

**Djair Felix da Silva**

**CRESCIMENTO, ESTADO NUTRICIONAL, ACÚMULO DE NUTRIENTES E  
PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA EM FUNÇÃO DA VARIEDADE E DA  
ADUBAÇÃO FOSFATADA**



UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
MESTRADO EM AGRONOMIA  
*Concentração em Produção Vegetal e Proteção de Plantas*

RIO LARGO, ESTADO DE ALAGOAS  
2008



CECA

**Djair Felix da Silva**

**CRESCIMENTO, ESTADO NUTRICIONAL, ACÚMULO DE NUTRIENTES E  
PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA EM FUNÇÃO DA VARIEDADE E DA  
ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas,  
como parte das exigências do Programa de Pós – Graduação  
em Agronomia, para obtenção do título de Magister  
Scientiae.

**Orientador:** Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

**Co-orientadora:** Profa. Dra. Roseane Cristina Prêdes Trindade

Rio Largo-AL

Junho de 2008

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

- S586c Silva, Djair Felix da.  
Crescimento, estado nutricional, acúmulo de nutrientes e produtividade da mamoneira em função da variedade e da adubação fosfatada / Djair Felix da Silva.  
– Rio Largo, 2008.  
41 f. : tabs., graf.
- Orientador: Mauro Wagner de Oliveira.  
Co-Orientadora: Roseane Cristina Prêdes Trindade.  
Dissertação (mestrado em Agronomia : Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2008.
- Inclui bibliografia.
1. Mamona – Cultivo. 2. Adubação fosfatada – Teor de nutrientes.  
3. Crescimento (Plantas). I. Título.

CDU: 633.85

**TERMO DE APROVAÇÃO**

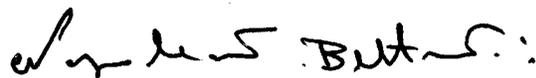
**DJAIR FELIX DA SILVA**  
**Matrícula n 2006M21D006S-6**

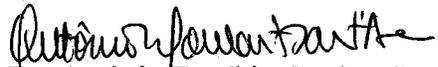
**CRESCIMENTO, ESTADO NUTRICIONAL, ACÚMULO DE NUTRIENTES E  
PRODUTIVIDADE DA MAMONEIRA, EM FUNÇÃO DA VARIEDADE E DA  
ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre em Agronomia Área de Concentração em Produção Vegetal e Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas, pela seguinte banca examinadora:

  
Orientador: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira  
(CECA-UFAL)

  
Co-orientadora: Profa. Dra. Roseane Cristina Prêdes Trindade  
(CECA-UFAL)

  
Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão  
(EMBRAPA ALGODÃO)

  
Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'ana  
(Instituto de Química e Biotecnologia- UFAL)

Rio Largo-AL  
Junho de 2008

*Primeiramente à Deus, que me  
concebeu saúde, paz e coragem para  
vencer de forma leal e honesta.*

*Aos meus pais Djalma Felix e Edleuza  
Freitas, os responsáveis pela minha  
educação e formação.*

*Aos meus irmãos Deivisson e Francielle,  
eternos companheiros e amigos.*

*À minha noiva Isabel Cardoso, que com  
amor e carinho está do meu lado,  
apoiando-me e torcendo pelo nosso  
sucesso.*

**DEDICO**

*Á todos que confiam e acreditam em mim,  
em especial à minha família*

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a quem devo minha existência, vitórias e conquistas alcançadas.

À Professora Roseane Cristina, primeira pessoa a me conceber a oportunidade de ingressar na pesquisa, agradeço pela orientação e motivação de uma profissional exemplar e acima de tudo uma grande amiga. Obrigado por tudo!

Ao Prof. Dr. Mauro Wagner pelo compartilhamento de seus conhecimentos e experiências adquiridas, agradeço pelo aprendizado de um pesquisador que ama o que faz.

À Universidade Federal de Alagoas pela formação profissional.

Ao Centro de Ciências Agrárias e em especial ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela aceitação, infra-estrutura e formação profissional oferecida pelos professores e funcionários.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL, pela concessão da bolsa de auxílio à pesquisa.

À Secretaria de Agricultura do Estado de Alagoas pela parceria, em especial os Engenheiros Agrônomos Fernando Lamenha e Antônio Fidélis.

Ao Prof. Cícero Alexandre, coordenador do laboratório de solos, que o disponibilizou para a realização das análises químicas.

Aos professores da graduação e da Pós-graduação em Produção Vegetal pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso.

Aos membros que compõe a banca examinadora (Orientador) Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira (CECA-UFAL), Profa. Dra. Roseane Cristina Prêdes Trindade (CECA-UFAL), Prof. Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão (Embrapa Algodão), Dr. Antônio Euzébio Goulart Sant'ana (IQB- UFAL)

Aos funcionários do Centro de Ciências Agrárias e do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, em especial Geraldo Lima e Marcos Antônio Lopes “Marquinho”.

À todos colegas de graduação e Pós-graduação, pela convivência durante todo o curso.

Ao grande amigo e companheiro Harlisson Ferro pela ajuda na condução deste trabalho, pois sua contribuição foi fundamental para finalização desta pesquisa. Valeu “Menino Harlisson”, muito obrigado.

Ao Engenheiro Agrônomo, Altanys Silva Calheiros pelo auxílio nas análises químicas.

À Equipe de Agricultura: Altanys Calheiros, Edna Aristides, Edson Tenório, Harlisson Ferro, Laís Fernanda Melo Pereira, Lucas da Silva, Pedro Bento, Thiago Batista, Wéliton Tenório, obrigado a todos, pela amizade e convivência.

A meus pais Djalma Felix da Silva e Edleuza Freitas da Silva, eternos investidores de confiança, amor e carinho.

