100 S/T, saturação de bases trocáveis do solo

Tabela 2. Características físicas do solo usado no experimento

Densidade (kg dm ⁻³)		Porosidade Total		Granulometria (g kg ⁻¹)				Classificação
Global	Real	(m ³ m ⁻³)		Areia	Areia Fina	Silte	Argila	Textural
				Grossa				
1,49	2,46	39,27		474	366	136	23	Areia Franca

Análises realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB

Utilizou-se no experimento torta de mamona produzida a partir de sementes da cultivar BRS Nordestina, cultivadas no município de Quixeramobim, Estado do Ceará. O processo industrial constou de

prévio aquecimento da semente e prensagem para extração mecânica do óleo. A composição química da torta consta na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química da torta de mamona usada no experimento

Umidade	Óleo	Proteína bruta	Cinzas	N	P	K
8,13%	13,1%	28,74%	12,11%	4,6%	3%	0,96%

Fonte: Costa et al. (2004)

Foi utilizada no experimento a cultivar BRS Paraguaçu, safra de 2006/2007, ciclo de 230 dias, produzida no município de Garanhuns, Estado de Pernambuco. As plantas dessa cultivar têm altura média de 1,60 m, caule de coloração roxa, com cera, racemo oval, frutos semideiscentes e sementes de coloração preta.

O período entre a emergência da plântula e a floração do primeiro racemo é de 54 dias em média, o peso médio de 100 sementes é de 71 g, o teor médio de óleo na semente é de 47,72% e a produtividade média sem adubação, é de 1.500 kg ha⁻¹, nas condições semiáridas do Nordeste, em anos

normais, quanto à precipitação pluvial (BELTRÃO et al., 2008).

A água foi levada à planta de forma manual, duas vezes por dia, utilizando-se um regador. O tipo de água foi a de abastecimento do município de Campina Grande, Paraíba, cujas características físico-químicas encontram-se na Tabela 4. Para a reposição diária da água de irrigação em cada parcela experimental, levou-se em consideração a evaporação medida em tanque classe A, seguindo as informações de Albuquerque (2008) e Montovani et al. (2009).

Tabela 4. Composição físico-química da água de abastecimento usada no experimento

pH	CE (dS m ⁻¹)	DQO (mg L ⁻¹)	Mg (mg L ⁻¹)	HCO ₃ (mg L ⁻¹)	Alcalinidade (mg L ⁻¹)	Ca (mg L ⁻¹)
7,89	0,59	30	76	66,92	80	113
Amônia	Nitrito	Nitrato	Fósforo total	Ortofosfato	Sólidos suspensos totais	Sólidos totais
------(mg L ⁻¹)-----						
0,88	0,00	0,18	0,09	0,05	5	454

Análises realizadas no Laboratório de Análises químicas, físicas e microbiológicas do PROSAB, Campina Grande, PB

Foram utilizadas como unidades experimentais colunas de PVC, tendo como medidas 19,5 cm de diâmetro e 45 cm de altura. O plantio ocorreu após uma semana do solo compactado e ter atingido a capacidade de campo, ou seja, até a completa drenagem das unidades experimentais, utilizando-se três sementes, sendo uma semente por cova com 3 cm de profundidade em cada coluna de PVC. As sementes germinaram sete dias após o plantio. A germinação foi 100% em todas as colunas de PVC. O desbaste foi feito deixando-se uma planta por coluna.

A compactação foi feita de forma manual, utilizando-se um pilão de madeira para compactar o solo e, assim, atingir os níveis de densidades desejados. Para o nível de densidade mais baixo (1,4 kg dm⁻³ - densidade natural do solo), não houve compactação, isto, é, o solo foi simplesmente colocado dentro da coluna de

PVC. Para a determinação dos pesos de solo a serem utilizados multiplicou-se o volume da coluna de PVC (14 L) pelas densidades 1,4; 1,6; 1,8 e 2,0 kg dm⁻³, obtendo-se os respectivos pesos de solo: 19,6, 22,4, 25,2 e 28 kg por coluna de PVC.

A adubação das plantas com a torta de mamona foi realizada em mistura com o solo antes da compactação adicionando-se as seguintes recomendações: 0,0; 0,2; 0,4 e 0,6 g, equivalente a 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 t ha⁻¹ respectivamente de matéria orgânica.

