

FELIPE DOS SANTOS DE OLIVEIRA

**RESPOSTA DA MAMONA DE PORTE BAIXO À ADUBAÇÃO FOSFATADA EM
CULTIVO CONVENCIONAL E ADENSADO**

Botucatu

2017

FELIPE DOS SANTOS DE OLIVEIRA

**RESPOSTA DA MAMONA DE PORTE BAIXO À ADUBAÇÃO FOSFATADA EM
CULTIVO CONVENCIONAL E ADENSADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto

Coorientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO- BOTUCATU (SP)

O48r Oliveira, Felipe dos Santos de, 1991-
Resposta da mamona de porte baixo à adubação fosfatada em cultivo convencional e adensado / Felipe dos Santos de Oliveira. - Botucatu: [s.n.], 2017
62 p.: ils. , grafs. , tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Mauricio Dutra Zanotto
Coorientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Mamona - Adubação. 2. Fertilizantes fosfatados. 3. Plantas - Efeito do fosforo. I. Zanotto, Mauricio Dutra. II. Fernandes, Dirceu Maximino. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. IV. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte."



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: RESPOSTA DA MAMONA DE PORTE BAIXO À ADUBAÇÃO
FOSFATADA EM CULTIVO CONVENCIONAL E ADENSADO

AUTOR: FELIPE DOS SANTOS DE OLIVEIRA
ORIENTADOR: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO
COORIENTADOR: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO
Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Dra. GABRIELA FERRAZ DE SIQUEIRA
Pós-doutoranda - Dep de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Botucatu, 23 de fevereiro de 2017.

*Aos meus pais, Maria Teresa e Audir, minha
amada avó, Maria Odília, meus irmãos Tony e
Rodson, e minha noiva Jeane, por todo apoio,
compreensão e total confiança!*

dedico

AGRADECIMENTOS

A Santíssima Trindade, por ser a verdadeira causa de minha vida e nunca abandonar-me.

Nossa Senhora, cheia de Graças, que através dos seus SIM, ganhei o dom da vida. Obrigado minha Mãe pelas graças alcançadas!

Aos meus familiares pela oração diária, apoio incondicional, e por me mostrarem que através dos estudos serei “alguém na vida”.

A Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCA/UNESP), pela realização de um sonho pessoal e familiar.

Ao Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto, pela total confiança de me orientar, surpreendente vontade de me ensinar o novo, sinceridade, companheirismo, PACIÊNCIA e acima de tudo amizade.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, que desde o dia da minha entrevista da seleção do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura) desta instituição, se mostrou verdadeiro, aberto ao diálogo científico e sempre disponível.

Aos membros da banca, Dr^a Gabriela Ferraz, Prof^a. Dr^a. Juliana Bravo, Prof. Dr. Juliano Calonego e Dr. Sergio Dutra, pela aceitação do convite.

A todos os professores da FCA/UNESP, especialmente Maria Marcia Sartori, Marcelo Almeida, Adalton Fernandes, Filipe Giardini, Marco Teccio, por contribuírem na minha formação pessoal e profissional.

Ao Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt), pela disponibilização das sementes.

Ao seu Milton, Luiz, Jorge, Eliane e demais funcionários da FCA/UNESP, por facilitarem minhas atividades acadêmicas.

A Andréia Rodrigues e Douglas Bassegio, pela disponibilidade e entrega ao experimento da minha dissertação, em todas as etapas experimentais, conselhos e ensinamentos (oleaginosas, estatística e fitotecnia).

Aos amigos Prof. Pedro Bento, Breno Kennedy, Gírlânio Holanda e demais amigos da Pós-Graduação e do Edifício Paloma, pela acolhida diária, convivência, paciência e laço familiar que criei em Botucatu. Vocês fizeram eu me sentir em casa!

Aos amigos do Setor de Melhoramento Genético de Plantas da Universidade Federal de Alagoas, pelos ensinamentos, principalmente científicos, que me auxiliaram no decorrer do meu Mestrado.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

A todos que não citei, mas contribuíram direta ou indiretamente em minha formação.

MUITO OBRIGADO!

“14Esta é a confiança que temos em Deus: se lhe pedimos alguma coisa de acordo com a sua vontade, ele nos ouve. 15E se sabemos que ele nos ouve em tudo o que lhe pedimos, sabemos que possuímos o que havíamos pedido.”

Primeira Carta de São João 5,

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma euforbiácea originária de clima tropical. Seu principal produto é o óleo presente em seus grãos, que possui várias aplicações, destacando-se sua utilização na indústria química para produção de biodiesel. Apesar da versatilidade do uso do óleo e da relevante importância econômica da mamoneira, a produtividade brasileira é de 0,59 t ha⁻¹, sendo considerada uma das menores do mundo. A combinação adequada da população de plantas, em conjunto com o manejo da adubação fosfatada, favorece a produtividade de grãos e a produtividade de óleo. No entanto, até o momento, não existem trabalhos avaliando os efeitos destes fatores na cultura, principalmente nos materiais lançados recentemente, no período de safrinha. Logo, o trabalho tem como objetivo avaliar a resposta de mamoneira de porte anão a doses de fósforo (P) em cultivo convencional e adensado. O experimento foi conduzido de abril a novembro de 2016 na Fazenda Experimental São Manuel, situada em São Manuel-SP, com o uso do híbrido AG IMA 110204. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 5), com quatro repetições, sendo duas densidades populacionais e cinco doses de fósforo. As densidades populacionais avaliadas foram 67340 plantas ha⁻¹ e 33670 plantas ha⁻¹ (convencional), e as doses de fósforo avaliadas foram 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicados no sulco de plantio na forma de superfosfato simples. Foram avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro do caule, altura de planta, altura de inserção do primeiro racemo, número de racemos planta⁻¹, número de grãos racemo⁻¹, massa de 100 grãos, teor de óleo, produtividade de grãos e produtividade de óleo. O cultivo convencional apresentou maiores diâmetro do caule, altura de planta, número de grãos racemo⁻¹, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e produtividade de óleo. A adubação fosfatada contribuiu para o aumento da produtividade de grãos e produtividade de óleo, com dose de máxima eficiência técnica de 80,36 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O número de racemos planta⁻¹ foi maior na densidade populacional 33670 plantas ha⁻¹ quando foi aplicado P.

Palavras-chave: *Ricinus communis*. Densidade populacional. Fósforo. Produtividade de grãos.

ABSTRACT

Castor bean (*Ricinus communis L.*) is a euphorbiaceae native to tropical climate. Its main product is the oil present in its grains, which has several applications, especially its use in the chemical industry for biodiesel production. Despite the versatility of the use of oil and the relevant economic importance of the castor bean, Brazilian yield is 0.59 t ha⁻¹, being considered one of the smallest in the world. The appropriate combination of plant population, together with the management of phosphate fertilization, favors grain yield and oil yield. However, there are no studies evaluating the effects of these factors on the crop, especially in the materials released recently in out-of-season cropping. Therefore, the aim of this work is to evaluate the response of dwarf-sized castor bean to phosphorus (P) doses in conventional and thickened cultivation. The experiment was conducted from April to November 2016 at the São Manuel Experimental Farm, located in São Manuel-SP, using the hybrid AG IMA 110204. The experimental design was a randomized complete block design in a factorial scheme (2 x 5), with four replications, two population densities and five doses of phosphorus. The evaluated population densities were 67340 plants ha⁻¹ and 33670 plants ha⁻¹ (conventional), and the phosphorus doses evaluated were 0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅, applied in the planting groove as single superphosphate. The following variables were evaluated: stem diameter, plant height, insertion height of the first raceme, number of racemes plant⁻¹, number of grains raceme⁻¹, mass of 100 grains, oil content, grain yield and oil yield. The conventional cultivation showed higher stem diameter, plant height, number of raceme⁻¹ grains, 100 grain mass, grain yield and oil yield. Phosphate fertilization contributes to the increase of grain yield and oil yield, with a maximum technical efficiency dose of 80.36 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The number of racemes plant⁻¹ was higher in the 33670 plants ha⁻¹ population density when P was applied.

Keywords: *Ricinus communis*. Population density. Phosphorus. Grain yield.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Precipitação (), temperaturas máximas (—) e temperaturas mínimas (--) registradas na área experimental durante o período de abril a novembro de 2016.....	34
Figura 2 – Desdobramento da interação significativa da análise de variância para doses de fósforo dentro cada densidade populacional no número de racemos planta ⁻¹ . São Manuel-SP, 2016.....	43
Figura 3 – Valores de produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) em diferentes doses de fósforo. São Manuel-SP, 2016.....	48
Figura 4 – Valores de produtividade de óleo (kg ha ⁻¹) em diferentes doses de fósforo. São Manuel-SP, 2016	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação dos experimentos. São Manuel, 2016	33
Tabela 2 – Valores de F da análise de variância e suas respectivas significâncias para diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP), altura de inserção do primeiro racemo (AIPR) em função de densidades populacionais e doses de fósforo. São Manuel-SP, 2016.....	37
Tabela 3 – Médias das densidades populacionais para diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP) e altura de inserção do primeiro racemo (AIPR). São Manuel-SP, 2016.....	38
Tabela 4 – Médias das doses de fósforo para diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP) e altura de inserção do primeiro racemo (AIPR). São Manuel-SP, 2016	40
Tabela 5 – Valores de F da análise de variância e suas respectivas significâncias para número de racemos planta ⁻¹ (NRP), número de grãos racemo ⁻¹ (NGR), massa de 100 grãos (M100G), teor de óleo (TO), produtividade de grãos (PG) e produtividade de óleo (PO) em função de densidades populacionais e doses de fósforo. São Manuel-SP.....	41
Tabela 6 – Desdobramento da interação significativa da análise de variância para densidades populacionais dentro de cada dose de fósforo no número de racemos planta ⁻¹ (NRP). São Manuel-SP, 2016.....	42
Tabela 7 – Médias das densidades populacionais para número de grãos racemos ⁻¹ (NGR), massa de 100 grãos (M100G), teor de óleo (TO), produtividade de grãos (PG), e Produtividade de óleo (PO). São Manuel-SP, 2016.....	45
Tabela 8 – Médias das doses de fósforo para número de grãos racemos ⁻¹ (NGR), massa de 100 grãos (M100G), teor de óleo (TO), produtividade de grãos (PG) e produtividade de óleo (PO). São Manuel-SP, 2016.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	24
2.1	Aspectos gerais da cultura.....	24
2.2	Melhoramento genético da mamona.....	29
2.3	Espaçamento e densidade populacional.....	30
2.4	Adubação fosfatada.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Localização e caracterização edafoclimática da área experimental.....	33
3.2	Caracterização do material genético de mamona avaliado.....	34
3.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	34
3.4	Instalação e condução do experimento.....	35
3.5	Variáveis Avaliadas.....	35
3.6	Análise estatística.....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5	CONCLUSÕES.....	51
6	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

A mamona é uma euforbiácea originária de clima tropical, cultivada desde a latitude 40° Norte até 40° Sul. Seu principal produto é o óleo ou rícino presente em seus grãos, que possui várias aplicações, destacando-se sua utilização na indústria química para produção de biodiesel (BALDWIN; COSSAR, 2009). O óleo da mamoneira pode ser utilizado no processo industrial de medicamentos, cosméticos (perfume e sabonete), produção de plástico, tintas, lubrificante para motores de alta rotação, vidro à prova de balas e próteses ósseas, além disso, é indispensável para anti-congelamento de combustíveis de aviões, aeronaves e foguetes espaciais (SOUZA et al., 2009).

A Índia é o maior produtor de grãos desta oleaginosa, com 87% das 2,0 milhões de toneladas produzidas mundialmente, produzindo 25,1 vezes mais que Moçambique, segundo maior produtor; 43,3 vezes mais que a China, terceiro maior produtor; e 46,1 vezes mais do que o Brasil, quarto maior produtor. Até 1978, o Brasil ocupava a posição de maior produtor mundial de mamona, mas atualmente o país contribui com menos de 2% da produção global (FAOSTAT, 2017).

A produtividade de grãos brasileira, com média de 0,59 t ha⁻¹, é uma das menores do mundo (FAOSTAT, 2017), sendo seu cultivo predominantemente em agricultura familiar no semiárido nordestino, com utilização mínima de tecnologia e insumos (SÁ et al., 2015).