As variáveis analisadas aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias, após a emergência das plântulas foram: altura de planta, diâmetro caulinar e área foliar por planta (AF/P). Os resultados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico software SAS (Statistical Analysis System), utilizando-se os Proc GLM e Reg. e o nível de

significância foi analisado através do teste “F (SANTOS et al., 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 5, a densidade do solo influenciou significativamente o crescimento das plantas de mamoneira até

75 dias, após a semeadura. Nesta tabela são apresentadas as equações exponenciais, obtidas por regressão não linear, as quais expressam a altura das plantas, o diâmetro caulinar e a área foliar das plantas de mamoneira entre os 15 e 75 dias após a semeadura.

Tabela 5. Modelos matemáticos para análise de crescimento em função da densidade de solo.

Variável	Modelo Matemático	R ²	F
<u>Altura de planta</u>			
Densidade de 1,4 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -2,9892+70,2339*(1-e^{(-0,0231*X)})$	0,92	328,24**
Densidade de 1,6 kg dm ⁻³	$\hat{y} = 4,6798+123,5*(1-e^{(-0,00714*X)})$	0,75	83,07**
Densidade de 1,8 kg dm ⁻³	$\hat{y} = 1,7238+77,4276*(1-e^{(-0,0158*X)})$	0,84	148,46**
Densidade de 2,0 kg dm ⁻³	$\hat{y} = 5,74+106*(1-e^{(-0,00698*X)})$	0,73	76,29**
<u>Diâmetro caulinar</u>			
Densidade de 1,4 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -33,7779+49,6785*(1-e^{(-0,0801*X)})$	0,96	666,46**
Densidade de 1,6 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -24,963+41,6069*(1-e^{(-0,0648*X)})$	0,91	302,82**
Densidade de 1,8 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -21,775+37,8839*(1-e^{(-0,0612*X)})$	0,75	85,58**
Densidade de 2,0 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -18,9799+34,3385*(1-e^{(-0,0577*X)})$	0,75	87,57**
<u>Área foliar por planta</u>			
Densidade de 1,4 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -1403,4+5588,9*(1-e^{(-0,0232*X)})$	0,63	48,04**
Densidade de 1,6 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -1054,2+6308*(1-e^{(-0,0158*X)})$	0,63	48,37**
Densidade de 1,8 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -1069,1+5679,5*(1-e^{(-0,0178*X)})$	0,60	43,13**
Densidade de 2,0 kg dm ⁻³	$\hat{y} = -1182,7+5123,7*(1-e^{(-0,0213*X)})$	0,63	47,75**

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo

Para as variáveis altura de plantas e diâmetro caulinar todos os modelos matemáticos encontrados apresentaram coeficiente de determinação superior a 0,73 indicando um relacionamento dessas variáveis com a densidade do solo. Resultados parecidos foram encontrados por Costa et al. (2009), Silva et al. (2010), Severino et al. (2006a), Severino et al. (2006b) estudando as características de crescimento da mamoneira, utilizando lixo orgânico e torta de mamona. Eles concluíram que para as variáveis altura de planta e diâmetro caulinar todos os modelos apresentaram coeficiente de determinação superior a 0,96; entretanto, nesta pesquisa, para a área foliar os coeficientes de determinação das equações propostas variaram de 0,60 a 0,63, indicando um alto coeficiente de alienação, com valores de 0,61 e 0,63, que exprimem uma baixa relação entre a área foliar da mamoneira e a compactação do solo.

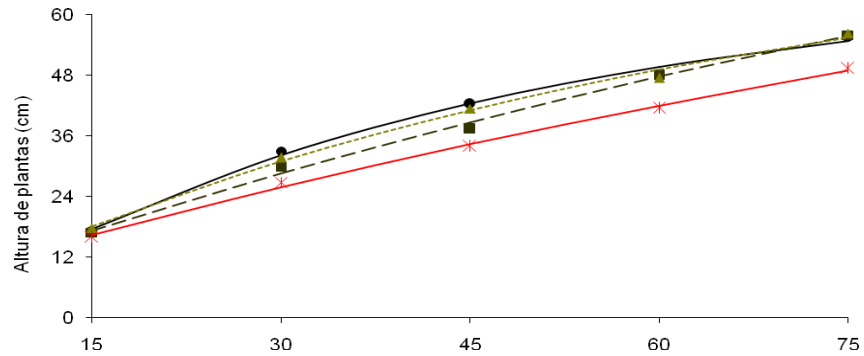
Costa et al. (2009) encontraram para a variável área foliar por planta o coeficiente

de determinação das equações propostas superior a 0,54 indicando um ajuste aos dados com menor precisão do que para as demais variáveis.