Com o desenvolvimento de novos híbridos de mamona com elevada produtividade de grãos, alto percentual de óleo nas sementes, ciclo curto, resistentes a pragas e doenças, porte reduzido, maturação uniforme e indeiscência dos frutos, que permite à colheita mecanizada (FREIRE et al., 2007; PIVETTA, 2014), a mamoneira tem se expandido, em áreas cultivadas de grande e média escala, para o Cerrado Brasileiro, mais precisamente na região Centro-Oeste, tornando-se uma importante opção de cultivo no período de safrinha, até mesmo para ser inserida em rotação com culturas anuais (SOUZA-SCHLICK et al., 2012). Na safrinha, a viabilidade de culturas tradicionais como o milho, feijão, algodão e girassol pode ser afetada negativamente pela escassez e irregularidade de chuva, diferentemente da mamona, que se adequa perfeitamente às condições de baixa disponibilidade hídrica (WEISS, 1983; SOUZA-SCHLICK et al., 2011). Contudo, em

grandes áreas cultivadas são demandadas tecnologias de produção mais eficientes para maximizar a produção da cultura (SOUZA-SCHLICK et al., 2011).

A otimização do uso de espaçamento entre linhas e da densidade populacional é uma prática de simples aplicação e de pouco gasto financeiro para o ricinocultor (BIZINOTO et al., 2010; SORATTO et al., 2012), possibilitando numa melhor utilização de H₂O, luz, elementos minerais nutritivos e CO₂ pelas plantas (HENDERSON et al., 2000; PETINARI et al., 2012), e conseqüentemente é essencial para aumentar a produtividade (SEVERINO et al., 2012; SORATTO et al., 2012; SOUZA-SCHLICK et al., 2014). Contudo, o melhor arranjo das plantas na área é dependente de características de cada genótipo, como porte, hábito de crescimento e arquitetura da planta (SEVERINO et al., 2006d), bem como dos fatores edafoclimáticos do ambiente e da tecnologia de produção empregada (SEVERINO et al., 2006a).

No cultivo da mamona, as plantas quando arranjadas em menores densidades populacionais na área de cultivo favorece o desenvolvimento de plantas infestantes e a formação de mamoneira com florescimento tardio e ramos laterais largos e longos, em contrapartida, quando submetida a maiores populações de plantas proporcionam plantas com maior comprimento dos entrenós e menor diâmetro, ficando sujeitas ao tombamento (CARVALHO et al., 2010; FIOREZE et al., 2016), inviabilizando, nestas condições, a colheita mecanizada.

Outro fator importante e com grande impacto na produtividade é o manejo da adubação fosfatada (SILVEIRA et al., 2015), pelo fato do fósforo, quando extraído pelas plantas, atua em vários processos metabólicos, como a fotossíntese, a respiração, a transferência de energia na forma ADP e ATP, a biossíntese de ácidos nucleicos (MALAVOLTA et al., 1997; HARGER et al., 2007; XU et al., 2007) e a absorção iônica do próprio fósforo e nitrato (JESCHKE et al., 1996).

Na mamona inúmeros estudos comprovam a importância do P para a cultura, seja para o desenvolvimento inicial (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2009; RIBEIRO et al. 2009; SOUZA et al., 2009), para a produtividade (OLIVEIRA et al., 2010; MOREIRA et al., 2012, SILVA et al., 2012a; SILVA et al., 2012b; CUNHA et al., 2014) e para o percentual de óleo nos grãos (SEVERINO et al. 2006c).

A hipótese é de que a combinação adequada da população de plantas, em conjunto com o manejo da adubação fosfatada favorece a produtividade de grãos e a produtividade de óleo de materiais genéticos de porte anão. No entanto, até o

momento, não existem trabalhos avaliando os efeitos destas técnicas de cultivo na mamoneira, principalmente no período de safrinha para os nos materiais lançados recentemente.

Nesse sentido, o trabalho tem como objetivo avaliar a resposta de mamoneira de porte anão a doses de fósforo em cultivo convencional e adensado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura

De acordo com Schultz (1963) e Popova; Moshkin (1986), a mamoneira apresenta a classificação botânica abaixo:

Subdivisão: Fanerogamae ou espermatophyta

Filo: Angiospermae

Classe: Dicotyledonae

Subclasse: Archichlamydae

Ordem: Geraniales

Família: Euphorbiaceae

Gênero: Ricinus

Espécie: Ricinus communis

Subespécie: Ricinus comunis comunis

A mamona é uma planta perene polimórfica, apresentando ampla variação com relação a: porte e hábito de crescimento, cor da folhagem, cor do caule, cor dos frutos e racemos (cachos), grau de deiscência. Sendo que seus frutos geralmente possuem espinhos, e as sementes podem apresentar diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração e apresenta raiz pivotante com fístulas bem ramificadas e elevada capacidade de penetração (AZEVEDO et al., 1997).

Essa Euforbiácea apresenta metabolismo fotossintético C3, com pouca eficiência, possuindo elevada taxa de fotorrespiração, que tem como substrato o glicolato e envolvendo de forma participativa as três organelas da célula vegetal – o cloroplasto, a mitocôndria e os peroxissomas, simultaneamente- representando a diminuição de CO₂, que poderia ser incorporado e transformado em componentes orgânicos (CONN; STUMPF, 1980).

Sua haste principal do sistema caulinar tem crescimento vertical não tendo inicialmente ramos até o aparecimento do primeiro botão floral, que originará o racemo primário ou principal. Tal nó que sustenta o cacho primário, é um parâmetro agromorfológico que relaciona-se diretamente com o ciclo biológico da planta. As ramificações laterais aparecem com crescimento e desenvolvimento através da axila da folha terminal, que fica localizada na parte inferior de toda inflorescência. Igualmente do caule principal, todas as ramificações de segunda, terceira e quarta

ordens tem limites no seu crescimento, finalizando incessantemente numa inflorescência, desenvolvendo assim, uma ramificação caulinar do tipo simpodial (BELTRÃO et al., 2007).

A formação das ramificações secundárias ocorre nas gemas localizadas na haste principal. Os racemos secundários são originados após o crescimento do quarto ao décimo nós novos. As ramificações secundárias podem ser originadas tanto de nós que ficam na proximidade do racemo principal assim como nos nós mais baixeiro. Após o surgimento dos ramos de segunda ordem, ainda podem aparecer ramos de terceira ordem, e, por conseguinte os ramos quaternários. Logo é percebido que por causa desse hábito de desenvolvimento, a mamona não apresenta um ciclo de vida de forma definitiva, com tendência de crescimento indefinido, quando ainda existir condições de ambiente favorecida (umidade, minerais nutritivos, condições térmicas, etc.) (SEVERINO et al., 2007).

Os seus cultivares são agrupados de acordo com seu porte, grau de deiscência e ciclo biológico. Sendo considerada de baixo porte quando apresenta altura de até 1,8 m. Se a altura variar de 1,8 m a 2,5 m é considerado de porte médio; se apresentar altura de 2,5 m a 5,0 m, será de alto porte. Quanto à deiscência do fruto, classificam-se em: deiscente, apresentando abertura total dos frutos; semideiscente, com abertura parcial dos frutos, e indeiscente, não possuindo abertura. Quanto ao ciclo, a mamoneira pode ser de ciclo longo (230 dias), intermediário (190 dias) ou precoce (140 dias) (SOUSA et al., 2004).

Segundo Rathcke e Lacey (1985) as fenofases das plantas são controladas por suas características intrínsecas associadas aos fatores bióticos e abióticos que fazem efeito nas atividades e a intensidade dos modelos fenológicos. Algumas pesquisas que envolvem as fases fenológicas da mamona já foram executadas. Nessas pesquisas, apresentam-se 12 estádios de desenvolvimento, os quais compreendem as fases vegetativa e reprodutiva da planta. Cada estádio proporciona certo tempo de ocorrência conforme o cultivar e condições ambientais (BELTRÃO et al., 2007; MOSHKIN, 1986).

Para determinar o ótimo ecológico correto da mamoneira é complicado já que ele é dependente das cultivares e sofre influência de diversas características. De modo aproximado, os fatores ambientais para maximizar a produção da cultura são: latitude de cultivo desde 40°S até 52°N; altitude entre 300 m a 1500 m, pois é influenciada pela temperatura, nebulosidade, umidade, pressão de oxigênio e

orvalho de baixa intensidade; fotoperíodos longos com 13 a 15 horas de luz; temperatura ideal de 20 a 30°C; umidade do ar entre 50% e 60%; e precipitação ou irrigação de 450 a 600 mm (BELTRÃO; SEVERINO, 2006).

A altitude é ponderada como fator secundário e também é de suprema relevância nos aspectos fisiológico da mamoneira, interferindo assim, em vários outros fatores considerados primários (temperatura do ar, a taxa do orvalho, pressão de oxigênio, umidade relativa e a nebulosidade). Em virtude disso, interfere também na insolação, na taxa de irradiação e entre outros processos. Sendo assim, a altitude provoca alteração na fisiologia e bioquímica das plantas no decorrer do seu ciclo de vida e influencia em seu crescimento e na sua fenologia (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008).

Em altitudes abaixo da recomendada, em algumas localidades das unidades federativas da região Nordeste, alguns genótipos, especialmente Sipeal 28, BRS Nordestina, BRS Paraguaçu, Amarela de Irecê, e etc., proporcionam racemos minuciosos e plantas altas com várias folhas. Estas folhas apresentaram maiores dimensões que as plantas do mesmo genótipo, plantadas em altitudes mais elevadas, entre 450 m e 800 m. Esses resultados foram observados no período de quase 20 anos de pesquisas (BELTRÃO et al., 2012). No Piauí metade de sua extensão territorial possui altitude menor que 300 m. Essas regiões possuem restrição para o plantio das cultivares lançadas recentemente e indicadas pelo zoneamento agroclimático do estado.

Esse fator do clima possui amplo impacto sobre a fotossíntese e fotorespiração do vegetal, já que interfere em diversas reações químicas e biológicas acopladas a esses dois processos químicos (TAIZ; ZEIGER, 1998).

A mamona precisa de 2.000 graus-dia a 3.800 graus-dia de temperatura para uma produção comercial (MOSHKIN, 1986b).

As pesquisas efetuadas com a mamona comprovam que temperaturas baixas são letais. Em condição de temperaturas abaixo de 20 °C, os organismos vegetais exibem algumas anomalias, tais como o crescimento reduzido da parte aérea e do sistema radicular e da e também provoca uma reduzida no transporte dos componentes substanciais de reserva das plantas. Além disso, nessas condições o processo de germinação fica mais lento e, consequência disso, é a demora dessas sementes na camada do solo sujeitando-as ao ataque de microrganismos e insetos-praga (BELTRÃO et al., 2008).

Temperaturas supra ótimas (>40 °C), é verificado aumento de flores masculina por meio da reversão sexual e acréscimo significativo do abortamento de flores do sexo feminino e perda da viabilidade do grão de pólen. Adicionalmente, ocorre a redução de substância proteica e lipídica (óleo) nas sementes (BELTRÃO; SILVA, 1999). Temperatura da parte da noite em torno de 30° C, como é o caso do litoral nordestino, a respiração assimila a “resistente de cianeto”, consequência disso, é a redução da taxa fotossintética líquida, da floração e frutificação, da quantidade de frutos nos racemos, possibilitando na reversão da sexualidade e do aborto de flores femininas da mamoneira (BELTRÃO et al. 2007).

A respeito da umidade relativa do ar, a enxada exige preferencialmente como ideal os níveis entre 50 a 65%, em regiões umidade relativa acima de 85%, como é o caso de regiões litorâneas nordestinas, tem surgimento de alguma doenças (Manchas foliares causadas por *Alternaria ricini*, *Cercospora ricinella* e Mofo-cinzento causado por *Amphobotrys ricini*) e também os processos metabólicos são modificados. Em baixa umidade relativa do ar, geralmente um igualando ou abaixo de 30%, acontece crescimento excessivo no consumo de água, diminuição da fotossíntese e consequente perda da produtividade da cultura (MOSKIN, 1986a).

O fotoperíodo está entre um dos fatores ambientais que alteram a expressão sexual da mamona, pois de acordo Moshkin (1986a), é o mais relevante na alteração sexual da cultura. A palma-de-cristo é uma espécie de originalmente de fotoperíodo longo, pois necessita para ter um florescimento pleno de pelo menos 13 horas de luz.dia⁻¹, é preferível aquele que possui 15 horas de luz.dia⁻¹. Em experimento foi notado que a melhor taxa de floração feminina ocorreu com um feixe de luz de 15 horas, proporcionando 2,3 flores femininas para 1 masculina. Já com 24 horas de luz, o fracionamento entre flores femininas/masculinas foi 1,6, esse valor aproxima-se do normal para zona tropical. Enquanto que com 9 horas de luz (dia curto), normalmente frequente no nordeste brasileiro, ocorre reversão na sexualidade (BELTRÃO et al. 2012).

A acumulação escassa de energia luminosa ocasionará, além na diminuição do conteúdo de óleo contido na semente, alterações em sua qualidade (KUMAR, 1999). A ricinocultura precisa chuvas bem distribuídas no decorrer da fase vegetativa e período seco quando os frutos estiverem emadurecendo. Precipitações médias de 600 a 700 mm oferecem produtividades de bagas maiores que 1,5 ton.ha⁻¹. No início da fase vegetativa a cultura é mais exigente, produz bem economicamente em

lugares que a menor precipitação anual é aproximadamente de 400 mm a 500 mm, até iniciar a floração (TÁVORA, 1982).

Cultivos tecnificados em São Paulo alcançam 1,5 ton.ha⁻¹ a 4,0 ton.ha⁻¹ (SAVY FILHO; BANZATTO, 1990). Azevedo et al. (1997) alcançaram retorno econômico compensadores da área cultivada, obtendo plantas com bom estabelecimento e produtivas no momento em que ocorreu pluviosidade de 215 mm e 270 mm nos primeiros 70 dias após a germinação, em 24 meses, na cidade de Monteiro-PB. Enquanto Weiss (1983) conseguiu boas produtividades com precipitação de 375 mm a 500 mm, no sul do continente africano.

O rendimento médio da mamoneira dependerá de aspectos ambientais, das práticas culturais e dos atributos genético das variedades ou híbridos cultivados. Em cultivo no seco sem irrigação e nem chuva durante todo o desenvolvimento da cultura, há fatos ocorridos que os rendimentos variaram entre 0,5 ton.ha⁻¹ a 1,5 ton.ha⁻¹. Já submetida à irrigação e adubação sintética apropriada, há evidências de variedades e híbridos que obteve até 5.0 ton.ha⁻¹ (D' YAKOV, 1986).

Os constituintes do rendimento desta cultura diferenciam das outras plantas, assumindo importância particular, a depender do genótipo. Tais características da planta, como altura, copa, e densidade populacional e etc. definem o rendimento (BELTRÃO et al., 2012).

A fórmula genérica das variáveis que compõem a produtividade é resumida assim: Rendimento de grãos (ton.ha⁻¹) = densidade populacional (número de planta.ha⁻¹) x quantidade de racemos.planta⁻¹ x quantidade de frutos.racemo⁻¹ x 3 x massa de sementes. O rendimento de óleo é o resultado da multiplicação entre o rendimento de grãos e o percentual de óleo do híbrido ou variedade utilizada (BELTRÃO; SEVERINO, 2006).

Em estudo de experimentação visando com 15 genótipos (LIMA; SANTOS, 1998), verificaram alta correlação para as variáveis quantidade de racemos.planta⁻¹ e quantidade de frutos.racemo⁻¹ na determinação da produtividade de bagas, sendo essas variáveis as mais relevantes no correlacionamento com a produção.

Pinto et al. (2011) igualmente ressaltaram um alto correlacionamento positivo da quantidade de racemos com a produção por hectare de bagas da variedade cultivada BRS Energia.

Na escolha de cultivares de mamoneira com alto potencial de bagas é preciso optar em selecionar de forma indireta e sincrônica de indivíduos de ciclo menor e

maior porte, maior dimensionamento de caule, maior quantidade de racemos.planta¹, maior quantidade de fruto, peso de bagas (ZOZ, 2012).

Em alta densidade de plantas, a produção de cachos dos híbridos de baixo porte geralmente não passa de dois cachos, logo a população de plantas por unidade de área tem papel de destaque (SOUZA-SCHLICK et al, 2011; SORATTO et al,2011; PIVETTA, 2014).

2.2 Melhoramento genético da mamona

As culturas agrícolas necessitam constantemente de mudanças em suas características para que possam se adaptar às mais diversas tecnologias de cultivo e ambiente, dessa forma o conhecimento da base genética de uma determinada espécie, como tipo de herança da característica em consideração, expressão da característica, influência do ambiente sobre o genótipo, etc., é de fundamental importância para o fitomelhorista realizar o seu melhoramento e conseqüentemente fornecer para os produtores sementes com garantia de procedência e eficiência (FERREIRA, 2006).

O melhoramento genético da mamona, bem como de várias espécies cultivadas, geralmente é compreendido da seguinte forma: populações básicas, progresso de proles com triagem, estudos liminares e seleção, adaptabilidade, estabilidade e avaliação de cultivar e/ou híbrido para utilização direta. Através dos acessos, originam-se, as populações com larga base genética, na qual há a seleção de plantas para constituir progênie, cultivar e/ou híbrido promitentes que sobressaíam nesta etapa, por meio de uma avaliação através de descritores morfo-agronômicos (NÓBREGA, 2008).

Segundo Freire et al. (2007) as finalidades fundamentais do melhoramento genético da mamona são: acréscimo do potencial produtivo, comumente a todos polos de produção, que sempre almeja elevada produção por área em comparação aos cultivares disponíveis no mercado; precocidade, relevante, na região nordestina brasileira, devido ao longo período de seca, e no Cerrado, uma vez que sua semeadura é no período de safrinha, logo depois da safra com a sojicultora; Porte alto a médio, para o semi-árido nordestino, por apresentar raiz principal profunda e bem desenvolvida que pode atingir mais de 3 m de profundidade, tolerando assim por mais tempo o longo período de déficit hídrico; porte baixo e anão, característica

direcionada de modo geral para estados que predominam a tecnologia de cultivo altamente tecnificada (colheita mecanizada); incremento do conteúdo de óleo nas sementes; resistente às principais pragas e doenças que assolam a cultura.

Com o desenvolvimento de genótipo que possui adaptação à colheita mecânica, a cultura da mamona ficou cada vez mais positiva à economia na relação custo/benefício dentro da porteira do médio e grande proprietário, mas o cultivo intensivo em grandes áreas requer técnicas mais evoluídas para maximizar a produção do fenótipo desses cultivares e/ou híbridos (SOUZA-SCHLICK, 2010).

De acordo com Kiihl (2006) a grande maioria das empresas públicas de pesquisas brasileiras tem o objetivo de desenvolver e lançar cultivares, não tendo ainda como preferência a obtenção de híbridos. Uma das causas da falta de híbridos no Brasil é que a ricinocultura é praticada predominantemente por lavradores do semi-árido nordestino que provém da agricultura familiar com baixo uso tecnológico, sendo esse também um dos principais motivos para o baixo rendimento médio por hectare de baga no país.

2.3 Espaçamento e densidade populacional

Na definição do arranjo de plantas deve-se ter ciência que esta é uma prática muito importante para o cultivo na otimização da produção agrícola, uma vez que interfere na quantidade de radiação solar interceptada pelas folhas, e por conseguinte, além de outros fatores, determina a produtividade (PETINARI et al., 2012; SEVERINO et al., 2012; SORATTO et al., 2012, SOUZA-SCHLICK et al., 2014).

O arranjo populacional é definido pelo espaçamento e a densidade de semeio, sendo que o espaçamento é a distancia compreendida entre duas linhas de plantio, enquanto a densidade de semeadura é entendida como o intervalo, no momento da semeadura, entre as sementes na fileira (SOUZA-SCHLICK 2010; AZEVEDO et al., 2007).

De acordo com Kotz (2012) o estreitamento do espaçamento entre linhas e a densidade de semeadura podem proporcionar redução no tempo de maturação dos frutos; aumento na produtividade de grãos, pois altera a relação entre órgão vegetativo e reprodutivo na planta e facilita as praticas culturais no decorrer do desenvolvimento da cultura.

Nas pesquisas realizadas por Severino et al. (2006a), foi relatado que os menores espaçamentos, na variedade BRS Nordestina, proporcionaram maiores rendimentos, quando comparado com os espaçamentos maiores. Nesse estudo a distancia entre as plantas na linha foi o mesmo para todos os tratamentos. Gondim et al. (2006) e Vale (2009), do mesmo modo que os autores anteriores, deixando inalterado o espaçamento entre plantas (0,37 m e 1,00 m, respectivamente), também obteve aumento de produção por hectare, utilizando o espaçamento entre linhas de 0,60 m, quando comparado com demais espaçamentos entre fileiras. Onde os espaçamentos entre as linhas de plantio utilizados por Gondim et al. (2006) foram 0,60; 0,83; e 1,05m. E os espaçamentos usados por Vale (2009) foram 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75 m entre as linhas.

2.4 Adubação fosfatada

A fertilização destaca-se como uma das importantes técnicas de manejo adotadas para tornar a cultura mais produtiva e rentável, apesar de ter elevado custo e podendo até deixar o investimento do produtor mais arriscado (FERREIRA et al., 2006). É importante, através da adoção dessa tecnologia para a ricinocultura, que haja um suficiente suprimento de micro e macronutrientes, pois a mamona apresenta sensibilidade a solos ácidos, exigindo solos com alta a média fertilidade (FERREIRA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010).

De acordo com Crusciol et al. (2012), o fósforo é nutriente que possui menor exigência pela mamona em comparação aos demais macronutrientes. Mesmo assim, geralmente nos solos brasileiros, aplicam-se altas quantidades deste nutriente, em função de sua baixa eficiência de aproveitamento pelas culturas anuais (MOREIRA et al., 2012), causada, principalmente, pela sua alta fixação pelos sesquióxidos de ferro e alumínio presentes na fração argilosa destes solos (BÜLL et al., 2004).

As plantas absorvem o fósforo preferencialmente na forma de íon $H_2PO_4^-$, sendo que sua máxima disponibilidade ocorre com o pH do solo na faixa entre 4,5-6,0 (ARAÚJO;MACHADO, 2006).

Entre os nutrientes essenciais da mamona, o fósforo possui importância fundamental por ser constituinte dos fosfolipídios presentes nas membranas de nucleotídeos, ácidos nucleicos e outras macromoléculas (HAWKESFORD et al.,

2012). Também o P é crucial no desenvolvimento (ALMEIDA JÚNIOR et al. 2009; RIBEIRO et al., 2009; SOUZA et al., 2009) e fixação de dióxido de carbono pela mamoneira, sendo essa, “dona” de um alto consumo de energia para manutenção de armazenagem de óleo na semente (FERREIRA et al. 2004).

Ainda que a mamona acumule fósforo com o avanço de seus estados fenológicos, com o período de maior requerimento entre 70 e 80 dias após a emergência (CRUSCIOL et al., 2012), a aplicação deste macronutriente em quantidade adequada deve ser realizada na ocasião do semeio ou antes do mesmo, pois o requerimento limitado do fósforo ou sua deficiência no início do desenvolvimento das plantas afeta, de maneira não reversível, vários processos metabólicos, que dificilmente serão corrigidos com suprimentos em épocas mais avançadas, conforme sugerem Grant et al. (2001).

A análise do solo é de fundamental importância para fazer a recomendação da adubação fosfatada. Para o Estado de São Paulo, Savy Filho (1997), dependendo do teor de P(resina) disponível no solo, recomendam aplicar na semeadura doses de P_2O_5 variando de 40 a 80 kg ha⁻¹.

As consequências benéficas da aplicação de fósforo sobre o teor de óleo (SEVERINO et al., 2006c) e produtividade de grãos (OLIVEIRA et al., 2010; SILVA et al., 2012a; MOREIRA et al., 2012) têm sido comprovadas na mamoneira, especialmente em solos com baixos e muito baixos teores de P disponível.

Por outro lado, alguns pesquisadores indicam que em solos com alta disponibilidade inicial de fósforo, não é recomendado fornecer este nutriente, embora haja efeito sobre alguns caracteres produtivos e qualitativos das plantas, mas não refletindo em incrementos na produtividade, além de não trazer economia para o agricultor (SULLIVAN et al., 2012; SORATTO et al., 2015). Nesse sentido aplicações excessivas de adubos fosfatados em solos com elevados teores de fósforo disponível podem causar problemas ao meio ambiente devido ao carregamento de P por erosão e por eutrofização e desequilíbrio nutricional, afetando negativamente a absorção do zinco (FAGERIA, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização edafoclimática da área experimental

O experimento foi conduzido entre os meses de abril a novembro de 2016 na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), situada no Município de São Manuel, Estado de São Paulo, localizada a 22° 46’ de latitude Sul, 48° 34’ de longitude Oeste e 740 m de altitude. O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, clima temperado quente (mesotérmico) úmido, com chuvas concentradas de novembro a abril, sendo a precipitação média anual do município de 1.376 mm, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (CUNHA; MARTINS, 2009). O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, de textura arenosa (SANTOS et al., 2013).