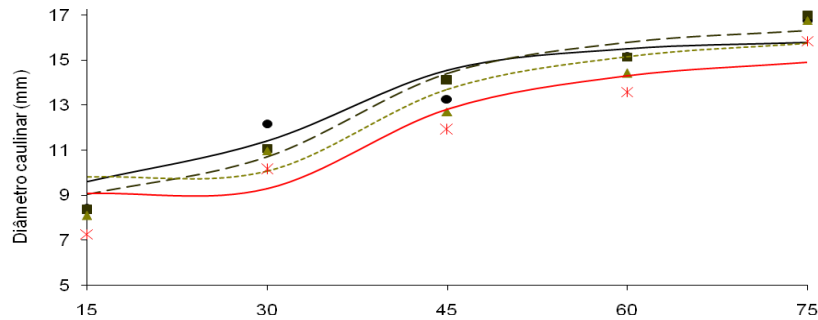
As plantas de mamoneira apresentaram menor crescimento em altura, diâmetro caulinar e área foliar quando a densidade do solo foi de 2 kg dm^{-3} (Figura 1). Aos 15 dias após a semeadura praticamente não houve diferença de crescimento das plantas nas diferentes densidades do solo testadas; entretanto, a partir de 30 dias após a semeadura as plantas cultivadas em solo com maior densidade apresentaram menor índice de crescimento.

A adubação do solo representada pelas quatro doses de torta de mamona influenciou significativamente o crescimento das plantas de mamoneira até aos 75 dias, após a semeadura, conforme a Tabela 6, que apresenta as equações exponenciais, obtidas por regressão não linear, expressando a altura das plantas, o diâmetro caulinar e a área foliar das plantas de mamoneira entre os 15 e 75 dias após a semeadura.

A.



B.



C.

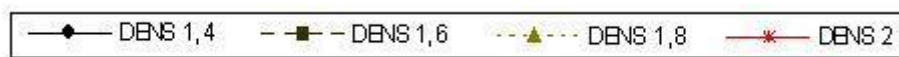
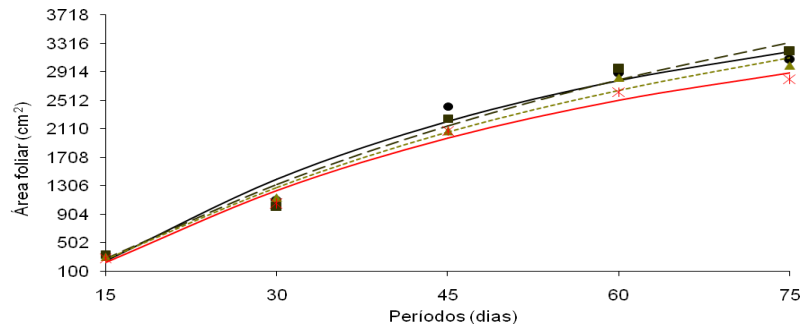


Figura 1. Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B) e área foliar por planta (C) em função da densidade (DENS em kg dm^{-3}) de solo e os dias após emergência.

Tabela 6. Modelos matemáticos para análise de crescimento em função de diferentes doses de adubação orgânica com torta de mamona.