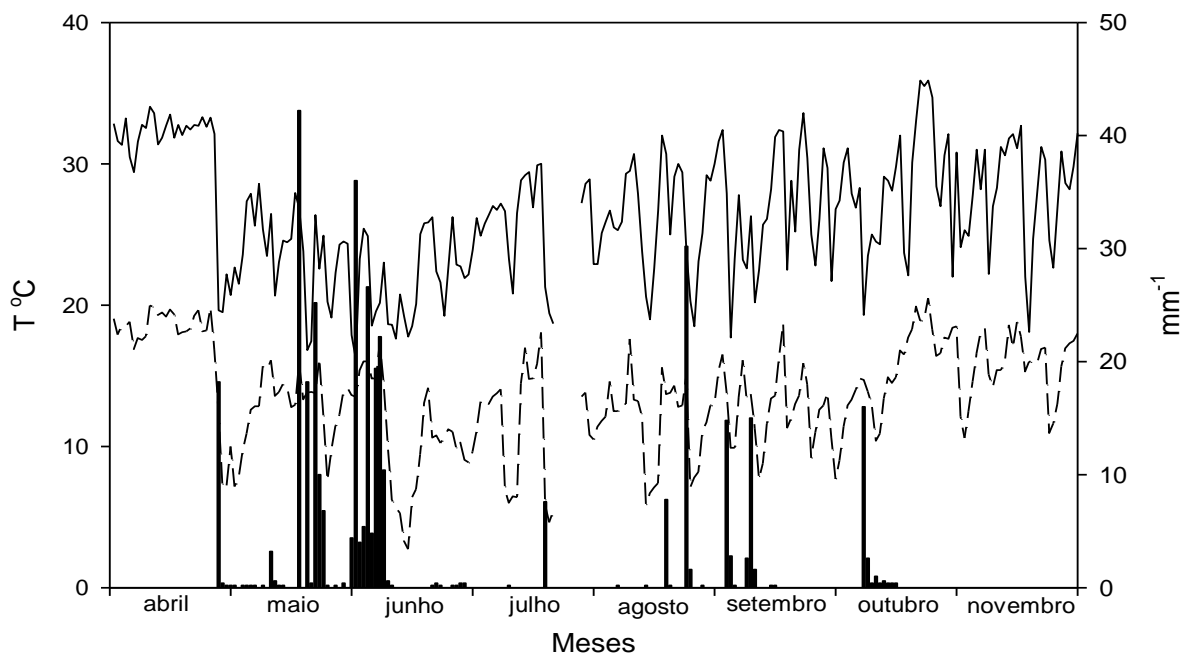
Antes da instalação do ensaio foram determinadas as características químicas (Tabela 1) do solo na profundidade de 0 a 0,2 m de acordo com (Raij et al., 2001).

Tabela 1 - Atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação do experimento. São Manuel, 2016

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----						
5,0	9	9	13	0,2	5	2	7	20	35

Os dados meteorológicos diários para o município de São Manuel, durante o período de condução do experimento, estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Precipitação (I), temperaturas máximas (—) e temperaturas mínimas (----) registradas na área experimental durante o período de abril a novembro de 2016



3.2 Caracterização do material genético de mamona avaliado

O híbrido AG IMA 110204 adapta-se às condições do ambiente cerrado, de produtividade de grãos acima de 1500 kg ha⁻¹, teor de óleo contido na semente em torno de 47%, produtividade de óleo acima de 700 kg ha⁻¹, ciclo de cultivo precoce (140 dias após a emergência da plântula (d.a.e)), porte baixo (1,70 m), florescimento precoce (30 d.a.e) e controle de nematoide (SÁ et al., 2015).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 5), sendo duas densidades populacionais e cinco doses de fósforo, com quatro repetições. As densidades populacionais avaliadas foram 67.340 plantas.ha⁻¹ e 33.670 plantas ha⁻¹ (convencional). Com base na análise de solo e de acordo com a recomendação proposta por Savy Filho (1997) foram estabelecidos cinco doses de fósforo, correspondente a 0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada com base na análise de solo, equivalentes a 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, que foram aplicados no sulco de plantio na forma de superfosfato simples (18% P₂O₅; 12% S).

Cada parcela foi composta por 5 e 3 fileiras nas densidades populacionais de 67340 e 33670 plantas ha⁻¹, respectivamente, com 4,95 m de comprimento. Sendo consideradas como área útil, para coleta dos dados, as fileiras centrais, descartando-se 0,33 m de cada extremidade da linha de plantio. As áreas úteis correspondentes as densidades populacionais de 67340 e 33670 plantas ha⁻¹, foram respectivamente 5,79 e 3,86 m².

3.4 Instalação e condução do experimento

No preparo do solo foi efetuada uma gradagem pesada. Foi aplicado 0,58 t ha⁻¹ de calcário dolomítico para elevar a saturação por base a 60%.

A adubação fosfatada e potássica (60 kg ha⁻¹ de K₂O) foram realizadas na ocasião da semeadura. O N foi parcelado, aplicando-se 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 40 kg ha⁻¹ em cobertura, 30 d.a.e das plântulas. Foi utilizado como fonte de N e K, de forma respectiva, uréia e cloreto de potássio.

A semeadura ocorreu no dia 25/04/2016, onde foram colocadas na fileira três sementes manualmente a cada 0,33 m, com profundidades de 4 a 8 centímetros, as sementes foram tratadas com o fungicida Vitavax-thiram® (120 mL para 100 kg de sementes), e 20 d.a.e. foi feito o desbaste deixando-se três plantas por metro linear.

O controle de plantas daninhas e demais tratos culturais foram realizados durante todo o período de desenvolvimento da cultura, quando necessário. No decorrer do desenvolvimento da cultura, utilizou-se o fornecimento suplementar de água, por meio de um sistema de irrigação por aspersão, priorizando-se os períodos de veranicos como exposto na Figura 1. A colheita foi realizada entre os dias 02 a 17/11/2016.

3.5 Variáveis Avaliadas

- a) Diâmetro do caule (cm): Foi determinado no primeiro internódio da planta, com auxílio de paquímetro, em 5 plantas;

- b) Altura de planta (cm): Foi realizado através da medição da distância entre o solo e o ponto mais alto da planta, em 5 plantas;

- c) Altura de inserção do primeiro racemo (cm): medição da distância entre o solo e o ponto de inserção do racemo, em 5 plantas;

d) Número de racemos planta⁻¹ (unid.): relação entre número total de racemos e o número total de plantas, considerando 4,3 m das fileiras centrais da área útil;

e) Número de grãos racemo⁻¹ (unid.): relação entre número total de grãos e o número total de racemos, considerando 4,3 m das fileiras centrais da área útil;

f) Massa de 100 grãos (g): Pesagem de amostras de 100 grãos em gramas utilizando uma balança digital. Os dados obtidos foram transformados para 13% de umidade.

h) Teor de óleo (%): Para a determinação do teor de óleo, amostras dos grãos foram secadas em estufa a 70 °C por 24 horas e submetidas à análise por ressonância magnética nuclear.

g) Produtividade de grãos (kg ha⁻¹): foram colhidos manualmente os frutos das plantas contidos nas fileiras centrais da área útil, na ocasião da colheita, trilhados, após esta operação, os grãos foram pesados e corrigidos para 13% de umidade.

i) Produtividade de óleo (kg ha⁻¹): foi obtida multiplicando-se a produtividade de grãos da mamoneira pelo teor de óleo.

3.6 Análise estatística

A análise de variância do experimento disposto no delineamento em blocos ao acaso no esquema fatorial (2 x 5), foi realizada seguindo as recomendações de Banzatto e Kronka (2013). Onde usou-se o próprio teste F da análise de variância na comparação das médias das densidades populacionais para todos os caracteres avaliados, uma vez que para dois níveis de fator ele é conclusivo. Para as doses de fósforo foi usado regressão polinomial e o coeficiente de determinação.

Os dados das variáveis número de racemos planta⁻¹ e número de grãos racemo⁻¹ foram transformados em \sqrt{x} (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão expostos os valores de F da análise de variância e suas respectivas significâncias para as variáveis diâmetro do caule, altura de plantas e altura de inserção do primeiro racemo na avaliação da mamoneira sob adubação fosfatada em duas densidades populacionais. Pelo teste F, observa-se que para interação entre densidades populacionais e doses de fósforo não houve diferença significativa a 5% de probabilidade, indicando que não existe dependência entre os fatores em estudo para estas variáveis. Para causa de variação densidades populacionais foi detectado que houve diferença significativa a 1% de probabilidade para as variáveis diâmetro do caule e altura de plantas. Para a causa de variação doses de fósforo, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade para estas variáveis.

Tabela 2 – Valores de F da análise de variância e suas respectivas significâncias para diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP), altura de inserção do primeiro racemo (AIPR) em função de densidades populacionais e doses de fósforo. São Manuel-SP, 2016

Causas de Variação	TESTE F		
	DC	AP	AIPR
Densidades populacionais (A)	7,79**	11,77**	0,34 ^{ns}
Doses de P ₂ O ₅ (B)	0,91 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Reg. Linear	-	-	-
Reg. Quadrática	-	-	-
Interação AxB	0,87 ^{ns}	2,37 ^{ns}	0,58 ^{ns}
CV (%)	12,18	16,13	18,81

** e ^{ns} são, respectivamente, significativo a 1% de probabilidade e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os coeficientes de variação apresentaram boa precisão experimental para diâmetro do caule (12,18%) e regular precisão experimental para altura de plantas (16,13%), altura de inserção do primeiro racemo (18,81%) (FERREIRA, 2000).

Na Tabela 3 encontram-se as médias das variáveis diâmetro do caule, altura de plantas, altura de inserção do primeiro racemo avaliadas nas duas densidades populacionais pelo teste F.

O menor diâmetro caulinar na densidade populacional 67340 plantas ha⁻¹ pode ser explicado pelo fato de que em altas densidades populacionais, há provavelmente uma menor disponibilidade de energia luminosa por causa da maior competição entre as plantas na área, sendo assim estas apresentam menor taxa fotossintética e, como consequência, menor capacidade de armazenamento de fotoassimilados no caule (CARVALHO et al., 2010). A diminuição no diâmetro do caule com o incremento da densidade populacional pela redução do espaçamento entre linhas foi verificado por Kittock e Williams (1970), Severino et al. (2006a), Bizinoto et al. (2010), Souza-Schlick et al. (2011).

Tabela 3 - Médias das densidades populacionais para diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP) e altura de inserção do primeiro racemo (AIPR). São Manuel-SP, 2016

Densidades populacionais (plantas ha ⁻¹)	DC (cm)	AP (cm)	AIPR (cm)
67340	1,05 b	39,82 b	16,92 a
33670	1,17 a	47,64 a	17,11 a
Média	-	-	17,02

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste F.

Na altura de plantas a maior densidade populacional proporcionou maior valor quando comparado ao cultivo adensado. Rocha et al. (1964) e Severino et al. (2006c) afirmaram que a o aumento da população de plantas provoca competição intraespecífica por H₂O, luz, elementos minerais nutritivos e CO₂, resultando assim na redução do crescimento vegetal, sendo isto confirmado pelos resultados da presente pesquisa. No que diz Souza-Schlick et al. (2012), quando a planta é submetida a menor competição por fatores ambientais, isto é, com maior disponibilidade de espaço, apresenta maior crescimento vegetativo o que resulta em

acréscimo no número de racemos na planta, como consequência, há aumento no número de grãos no racemo.

De acordo com Sá et al. (2015), é recomendado que o AG IMA110204 seja cultivado numa baixa densidade populacional, e foi exatamente nesta condição que foi alcançada a maior altura (47,64 cm), mesmo assim o híbrido não atingiu o porte a ele preconizado por seus obtentores. Entretanto fatores ambientais como baixas temperaturas, entre 2,67 °C e 17,34 °C de temperatura mínima, e baixa quantidade de oxigênio no sistema radicular por encharcamento na fase vegetativa provocado pelo alto índice pluviométrico (Figura 1), proporcionaram a redução do crescimento e desenvolvimento da parte aérea, raiz e da mobilização de substância de reserva.

O atraso na data de semeadura foi outro fator que limitou o desenvolvimento das plantas (SOUZA et al., 2007; MACHADO, 2008; DINIZ NETO et al., 2009; ZUCHI et al., 2010).

Para altura de inserção do primeiro racemo não houve efeito significativo das densidades populacionais, com média de 17,02 cm, apesar de haver influencias deste fator no diâmetro e na altura de plantas. A alteração na altura de inserção do primeiro racemo é um indicativo de que em cultivo adensado há maior número de indivíduos por área e, como consequência, provoca alterações no crescimento (aumento no comprimento dos entrenós), resultante do aumento da competição por luz (SEVERINO et al., 2006d; FIOREZE et al., 2016). No presente estudo este comportamento não foi notado, corroborando com Souza-Schlick et al. (2012) e Lopes et al., (2013).

Na Tabela 4 encontram-se as médias das variáveis diâmetro do caule, altura de plantas e altura de inserção do primeiro racemo mensuradas em cinco doses de fósforo pelo teste F.

Com relação às variáveis diâmetro do caule, altura de plantas e altura de inserção do primeiro racemo não houve diferença significativa para as regressões, apresentando valores médios de 1,10 cm, 43,53 cm, 17,02 cm, respectivamente.

O diâmetro do caule não foi influenciado pela adubação fosfatada, sendo isto muito importante, pois esta variável apesar de ser pouco estudada, tem forte ligação ao tombamento, especialmente em solos de textura arenosa, e com a utilização de cultivares prolíficos (NÓBREGA, 2008).

Ribeiro et al. (2009), ao estudar o efeito da aplicação de macronutrientes primários, aos 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após a semeadura, no

desenvolvimento da variedade BRS Paraguaçu observaram que os tratamentos com fósforo não contribuíram para o aumento do diâmetro do caule no decorrer do ciclo biológico. Souza et al. (2009) também verificaram que não houve efeito significativo no diâmetro do caule ao avaliar diferentes doses de fósforo. Por outro lado, Almeida Júnior et al. (2009) encontraram resposta quadrática no diâmetro do caule em função de doses de fósforo, resultados estes contrastantes a este estudo.

Tabela 4 - Médias das doses de fósforo para diâmetro do caule (DC), altura de plantas (AP) e altura de inserção do primeiro racemo (AIPR). São Manuel-SP, 2016

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	DC (cm)	AP (cm)	AIPR (cm)
0	1,06	38,37	15,71
30	1,13	44,37	16,83
60	1,17	45,97	16,76
90	1,07	42,89	17,41
120	1,10	45,69	18,16
Média	1,10	43,53	17,02
Regressão	-	-	-

A altura de plantas e a altura de inserção do primeiro racemo não foram influenciadas pelo aumento das doses de fósforo. Segundo Malta et al. (2008) e Cantanhêde (2009) estas duas variáveis estão correlacionadas positivamente. Scivittaro et al. (2009), avaliando o desempenho da cultivar AL Guarany 2002 e do híbrido Lyra em cinco níveis de fosforo (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅), observaram alterações, por modelos quadráticos, nestas variáveis somente para AL Guarany 2002. De acordo com Weiss (1983), diferentes genótipos de qualquer espécie de planta pode responderem de maneira distinta em crescimento e comportamento produtivo sob determinado nível de fertilidade do solo, já que no processo de melhoramento as plantas sofrem seleção para crescer em determinado nível de nutrientes com adaptação para obter a máxima produção neste nível.

Na Tabela 5 estão expostos os valores de F da análise de variância e suas respectivas significâncias para as variáveis número de racemos planta⁻¹, número de

grãos racemo⁻¹, massa de 100 grãos, teor de óleo, produtividade de grãos e produtividade de óleo na avaliação da mamoneira sob adubação fosfatada em duas densidades populacionais. Pelo teste F, para a interação entre densidades populacionais e doses de fósforo apenas para a variável número de racemos planta⁻¹ houve diferença significativa a 5% de probabilidade, indicando que existe dependência entre os fatores em estudo para esta variável. Para causa de variação densidades populacionais foi detectado que houve diferença significativa a 1% de probabilidade para as variáveis número de grãos racemo⁻¹ e massa de 100 grãos; as variáveis produtividade de grãos e produtividade de óleo apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade. Para a causa de variação doses de fósforo, houve diferença significativa a 5% de probabilidade apenas para as variáveis produtividade de grãos e produtividade de óleo, em ambos os casos indicando o uso de regressão quadrática para explicar o fenômeno biológico, por ser a regressão de mais alto grau que apresentou significância.

Tabela 5 – Valores de F da análise de variância e suas respectivas significâncias para número de racemos planta⁻¹ (NRP), número de grãos racemo⁻¹ (NGR), massa de 100 grãos (M100G), teor de óleo (TO), produtividade de grãos (PG) e produtividade de óleo (PO) em função de densidades populacionais e doses de fósforo. São Manuel-SP, 2016

Causas de Variação	TESTE F					
	NRP	NGR	M100G	TO	PG	PO
Densidades populacionais (A)	-	9,06**	10,62**	3,19 ^{ns}	4,50*	5,37*
Doses de P ₂ O ₅ (B)	-	0,94 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,84 ^{ns}	3,72*	2,99*
Reg. Linear	-	-	-	-	2,66*	2,21*
Reg. Quadrática	-	-	-	-	2,31*	1,90*
Interação AxB	3,06*	0,60 ^{ns}	0,40 ^{ns}	2,53 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,41 ^{ns}
CV (%)	8,16	9,96	14,94	6,84	15,24	19,30

*, ** e ^{ns} são, respectivamente, significativos a 5%, 1% de probabilidade e não significativo a 5% pelo teste F.

Os coeficientes de variação apresentaram ótima precisão experimental para as variáveis número de racemos planta⁻¹ (8,16%), número de grãos racemo⁻¹ (9,96%) e teor de óleo (6,84%); boa precisão experimental massa de 100 grãos (14,94%); e regular precisão experimental para produtividade de grãos (15,24%) e produtividade de óleo (19,30%) (FERREIRA, 2000).

A interação entre os fatores densidades populacionais e doses de fósforo influenciou no número de racemos planta⁻¹ (Tabela 6; Figura 2). As densidades populacionais de 67340 e 33670 plantas.ha⁻¹ diferiram entre si quanto ao número de racemos planta⁻¹ nas doses 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para todas estas doses, o número de racemos planta⁻¹ do cultivo convencional foi superior ao da maior densidade populacional (Tabela 6). Kittock e Williams (1970), Vale (2009), Bizinoto et al. (2010) e Souza-Schlick et al. (2014) notaram que a emissão de estruturas reprodutivas eleva-se quando as plantas estão mais espaçadas, uma vez que nesta condição há maior área para captação de luz e baixa competição ou interferência entre as plantas, quando comparadas às mesmas em maiores densidades.

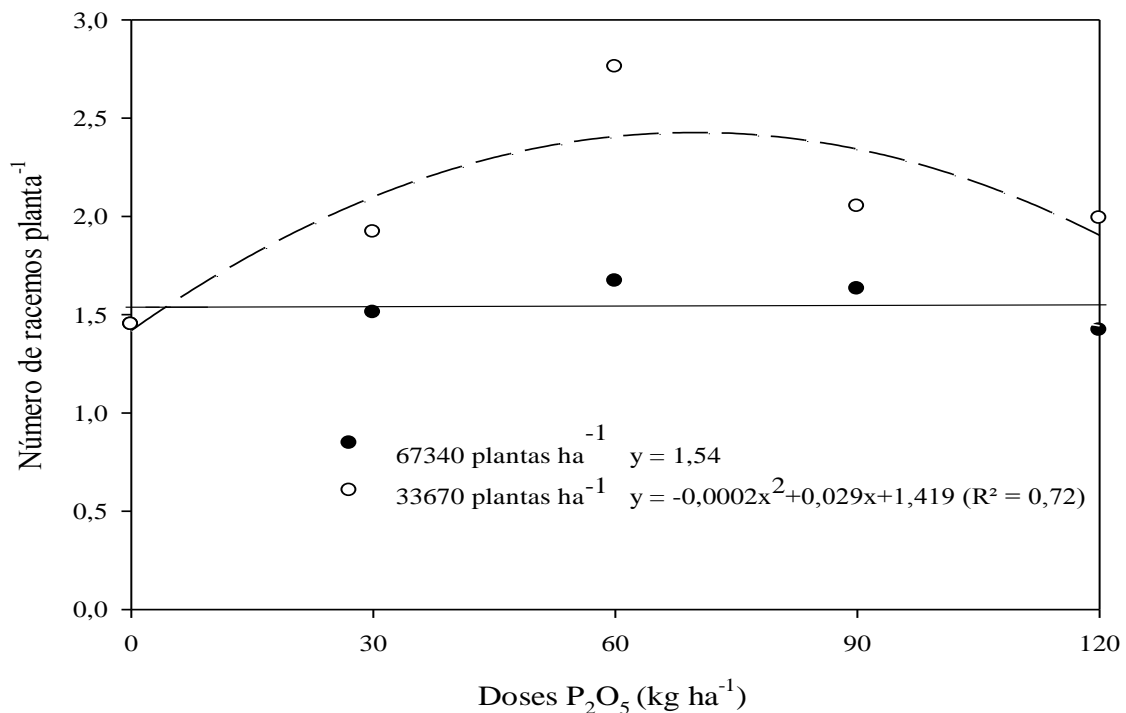
Tabela 6 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância para densidades populacionais dentro de cada dose de fósforo no número de racemos planta⁻¹. São Manuel-SP, 2016

Densidades populacionais (plantas ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	30	60	90	120
67340	1,45 a	1,51 b	1,67 b	1,63 b	1,42 b
33670	1,45 a	1,92 a	2,76 a	2,05 a	1,99 a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste F.

Na densidades populacionais 33670 plantas ha⁻¹ houve aumento no número de racemos planta⁻¹ de forma quadrática, com maior quantidade de racemos planta⁻¹ na dose calculada de 72,25 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto no espaçamento 0,45 m, com o aumento na dose de fósforo a quantidade de racemos planta⁻¹ não foi alterada (Figura 2).

Figura 2 - Desdobramento da interação significativa da análise de variância para doses de fósforo dentro cada densidade populacional no número de racemos planta⁻¹. São Manuel-SP, 2016



Vários autores constataram influencia de doses de fósforo nesta variável (SEVERINO et al., 2006b; FERRO et al., 2008; SOFIATTI et al., 2008; SILVA, 2009; SILVA et. al., 2012b). Em contrapartida, Moreira et al. (2012), analisando o comportamento produtivo e vegetativo da mamoneira sob níveis de fósforo e boro, não observaram alteração no número de estruturas reprodutivas com aplicação destes nutrientes. Os autores relacionaram a falta de efeito significativo das doses de fósforo nesta variável à baixa precisão experimental (CV=26,33%).

Na Tabela 7 encontram-se as médias das variáveis número de grãos racemos⁻¹, massa de 100 grãos, teor de óleo, produtividade de grãos e produtividade de óleo avaliadas nas duas densidades populacionais entre fileiras pelo teste F.

O número de grãos racemo⁻¹ foi maior na densidade populacional de 33670 plantas ha⁻¹, com 38,74 grãos racemo⁻¹. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), em

condições onde há intensa competição, principalmente por luz, ocasionada pela maior densidade populacional, ou pelo menor espaçamento entre linhas, as plantas apresentam uma baixa quantidade de matéria seca, como consequência, têm baixo aparato fotossintético, refletindo em baixa produção de estruturas reprodutivas.

Souza-Schlick et al. (2014) estudando o efeito de diferentes arranjos populacionais no comportamento agrônomo da cultivar FCA-PB notaram que o aumento da densidade populacional reduz linearmente o número de grãos racemo⁻¹. Da mesma forma, Pivetta (2015) avaliando a influência de densidades de plantas nos aspectos morfofisiológicos e produtivos de três materiais genéticos de mamona, observou que o valor desta variável aumentou conforme houve redução da densidade de plantas nos híbridos avaliados.

Na densidade populacional 33670 plantas ha⁻¹ foi obtido maior massa de 100 grãos. Para Souza-Schlick et al. (2012), a interferência na formação e acúmulo de reservas dos grãos está associada a redução da taxa fotossintética causada pelo aumento da competição intraespecífica por luz no adensamento entre as plantas na área. Resultados semelhantes foram encontrados por Soratto et al. (2011), Souza-Schlick et al. (2011), Kotz (2012), Ataíde (2013) e Pivetta (2014), os quais encontraram diminuição da massa de 100 grãos através do estreitamento de espaço entre as plantas.