Variável	Modelo Matemático	R ²	F
<u>Altura de planta</u>			
Dose de 0 t ha ⁻¹	$\hat{y} = 5,5506 + 131 * (1 - e^{(-0,00706 * X)})$	0,85	156,42**
Dose de 2 t ha ⁻¹	$\hat{y} = 5,5087 + 101,9 * (1 - e^{(-0,00879 * X)})$	0,84	145,49**
Dose de 4 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -2,4456 + 60,6422 * (1 - e^{(-0,0239 * X)})$	0,73	75,54**
Dose de 6 t ha ⁻¹	$\hat{y} = 1,1513 + 76,8654 * (1 - e^{(-0,0149 * X)})$	0,78	100,16**
<u>Diâmetro caulinar</u>			
Dose de 0 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -34,9343 + 50,874 * (1 - e^{(-0,0812 * X)})$	0,97	803,66**
Dose de 2 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -25,9379 + 42,3138 * (1 - e^{(-0,0674 * X)})$	0,95	552,68**
Dose de 4 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -16,1054 + 31,4498 * (1 - e^{(-0,0524 * X)})$	0,60	42,71**
Dose de 6 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -22,4231 + 38,9945 * (1 - e^{(-0,0607 * X)})$	0,92	338,07**
<u>Área foliar por planta</u>			
Dose de 0 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -4010,2 + 5807 * (1 - e^{(-0,0907 * X)})$	0,63	48,86**
Dose de 2 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -1691,6 + 5078,2 * (1 - e^{(-0,0322 * X)})$	0,80	115,10**
Dose de 4 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -656,7 + 25941,7 * (1 - e^{(-0,00227 * X)})$	0,69	62,35**
Dose de 6 t ha ⁻¹	$\hat{y} = -996,9 + 37904,7 * (1 - e^{(-0,00215 * X)})$	0,89	247,81**

** Significativo a 1% de probabilidade, * Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} Não significativo

Para a variável altura de planta, os modelos matemáticos encontrados apresentaram coeficientes de determinação acima de 0,73, indicando que todos promovem um bom ajuste; entretanto, para as variáveis diâmetro caulinar na dose de 4 t ha⁻¹ e área foliar nas

doses de zero a 4 t ha⁻¹, com coeficientes de determinação de 0,60, 0,63 e 0,69, respectivamente, que apesar da sua significância, exprimem valores de alienação de 0,63, 0,61, 0,56, indicando um baixo relacionamento entre essas variáveis e as

referidas doses de adubação orgânica. Resultados parecidos foram encontrados por Ribeiro et al. (2009), estudando a mamoneira cultivar Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio, bem como Lima et al. (2011), em experimento realizado com mamona e adubação orgânica.

Na Figura 2 é mostrado o crescimento da mamoneira ao longo do tempo; em relação ao controle, observa-se ao final do experimento que as doses de adubação orgânica promoveram incrementos apenas na área foliar, contribuindo, assim, para reduzir o efeito negativo da densidade do solo sobre esta variável de crescimento.