O teor de óleo nos grãos não sofreu efeito significativo das densidades populacionais em estudo. Cabe ressaltar que esta variável na *R. communis* tem elevada herdabilidade (MOSKHIN, 1986a; SORATTO et al., 2012). Kittock e Williams (1970), Severino et al. (2006d), Soratto et al. (2011) e Souza-Schlick et al. (2014) também não constataram variação no percentual de óleo nos grãos na cultura da mamona exposta a diferentes espaçamento entre fileira.

Severino et al. (2006a) constataram redução no teor de óleo nos grãos da mamona com o aumento da densidade populacional. Estes autores relacionaram os resultados constatantes encontrados na literatura a pouca compreensão sobre o efeito dos fatores do ambiente de produção e do manejo da cultura nesta variável.

Tabela 7 - Médias das densidades populacionais para número de grãos racemos⁻¹ (NGR), massa de 100 grãos (M100G), teor de óleo (TO), produtividade de grãos (PG), e Produtividade de óleo (PO). São Manuel-SP, 2016

Densidades populacionais (plantas ha ⁻¹)	NGR (unid.)	M100G (g)	TO (%)	PG (kg ha ⁻¹)	PO (kg ha ⁻¹)
67340	32,10 b	25,55 b	43,83 a	604,65 b	266,61 b
33670	38,74 a	29,91 a	45,55 a	669,76 a	307,19 a
Média	-	-	44,69	-	-

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste F.

A maior produtividade de grãos (669,76 kg ha⁻¹) foi obtida no espaçamento de 0,90 m entre linhas, diferindo estatisticamente do menor espaçamento. A elevação da produtividade de grãos obtida pela utilização de espaçamento mais largo deve-se provavelmente à melhor relação entre quantidade de racemo planta⁻¹, quantidade de grãos racemo⁻¹ e massa dos grãos. Este trabalho corrobora com a recomendação de Sá et al. (2015).

Severino et al. (2006a), Vale (2009), Souza-Schlick et al. (2011) e Soratto et al. (2011) utilizando os genótipos BRS Nordestina, BRS Energia, IAC 2028 e FCA-PB respectivamente, notaram que ao aumentar a densidade populacional houve aumento na produtividade, apontando que o adensamento de plantas na área poderia ser utilizado como forma de incrementar a produtividade. Todavia, quando se estuda com elevadas densidades populacionais, somente a utilização de fileiras mais próximas pode não possuir eficiência para aumentar a produtividade de grãos da mamoneira de porte anão (Souza-Schlick et al., 2012).

Já que as densidades populacionais em estudo não influenciaram significativamente no teor de óleo nas sementes, a produtividade de óleo sofreu influencia semelhante à produtividade de grãos, observando-se correlação positiva entre as duas variáveis ($r=0,96$, $p<0,001$), ou seja, a maior produtividade de óleo foi obtida na densidade populacional de 33670 plantas ha⁻¹, diferindo estatisticamente da maior população de plantas. Resultados semelhantes foram observados por Soratto et al. (2011), Souza-Schlick et al. (2011), Souza-Schlick et al. (2012) e Souza-Schlick et al. (2014), onde observaram alta correlação entre as produtividades de grão e óleo nas densidades populacionais avaliadas.

Cabe ressaltar que a produtividade de óleo foi inferior ao descrito por Sá et al. (2015) para o híbrido AG IMA 110204, o que atribui-se ao atraso da época de semeadura (BALDWIN e COSSAR, 2009 e SEVERINO et al., 2012), às baixas temperaturas e ao excesso de chuva no decorrer da fase vegetativa (Figura 1) dificultando o desenvolvimento da mamoneira como já mencionado, e às baixas temperaturas, entre 2,73 a 20,5 °C de temperatura mínima, na fase reprodutiva (Figura 1). De acordo com Távora (1982), quando submetida à temperatura em torno de 10° C, a mamoneira não produz sementes em virtude da inviabilidade do grão de pólen nesta situação. Além disso, em condições de baixas temperaturas, ocorre diminuição na acumulação de calor e como resultado reduz o percentual de óleo na semente (KUMAR, 1999).

Na Tabela 8 encontram-se as médias das variáveis número de grãos racemos⁻¹, massa de 100 grãos, teor de óleo, produtividade de grãos e produtividade de óleo mensuradas em cinco doses de fósforo pelo teste F.

Para as variáveis número de grãos racemos⁻¹, massa de 100 grãos e teor de óleo não houve diferença significativa para as regressões, apresentando valores médios de 35,24 grãos racemo⁻¹, 27,61 g; 44,69%, respectivamente. Em contrapartida, houve efeito significativo para regressão quadrática em relação à produtividade de grãos e produtividade de óleo.

Para número de grãos racemo⁻¹, as doses de fósforo não influenciaram nos dados desta variável. Segundo Moro et al. (2011), o número de grãos planta⁻¹ é uma característica com ampla variação e nem sempre as modificações são provenientes da fertilização do solo. Entretanto, Pivetta et al. (2015) notaram que doses de fertilizante NPK aumentaram linearmente o número de grãos racemo⁻¹.

Apesar da massa de 100 grãos sofrer muita influência pelas condições ambientais (NASCENTE et al., 2014), para esta variável não houve efeito em função das doses de fósforo utilizadas na adubação. Corroborando os relatos de Machado (2008), Pacheco et al. (2008), Scivittaro et al. (2009) e Cunha et al., (2014) na cultura em estudo; Rogério et al., (2012) no crambe; Nakagawa et al. (1977a, 1977b, 1990) e Marubayashi (1993) no amendoim; Melém Júnior et al. (2011), Zucareli et al. (2011) e Nascente et al. (2014) no feijão; e Chaves et al. (2013) no milho, que também não encontraram diferença significativa entre os manejos de adubação fosfatada estudados.

O teor e a qualidade de óleo na semente são os parâmetros mais relevantes para o setor industrial (SACH et al., 2006), logo neste trabalho observou-se nenhuma resposta da variável teor de óleo em relação às doses de fósforo aplicadas no sulco de semeadura. O mesmo comportamento foi observado com mamoneira por Canecchio Filho et al. (1963), com amendoim por Kasai et al. (1998), com níger por Bottega et al. (2012), com crambe por Rogério et al. (2012 e 2013) e com soja por Gobira (2014), que não encontraram diferenças entre as doses estudadas. Entretanto difere do resultado alcançado por Severino et al. (2006c), onde foi aumentado o conteúdo de óleo na semente de 47,6 para 50,2% entre as doses 0 e 100 de kg ha⁻¹ de fosforo. Sach et al. (2006) verificaram aumento no teor de óleo nos aquênios do girassol pela fertilização fosfatada. Enquanto (MOTLAGH et al., 2012; NEJAD, 2013; SAID-AL AHL et al, 2016) verificaram resposta positiva da elevação de doses de P no percentual de óleo da colza.

Devido à discordância entre os pesquisadores sobre o efeito positivo de doses de P no teor de óleo, há possibilidades de que o manejo adequado da adubação fosfatada seja essencial para expressar um maior teor de óleo na mamoneira e em outras oleaginosas, mesmo sendo uma variável de alta herdabilidade.

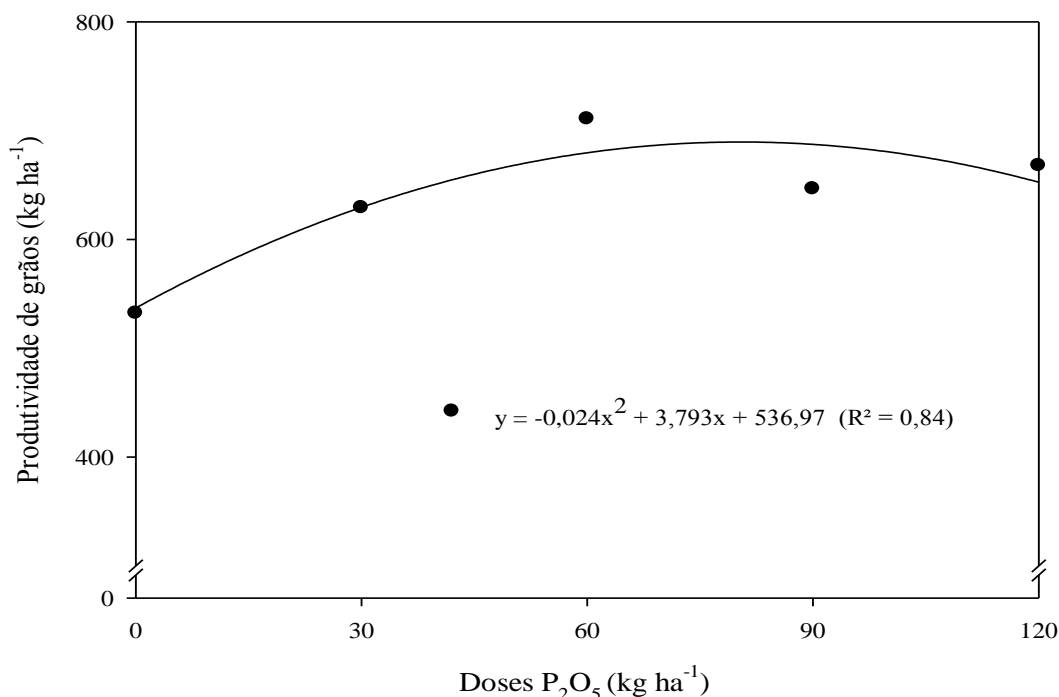
Tabela 8 - Médias das doses de fósforo para número de grãos racemos⁻¹ (NGR), massa de 100 grãos (M100G), teor de óleo (TO), produtividade de grãos (PG) e produtividade de óleo (PO). São Manuel-SP, 2016

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	NGR (unid.)	M100G (g)	TO (%)	PG (kg ha ⁻¹)	PO (kg ha ⁻¹)
0	38,21	27,04	43,78	532,06	236,77
30	35,31	25,15	44,72	629,00	281,76
60	32,96	28,94	46,11	710,71	328,44
90	32,70	28,11	43,74	646,46	283,16
120	37,11	28,92	45,11	667,81	304,38
Média	35,24	27,61	44,69	-	-
Regressão	-	-	-	2° grau	2° grau

A produtividade de grãos foi influenciada pelas doses de fósforo (Tabela 5), apresentando-se produtividade máxima de 689,38 kg ha⁻¹ na dose de 80,36 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 3). Com isso, foi verificado um aumento de 23% em relação às plantas que não receberam adubação fosfatada. Este resultado confirma os encontrados por várias pesquisas nas quais observam efeito positivo da adição de P na mamoneira, como verificado por Ferreira et al. (2006), Ferro et al. (2008), Ribeiro et al. (2009), Silva et al. (2012a), Silva et al. (2012b) e Cunha et al. (2014).

Oliveira et al. (2010), estudando o comportamento dos cultivares AL Guarany 2002 e Lyra, observaram aumento da produtividade pela aplicação de doses crescentes de P₂O₅, mostrando que a produtividade de grãos máxima da AL Guarany 2002 (2822 kg ha⁻¹) e da Lyra (2780 kg ha⁻¹) foram obtidas nas doses de 120 kg ha⁻¹ e 90,38 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Os autores atribuíram o impacto benéfico do fornecimento de fósforo na produtividade dos cultivares ao baixo teor de P disponível no solo (5,9 mg dm⁻³) e à relevância deste macronutriente para o comportamento produtivo de culturas produtoras de óleo.

Figura 3 - Valores de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) em diferentes doses de fósforo. São Manuel-SP, 2016

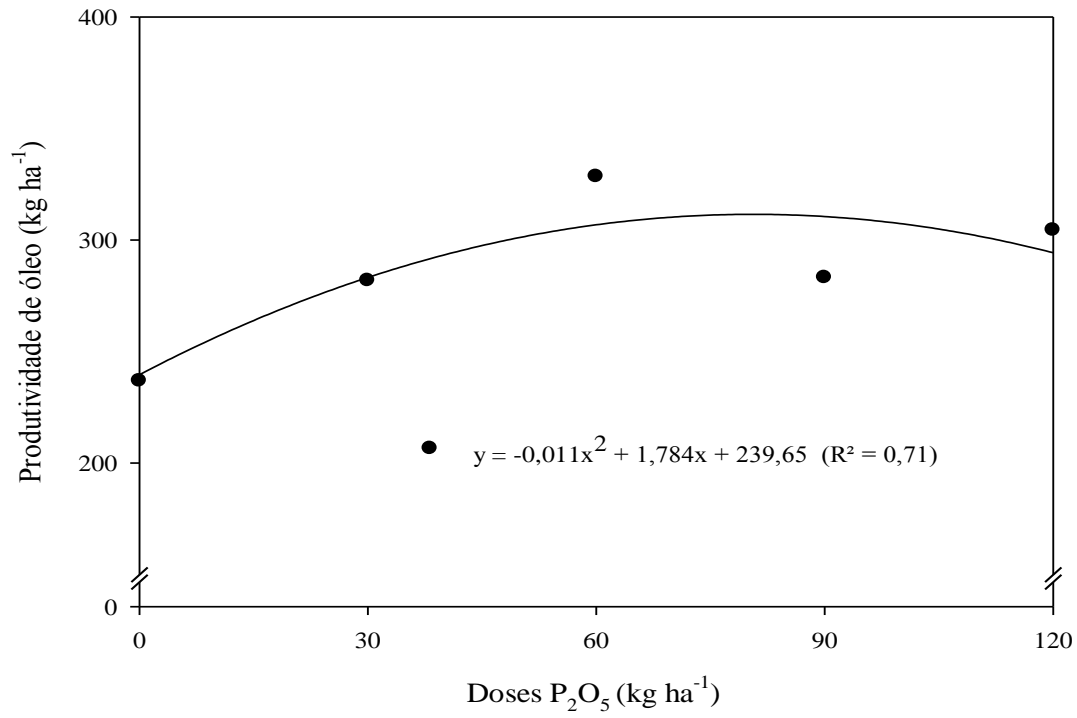


O acréscimo na produtividade de grãos em função da adubação fosfatada aconteceu devido ao fósforo propiciar maior extração de elementos minerais nutritivos pela planta com fornecimento correto de P_2O_5 , especialmente o N (JESCHKE et al., 1996), melhor absorção de CO_2 (MARSCHNER, 2002) e pelo motivo deste nutriente está fortemente ligado ao processo de liberação e armazenamento de energia na forma ADP e ATP (MALAVOLTA et al., 1997; HARGER et al., 2007; XU et al., 2007; SILVA et al. 2012).

O desempenho da mamoneira observado neste estudo fortalece, até então, a suposição de que o fósforo é o elemento mais importante no aumento da produtividade da cultura (SOUZA et al., 1974; NAKAGAWA et al., 1986).

A produtividade de óleo foi influenciada pelas doses de fósforo, de maneira semelhante à produtividade de grãos, já que a adição P não aumentou o teor de óleo. A produtividade de óleo máxima (Figura 4) foi $311,33 \text{ kg ha}^{-1}$ na dose de $80,36 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 (mesma dose máxima estabelecida para produtividade de grãos), verificando-se um aumento de 23,95% em relação às plantas que não receberam adubação fosfatada. Este resultado reforça a importância deste macronutriente para o aumento da produtividade de óleo, como observado nos trabalhos realizados por Rogério et al. (2013) no crambe e Aid-Al Ahl et al. (2016) na colza, onde a menor dose de fósforo, ou seja a deficiência de P, limitou a produção de óleo por área.

Figura 4 - Valores de produtividade de óleo (kg ha⁻¹) em diferentes doses de fósforo. São Manuel-SP, 2016



5 CONCLUSÕES

A densidade populacional 33670 plantas ha⁻¹ promoveu maiores valores para o diâmetro do caule, altura de plantas, número de grãos racemo⁻¹, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e de óleo do híbrido AG IMA 110204, independentemente das doses de fósforo.

A adubação fosfatada influenciou positivamente a produtividade de grãos e de óleo. Para o híbrido AG IMA 110204, as máximas produtividades de grãos e de óleo foram alcançadas, em ambos os casos, na dose de 80,36 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

O número de racemos planta⁻¹ foi maior na densidade populacional 33670 plantas ha⁻¹ quando foi aplicado P.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, A. B.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LINHARES, P. C. F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 217-221, 2009.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.253-280.

ATAÍDE, L. T. **Crescimento e produtividade da mamoneira IAC 2028 cultivada em diferentes arranjos populacionais**. 2013. 126 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO, L. S. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (Eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2007. p. 223-253.

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

BALDWIN, B. S., COSSAR, R. D. Castor yield in response to planting date at four locations in the south-central United States. **Industrial Crops and Products**. v. 29, p. 316–319 2009.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. reimpr. Jaboticabal: FUNEP. 2013. 237 p.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, R. L. S.; QUEIROZ, W. M.; QUEIROZ, W. C. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. 2. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. V. 2, cap. 2, p. 43- 72.

BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; BRITO, G. G.; OLIVEIRA, I. P. O.; ALBURQUEQUE, F. A. Ecofisiologia da mamoneira (*Ricinus communis* L.). In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, I. P. O. **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. 2. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2012.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, I. P. O. **Efeitos do Clima no Metabolismo Vegetal: Mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, (Embrapa Algodão. Documentos, 210). 2008.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; FILHO, J. F.; BRITO, G. G. **Enfoque Agrometeorológico para Cultura da Mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 13p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 120).

BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S. Ecofisiologia. In: SEVERINO, L. S; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. **Mamona: o produtor pergunta e a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. (Coleção 500 perguntas e 500 respostas).

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C. Os Múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu Cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos**, n.31, p.7, 1999.

BIZINOTO, T. K. M. C.; OLIVEIRA, E. G. de; MARTINS, S. B.; SOUZA, S. A. de; GOTARDO, M. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. **Bragantia**, v.69, p.367-370, 2010.

BOTTEGA, S. P. **Estudos agrônômicos do niger (*Guizotia abyssinica*), em função da adubação e da época de semeadura**. 2012. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012.

BULL, L. T.; COSTA, M. C. G.; NOVELLO, A.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BOAS, R. L.. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 5, p. 516-521, 2004.

CANECCHIO FILHO, V.; ROCHA, J. L. V.; FREIRE, E. S. Adubação da mamoneira III- experiências com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio. **Bragantia**, v.22, p.765-776, 1963.

CANTANHÊDE, I. S. L. **Avaliação de novos híbridos de mamona (*Ricinus communis* L.) em condições de safra e safrinha no município de Bariri-SP**. 2009. 63 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CARVALHO E.V., SÁ CHAC, COSTA J.L., AFFÉRI F.S., SIEBENEICHLER S.C. Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no Sul do Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica** v.41, p. 387-392, 2010.

CHAVES, D. P.; ZUCARELI, C.; JUNIOR, A. O. Fontes de fósforo associadas à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desenvolvimento e produtividade do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 57- 72, 2013.

CONN, E. E.; STUMPF, P. K. **Introdução a bioquímica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 525 p.

CRUSCIOL, C. A. C.; NASCIMENTO, M. S.; FERNANDES, A. M.; ZANOTTO, M. D. Extração e exportação de nutrientes pelo híbrido de mamona Savana: I – Macronutrientes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2619-2636, 2012.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. Suplemento 1 CDROM.

CUNHA, D.A.; TEIXEIRA, I.R.; JESUS, F.F.; GUIMARÃES, R.T.; TEIXEIRA, G.C.S. Adubação fosfatada e produção de feijão-comum e mamona em consórcio. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 02, p. 617-628, 2014.

DINIZ NETO, M. A.; TÁVORA, F. J. A. F.; CRISÓSTOMO, L. A.; DINIZ, B. L. M. T. Adubação NPK e épocas de plantio para mamoneira. II - Componentes das fases vegetativas e reprodutivas. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.417-426, 2009.

D' YAKOV, A. B. Properties of photosynthesis. In: MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. p. 237-248.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrientes in crop plants**. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009. 430 p.

FAOSTAT. **Castor Oil Seeds**. United Nations Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2017.

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. 71 p. (Documentos, n. 149)

FERREIRA, G. B.; SANTOS, A. C. M.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. A. Deficiência de fósforo e potássio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, Campina Grande. **Anais do...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

FERREIRA, G. B.; VASCONCELOS O. L.; PEDROSA, M. B.; ALENCAR, A. R.; FERREIRA, A. F.; FERNANDES, A. L. P. Resposta da mamoneira híbrida savana a doses de nitrogênio e fósforo, em cambissolo do sudoeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., Aracajú. Cenário Atual e Perspectiva - **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. CD-ROM.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à Agronomia**. Maceió: EDUFAL, 2000. 422p.

FERREIRA, P. V. **Melhoramento de plantas: princípios e perspectivas**. Maceió: EDUFAL, 2006. 110p.

FERRO, J. H. A.; SILVA, D. F.; OLIVEIRA, M. W.; TRINDADE, R. C. P.; COSTA, J. P. V.; CALHEIROS, A. S. Avaliação do crescimento e da produtividade de duas variedades de duas variedades de mamona (*Ricinus communis* L.) em função da adubação fosfatada no município de Rio Largo – AL. **III Congresso Brasileiro de Mamona Energia e Ricinoquímica**, Salvador. 2008.

FIOREZE, S. L.; FIOREZE, A. C. C. L.; PIVETTA, L. G.; RODRIGUES, J. D.; ZANOTTO, M. D. Características agronômicas da mamoneira afetadas pelo método de condução de plantas e densidade de semeadura. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 86-92, 2016.

- FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P.; MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. de M. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.169-194.
- GOBIRA, R. M.; VALDILENE, S. B.; GOBIRA, P. S. S. C.; OSTER, V. V.; SALES, P. V. G. Teor de óleo em grãos de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, p. 1727-1732, 2014.
- GONDIM, T. M. de S.; VASCONCELOS, R. A. de; SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; NÓBREGA, B. de M. Adensamento de mamoneira em condições de sequeiro em Missão Velha, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.
- GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Potafos, 2001.16 p. (Arquivo do Agrônomo 2).
- HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, p.39-44, 2007.
- HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J. SKRUMSAGER MOLLER, I.; WHITE, P. Function of macronutrients. p. 135-178. In MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition**. 3 ed. Elsevier Ltd., Oxford, UK. 2012.
- JESCHKE W.D.; PEUKE A., KIRKBY E. A.; PATE J.S.; HARTUNG W. Effects of P deficiency on the uptake, flows and utilization of C, N and H₂O within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany** v.47, p.1737–1754, 1996.
- KASAI, F. S.; ATHAYDE, M. L. F. e GODOY, I. J. Adubação fosfatada e épocas de colheita no amendoim: efeitos na produção de óleo e de proteína. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, 1998.
- KIIHL, T. A. M. **Obtenção e avaliação preliminar de novos híbridos de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2006. 66 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- KITTOCK, D.L.; WILLIAMS, J.H. Effects of plant population on castor bean yield. **Agronomy Journal**, v.62, p.527-529, 1970.
- KOTZ, T. E. **Crescimento e produtividade da mamoneira IAC 2028 na safrinha em função da densidade populacional de plantas em espaçamento reduzido**. 2012. 71 p. Dissertação (Mestre em Agronomia/ Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.
- KUMAR, L. S. DNA marker in plant improvement: an overview. **Biotechnology Advances**. v. 17, p. 143- 182, 1999.

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

LOPES, G. E. M.; VIEIRA, H. D.; PARTELLI, F. L. Response of Castor Bean Plants to Different Row Spacings and Planting Seasons. **American Journal of Plant Sciences**, v.4, n.12, p.10-15, 2013.

MACHADO, J. P. **Adubação nitrogenada e fosfatada para a cultura da mamona**. 2008. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 319p. 1997.

MALTA, D. S. H.; SANTOS, D. B.; HOLANDA, R. S. F.; LIMA, I. S. Variabilidade da altura de inserção do primeiro RACEMO e da altura de dez genótipos de mamona cultivados em Senhor do Bonfim-BA. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, 2008, Salvador - BA. **Anais...** Salvador: Seagri, 2008. CD-ROM.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 889p. 2002.

MARUBAYASHI, O. M. **Respostas de linhagens e cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) à adubação fosfatada**. 1993. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; BRITO, O. R.; FONSCECA JÚNIOR, N. S.; FONSCECA, I. C. B.; AGUIAR, S. X. Nutrição mineral e produção de feijão em áreas manejadas com e sem queima de resíduos orgânicos e diferentes tipos de adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 7-18, 2011.

MORO, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; CARVALHO, L. L. T. Épocas de aplicação de nitrogênio para híbridos de mamona no sistema plantio direto em safrinha. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, p.391-410, 2011.

MOREIRA, M.A.; ALVES, J.M; OLIVEIRA, A.B., MEDEIROS, F.A. Crescimento e produção da mamoneira em função de fósforo e boro. **Gl. Sci. Technol.**, Rio Verde-GO, v. 05, n. 02, p. 98 – 108, 2012.

MOSHKIN, V. A. Flowering and polinization. In: MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986a. p. 43-49.