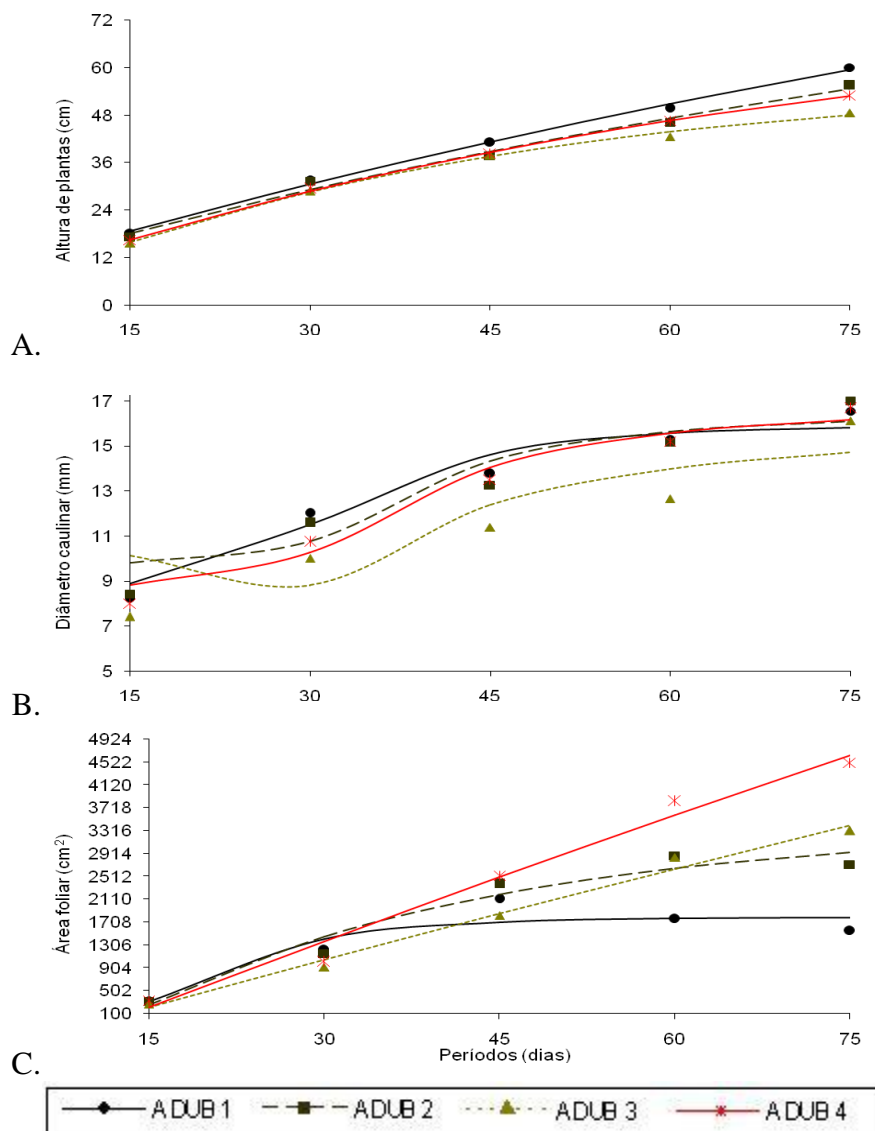


Figura 2. Relação entre as variáveis altura de planta (A), diâmetro caulinar (B) e área foliar por planta (C) em função de diferentes doses de adubação orgânica com torta de mamona (ADUB 1 = 0 t ha⁻¹, ADUB 2 = 2 t ha⁻¹, ADUB 3 = 4 t ha⁻¹, ADUB 4 = 6 t ha⁻¹) e os dias após emergência.

4. CONCLUSÕES

1. Densidades de solo mais elevadas, especialmente a de 2 kg dm⁻³, contribuíram significativamente para redução do crescimento em altura, diâmetro caulinar e área foliar de plantas de mamoneira.

2. Ao final do experimento, a torta de mamona como fertilizante orgânico promoveu incrementos apenas na área foliar, contribuindo, assim, para reduzir o efeito negativo da densidade do solo sobre esta variável.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro e científico da PETROBRAS e EMBRAPA Algodão.

6. REFERÊNCIAS

Beltrão, N. E. de M.; Vale, L. S. do; Silva, O. R. R. F. da. Agricultura Tropical: Quatro Décadas de Inovações Tecnológicas, Institucionais e Políticas. Vol. 1. Produção e Produtividade Agrícola. In: Beltrão, N. E. de M.; Vale, L. S. do; Silva, O. R. R. F. da. **Grãos oleaginosos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Cap.4, p.753–766.

Albuquerque, P. P. de A. Estratégias de manejo de irrigação. In: Albuquerque, P. P. de A.; Durães, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Cap.4, p.449-486.

Beltrão, N. E. de M.; Silva, L. C.; Vasconcelos, O. L.; Azevedo, D. M. P. de; Vieira, D. J. Fitologia. In: Azevedo, D. M. P. de; Lima, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. Cap.2, p.37-61.

Beven, K. J.; Germann, R. F. **Macropores and water flow in soils**. *Water Resources*, v.18, p.1311-1325, 1982.

Costa, F. X.; Beltrão, N. E. de M.; Silva, F. E. A.; Melo Filho, J. S.; Silva, M. A. Disponibilidade de nutrientes no solo em função de doses de matéria orgânica no plantio da mamona. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.204–212, 2010.

Costa, F. X.; Beltrão, N. E. M.; Lima, V. L. A. de; Nunes Junior, E. S.; Guimarães, M. M. B.; Damaceno, F. A. V. Efeito do lixo orgânico e torta de mamona nas características de crescimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, v.6, p.259-268, 2009.