MOSHKIN, V. A.; PERESTOVA, T. A. Morphology and anatomy. In: MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986b. p.28-33.

- MOTLAGH S. M., PIRZAD A., DELKHOSH B. Effect of irrigation disruption and biological phosphorus on the biomass and seed yield of canola (*Brassica napus* L.). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v.4, p.489–495, 2012.
- NAKAGAWA, J. et al. Efeitos de doses crescentes de termofosfato na presença e ausência de micronutrientes em dois cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Científica**, v.14, p.55-64, 1986.
- NAKAGAWA, J.; IMAIZUMI, I.; NAKAGAWA, J.; ROSSETTO, C.A.V. Efeitos de adubos fosfatados e de métodos de aplicação na cultura do amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 12, n.3, p.23-39, 1990.
- NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; TOLEDO, F. F.; MACHADO, J. R. Efeitos de doses crescentes de adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Experimento II. Botucatu **Científica**, Série A, v.2, n.2, p.129-136, 1977a.
- NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L.; JAEHN, A. **Efeito isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio na mamoneira (*Ricinus communis*), cultivares “IAC-38” e “Campinas”**. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, v. 31, p. 233-241, 1974.
- NAKAGAWA, J.; TOLEDO, F. F.; NAKAGAWA, J.; MARCONDES, D. A. S. Efeitos de doses crescentes do adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Experimento I. Botucatu **Científica**, Série A, v.2, n.1, p.57-66, 1977b.
- NASCENTE, A. S.; COBUCCI, T.; SOUSA, D. M. G. de; LIMA, D. de P. Adubação fosfatada no sulco e foliar afetando a produtividade de grãos do feijoeiro comum. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1231-1240, 2014.
- NEJAD E. F. Development of phosphorus fertilizer according to the soil test in the rape dry farming of canola (*Brassica napus*) in the south east of Khuzestan province. **Global Journal of Crop, Soil Science and Plant Breeding**, v.1, p.29–35, 2013.
- NÓBREGA, M. B. de M. **Avaliação de genótipos de mamona (*Ricinus communis* L.) em cruzamentos dialélicos parciais**. 2008. 77p. Tese (Doutorado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- OLIVEIRA, J. P. M; SCIVITTARO, W. B; CASTILHOS, R. M. V; OLIVEIRA FILHO, L.C.I. Adubação fosfatada para cultivares de mamoneira no Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria-RG, v. 40, n. 8, p.1835-1839, 2010.
- PACHECO, D. D.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; ANTUNES, P. D.; RIBEIRO. Produção e disponibilidade de nutrientes para a mamoneira (*Ricinus communis*) adubada com NPK. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 153-160, 2008.

PETINARI, R. A.; SORATTO, R. P.; SOUSA-SCHLICK, G. D.; ZANOTTO, M. D.; BERGAMASCO, S. M. P. P. Custos de produção e lucratividade de cultivares de mamona em diferentes arranjos de plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 42, n. 2, p. 143-149, 2012.

PINTO, C. M.; PINTO, O. R.; FILHO, F. A. S.; PITOMBEIRA, J. B. Mamona consorciada com girassol em plantios defasados: análise de trilha da produtividade e seus componentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 4, p. 219-229, 2011.

PIVETTA, L. G. **Aspectos fisiológicos e produtividade de genótipos de mamona de porte baixo influenciados por densidades de plantas**. 2014. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - , Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

PIVETTA, L. G.; ZANOTTO, M. D.; TOMAZ, C. A.; PIVETTA, L. A.; FIOREZE, A. C. L.; ZOZ, T. Avaliação de genótipos de mamona em diferentes níveis de adubação. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 2, p. 9-18, 2015.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classifications. In: MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. p. 11-27.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 16, p. 179-214, 1985.

RIBEIRO, S.; CHAVES, L.H.G.; GUERRA, O.C.; GHEYIS, H.R.; LACERDA, R.D. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza–CE, v. 40, p. 465-473, 2009.

ROCHA, J. L. V.; CONECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E. S.; SCARANARI, H.; PETTINELLI, A. Adubação da mamoneira. IV – Experiências de espaçamento x adubação (2ª série). **Bragantia**, Campinas, v. 23, n. único, p. 257-269, 1964.

ROGÉRIO, F., SANTOS, J. I., SILVA, T. R. B., MIGLIAVACCA, R. A., GOUVEIA, B., BARBOSA, M. C. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do crambe. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 251-255, 2012.

ROGÉRIO, F.; SILVA, T. R. B.; SANTOS, J. I. S.; POLETINE, J. P. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, v.41, p.266-268, 2013.

- SÁ, R. O. DE; GALBIERI, R.; BÉLOT, J.; ZANOTTO, M. D.; DUTRA, S. G.; SEVERINO, L. S.; SILVA, C. J. **Mamona**: opção para rotação de cultura visando a redução de nematoides de galha no cultivo do algodoeiro. Cuiabá: IMAmt, 2015. 12 p. (Circular técnica, 15).
- SACHS, L. G.; PORTUGAL, A. P.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; IDA, E. I.; SACHS, P. J. D.; SACHS, J. P. D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.4, p.533-546, 2006.
- SAID-AL AHL, H. A. H.; MEHANNA, H. M.; RAMADAN, M. F. Impact of water regime and phosphorus fertilization and their interaction on the characteristics of rapeseed (*Brassica napus*) and fatty acid profile of extracted oil. **Communications in Biometry and Crop Science**, v.11, n. 1, p.64–76, 2016.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- SAVY FILHO, A. Mamona. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 201 (Boletim técnico, 100).
- SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N. V. Mamona (*Ricinus communis* L.). In: JORGE, J. A.; LOURENÇÃO, A. L.; ARANHA, C. **Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo**. 5 ed. Campinas: IAC, 1990. p. 132-133 (Boletim técnico, 200).
- SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, J. P.; VALE, M. L. C.; SILVA, S. D. A.; OLIVEIRA FILHO, L. C. L. **Adubação Fosfatada para Cultivares de Mamoneira na região Sul do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 21 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 104).
- SEVERINO, L. S.; AULD, D. L.; BALDANZI, M.; CÂNDIDO, M. J. D.; CHEN, G.; CROSBY, W.; TAN, D.; HE, X.; LAKSHMAMMA, P.; LAVANYA, C.; MACHADO, O. L. T.; MIELKE, T.; MILLER, T. D.; MORRIS, J. B.; MORSE, S. A.; NAVAS, A. A.; SOARES, D. J.; SOFIATTI, V.; WANG, M. L.; ZANOTTO, M. D.; ZIELER, H. A. Review on the challenges for increased production of castor. **Agronomy Journal**, v. 104, p. 853-880, 2012.
- SEVERINO, L.S.; COELHO, D.K.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; VALE, L.S. Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira cultivar BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.10, p.993-999, 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, maio 2006b.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.de A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p. 563-568, 2006c.

SEVERINO, L. S.; LUCENA, A. M. A. de; RODRIGUES, L. S.; TAVARES, M. J. V.; BELTRÃO, N. E. de M.; BORTOLUZI, C. R. D. **Descrição das fases de desenvolvimento reprodutivo da mamoneira visando o manejo da colheita**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 7 p. (Circular Técnica, 115).

SEVERINO, L. S.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 50-54, 2006d.

SILVA, D. F. **Crescimento, estado nutricional, acúmulo de nutrientes e produtividade da mamoneira em função da variedade e da adubação fosfatada**. 2008. 41p. Dissertação (Mestre em Agronomia/Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2008.

SILVA, A. R. C.; OLIVEIRA, F. H. T.; ARAÚJO, A. P.; MEDEIROS, J. F.; ZONTA, E. Doses de nitrogênio e fósforo para a produção econômica da mamoneira no município de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v.25, n. 4, p.52-60, 2012a.

SILVA, D. F.; TRINDADE, R. C. P.; OLIVEIRA, M. W.; FERRO, J. H. A.; CALHEIROS, A. S. Crescimento vegetativo e produtividade de mamoneira em função da variedade e da adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 160-167, 2012b.

SILVEIRA, T. C.; PEGORARO, R. F.; PORTUGAL, A. F.; RESENDE, A. V. Produção da mamoneira submetida a combinações com fontes de fósforo e calagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.1, p.52–57, 2015.

SCHULTZ, A. R. **Botânica sistemática**. Rio de Janeiro: Globo, 1963. 427 p.

SOFIATTI, V.; SEVERINO, L. S.; GONDIM, T. M. S., FREIRE, M. A. O.; SAMPAIO, L. R.; VALE L. S.; LUCENA, A. M. A.; SILVA D. M. A. Adubação da Cultivar BRS Energia. In: Congresso Brasileiro de Mamona, Energia e Ricinoquímica.,3., Salvador-BA. **III Congresso Brasileiro de Mamona Energia e Ricinoquímica**, Salvador. 2008.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; JOB, A. L. G. Nutrição e adubação da cultura da batata: 2-Fósforo. **Batata Show**, n.42, p. 27-31, 2015.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; FERNANDES, A. M.; ZANOTTO, M. D.; CRUSCIOL, C. A. C. Narrow row spacing and high plant population to short height castor genotypes in two cropping seasons. **Industrial Crops and Products**, v. 35, n. 1, p. 244-249, 2012.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK; G. D.; GIACOMO; B. M. S.; ZANOTTO, M. D.; FERNANDES, A. M. Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 245-253, 2011.

SOUSA, R. F.; MOTTA, J. D.; GONZAGA, E. DA N.; FERNANDES, M. F.; SANTOS, M. J. Aptidão agrícola do assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a cultura da Mamona (*Ricinus communis* L.). **Rev. de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 1. 2004.

SOUZA, A. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; BEZERRA, F. M. L. Épocas de plantio e manejo de irrigação para a mamoneira. II – Crescimento e produtividade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.4, p.422-429, 2007.

SOUZA, E. A.; NEPTUNE, A. M. L. Resposta da cultura de *Ricinus communis* L. à adubação e calagem. **Científica**, v.4, p.274-281, 1976.

SOUZA, E. A. et al. Efeitos da fertilização nitrogenada, fosfatada e potássica na produção da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Científica**, v.2, p.62-168, 1974.

SOUZA, K. S.; OLIVEIRA, F. A.; GUEDES FILHO, D. H.; BRITO NETO, J. F. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 116-122, 2009.

SOUZA-SCHLICK, G. D. **Espaçamento entre fileiras e população de plantas para cultivares de mamona de porte baixo na safra de verão e safrinha**. 2010. 124p. Dissertação (Mestre em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

SOUZA-SCHLICK, G. D.; SORATTO, R. P.; BOTTINO, D.; FERNANDES, A. M. Crescimento e produtividade da mamona de porte baixo em diferentes espaçamentos e densidades populacionais de plantas. **Interciencia**, Caracas, v. 37, n. 1, p. 49-54, 2012.

SOUZA-SCHLICK, G. D.; SORATTO, R. P.; PASQUALI, C. B.; FERNANDES, A. M. Desempenho da mamoneira IAC 2028 em função do espaçamento entre fileiras e densidade populacional de plantas na safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 519–528, 2011.

SOUZA-SCHLICK; G. D.; SORATTO, R. P.; ZANOTTO, M. D.; Optimizing row spacing and plant population arrangement for a new short-height castor genotype in fall-winter. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 36, n. 4, p. 475-481, 2014.

SULLIVAN, D. M.; HEINRICH, A.; PEACHEY, E. **Predicting phosphorus and nitrogen needs in sweet corn**. Oregon: Horticulture and Crop & Soil Science, Oregon State University, 2012. Disponível em: <<http://horticulture.oregonstate.edu/system/files/2012%20OPVC%20Res%20Report%20Sullivanv2.pdf>>. Acesso em: 16 de outubro de 2016.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Plant physiology**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 793p.

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

VALE, L. S. do. **Crescimento e produtividade da mamoneira BRS Energia submetida a diversos espaçamentos**. 2009. 31 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2009.

XU, H. X., WENG, X. Y.; YANG, Y. Effect of phosphorus deficiency on the photosynthetic characteristics of rice plants. **Russian Journal of Plant Physiology** v.54, p.741-748, 2007.

ZOZ, T. **Correlação e análise de trilha de produtividade de grãos e seus componentes e caracteres de planta em Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) e mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2009. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; RAMOS JUNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.

ZUCHI, J.; BEVILAQUA, G.A.P.; ZANUNCIO, J.C.; PESKE, S.T.; SILVA, S.D.A.; SEDIYAMA, C.S. Características agronômicas de cultivares de mamona em função do local de cultivo e da época de semeadura no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 501- 506, 2010.

WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 659p.