- Costa, M. da N.; Pereira, E. W.; Bruno, R. de L. A.; Freira, C. E.; Nóbrega M. B. de M.; Milani, M.; Oliveira, A. P. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1617-1622, 2006.
- Costa, F. X.; Beltrão, N. E. de M.; Liv, S. S. Composição química da torta de mamona. In: Congresso Brasileiro da Mamona, 1, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD Rom.
- Dias Junior, M. de S.; Pierce, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.175-182, 1996.
- EMBRAPA - Centro nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- Lima, R. L. S.; Severino, L. S.; Sampaio, L. R.; Sofiattib, V.; Gomes, J. A.; Beltrão, N. E. M. Blends of castor meal and castor husks for optimized use as organic fertilizer. **Industrial Crops and Products**, v. 33, p.364-368, 2011.
- Lopes, G. E. M.; Vieira, H. D.; Jasmim, J. M.; Shimoya, A.; Marciano, C. R. Casca do fruto da mamoneira como substrato para as plantas. **Revista Ceres**, v.58, p.350-358, 2011.
- Freitas, A. S. C.; Bezerra, F. M. L.; Silva, A. R. A.; Pereira Filho, J. V.; Feitosa, D. R. C. Comportamento de cultivares de mamona em níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1059-1066, 2010.
- Lima, R. L. S.; Liv, S. S.; Albuquerque, R. C.; Beltrão, N. E. M.; Sampaio, L. R. Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. **Revista Caatinga**, v.21, p.102-106, 2008.
- Lira, M. A.; Barreto, F. P. **Oleaginosas com fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel**. 1.ed. Natal: EMPARN, 2009. 64p.
- Maia, S. S. S.; Pinto, J. E. B. P.; Silva, F. N.; Oliveira, C. Influência da adubação orgânica e mineral no cultivo do bamburral (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) (*Lamiaceae*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.3, p.327-331, 2008.
- Montovani, E. C.; Bernardo, S.; Palaretti, L. F. **Irrigação, princípios e métodos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 355p.
- Nascimento, M. B. H. do; Lima, V. L. A. de; Beltrão, N. E. de M.; Souza, A. P. de; Figueiredo, I. C de M; Lima, M. M. de. Uso de biossólido e água residuária no

crescimento e desenvolvimento da mamona. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.10, p.1001-1007, 2006.

Ribeiro, S.; Chaves, L. H. G.; Guerra, H. O. C.; Gheyi, H. R.; Lacerda, R. D. de. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, p.465-473, 2009.

Rodrigues, R. F. de O.; Oliveira, F. de; Fonseca A. M. As folhas de Palma Christi – *Ricinus communis* L. Euphorbiaceae Jussieu. **Revista Lecta**, Bragança Paulista, v.20, p.183-194, 2002.

Santos, J. W. dos; Almeida, F. A. C.; Beltrão, N. E. M.; Cavalcanti, F. B. **Estatística experimental aplicada**. 2.ed. Campina Grande: Embrapa Algodão/UFCG, 2008, 461p.

Savy, F. A.; Banzatto, N. V. **O mercado está para a mamona**. Casa da Agricultura, v.5, p.12-15, 1983.

Severino, L. S.; Ferreira, G. B.; Moraes, C. R. A.; Gondim, T. M. S.; Freire, W. S.A.; Castro, D. A.; Cardoso, G. B.; Beltrão, N. E. de M. **Adubação química da mamoneira com macro e micronutrientes em Quixeramobim, CE**. Campina Grande, PB. Embrapa Algodão, 2005. 23 p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 61.

Severino, L. S.; Ferreira, G. B.; Moraes, C. R. A.; Gondim, T. M. S.; Freire, W. S. A.; Castro, D. A.; Cardoso, G. D.; Beltrão, N. E. M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.563-568, 2006a.

Severino, L. S.; Ferreira, G. B.; Moraes, C. R. A.; Gondim, T. M. S.; Cardoso, G. D.; Viriato, J. R.; Beltrão, N. E. M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p.879-882, 2006b.

Silva, J. J. N.; Montenegro, A. A. A.; Silva, Ê. F. F.; Fontes Júnior, R. V. P.; Silva, A. P. N. Variabilidade espacial de parâmetros de crescimento da mamoneira e de atributos físico-químicos em Neossolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.921-931, 2010.

Távora, F. J.; Barbosa Filho, M. Antecipação de plantio, com irrigação suplementar, no crescimento e produção da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1915- 1926, 2010.

Wang, J.; Hesketh, J. D.; Woolley, J. T. Preexisting channels and soybean rooting patterns. **Soil Science**, v.141, p.432-437, 1986.