Aos meus irmãos Deivisson e Francielle Felix, grande amigos e incentivadores.

A todos meus familiares, que acreditaram em meu crescimento pessoal.

À minha noiva Isabel Amélia de Albuquerque Cardoso, pela força, apoio e grande incentivadora. Sinto-me agradecido por estar sempre presente, Obrigado por tudo.

Á aqueles que não foram citados, mas que de alguma forma me apoiaram e contribuíram para realização deste trabalho. Meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	III
SUMÁRIO .....	V
LISTA DE FIGURAS .....	VI
LISTA DE TABELAS .....	VII
RESUMO GERAL .....	VIII
GENERAL ABSTRACT .....	IX
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	4
<b><u>CAPÍTULO 1</u></b>	
<b>ADUBAÇÃO FOSFATADA, CRESCIMENTO VEGETATIVO E</b>	
<b>PRODUTIVIDADE DE DUAS VARIEDADES DE MAMONA (<i>Ricinus</i></b>	
<b><i>communis</i> L.) .....</b>	
	8
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUÇÃO .....	11
MATERIAL E MÉTODOS .....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
CONCLUSÕES .....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23
<b><u>CAPÍTULO 2</u></b>	
<b>ESTADO NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA</b>	
<b>BIOMASSA DA PARTE AÉREA DE DUAS VARIEDADES DE MAMONA</b>	
<b>EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA .....</b>	
	27
RESUMO .....	28
ABSTRACT .....	29
INTRODUÇÃO .....	30
MATERIAL E MÉTODOS .....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
CONCLUSÕES .....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

**LISTA DE FIGURAS****CAPÍTULO 1**

- FIGURA 1** - Disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura no campo 13
- FIGURA 2** - Efeito da adubação fosfatada na área foliar da mamoneira aos 30 e 120 dias após o transplântio. 15
- FIGURA 3** - Efeito da adubação fosfatada na altura da mamoneira aos 30 dias após o transplântio. 16
- FIGURA 4** - Comprimento dos racemos primários de duas variedades de mamoneira em função da adubação fosfatada. 18
- FIGURA 5** - Número de racemos primários de duas variedades de mamona em função da adubação fosfatada. 19
- FIGURA 6** - Acúmulo de matéria seca de duas variedades de mamona influenciadas pela adubação com fósforo. 20
- FIGURA 7** - Produtividade de sementes de duas variedades de mamona em função da adubação fosfatada. 21

**CAPÍTULO 2**

- FIGURA 1** - Concentração de ferro na folha +4 da mamoneira em função da adubação fosfatada. 35
- FIGURA 2** - Acúmulo de nitrogênio em mamoneira submetida a diferentes doses de fósforo. 36
- FIGURA 3** - Acúmulo de fósforo em mamoneira submetida a diferentes doses de fósforo. 37
- FIGURA 4** - Acúmulo de potássio em mamoneira submetida a diferentes doses de fósforo. 37

**LISTA DE TABELAS****CAPÍTULO 1**

- TABELA 1** - Análise química do solo da área experimental nas profundidades de 0 à 20 cm e de 20 à 40 cm. Rio Largo-AL, 2008. 12
- TABELA 2** - Análise de variância da área foliar e altura de plantas em quatro épocas, em função de diferentes doses de fósforo e variedades. Rio Largo, 2008. 14
- TABELA 3** - Médias de altura de plantas (AP) aos 30 dias após o transplântio (DAT), comprimento dos racemos primários (CRP) e subseqüentes (CRS), número de racemos (NR) e acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS) de duas variedades de mamona. Rio Largo-AL, 2008. 16
- TABELA 4** - Quadrados médios da análise de variância para comprimento dos racemos primários (CRP) e subseqüentes (CRS), número de racemos (NR), acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS) e produtividade de sementes (PS) de duas variedades de mamona cultivadas em cinco doses de fósforo. Rio Largo-AL, 2008. 17

**CAPÍTULO 2**

- TABELA 1** - Análise química do solo da área experimental nas profundidades de 0 à 20 cm e de 20 à 40 cm. Rio Largo-AL, 2008. 32
- TABELA 2** - Quadrados médios da análise de variância para concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas +4 da mamoneira, em função da adubação fosfatada. Rio Largo-AL, 2008. 33
- TABELA 3** - Médias dos teores de nitrogênio e cálcio nas folhas +4 de duas variedades de mamoneira. Rio Largo-AL, 2008. 34
- TABELA 4** - Quadrados médios da análise de variância para concentração de ferro, cobre, zinco e manganês nas folhas +4 da mamoneira em função da adubação fosfatada. Rio Largo-AL, 2008. 34
- TABELA 5** - Análise de variância para os acúmulos de N, P e K na parte aérea da mamoneira em função da adubação. Rio Largo-AL, 2008. 35

## RESUMO GERAL

A obtenção e seleção de novas cultivares de mamona, associada às práticas culturais de adubação, controle de pragas e doenças, têm sido as tecnologias apontadas como as mais promissoras para se aumentar a produtividade dessa oleaginosa em diversas regiões brasileiras. Há poucos estudos conduzidos com mamoneira no Brasil e, em relação à adubação, deve-se priorizar as pesquisas com fósforo, pois, os solos brasileiros de um modo geral, são deficientes neste elemento. Além disso, esse nutriente participa dos processos de produção de energia pela planta e também influencia na absorção e no metabolismo de vários elementos. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da adubação fosfatada no crescimento, expressão sexual, estado nutricional, acúmulo de nutrientes e produtividade de duas variedades de mamona. A pesquisa foi conduzida na área experimental do Centro de Ciências Agrárias, localizado no município de Rio Largo, Alagoas. O estudo foi um fatorial 5 x 2, constituído por cinco doses de P (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) e duas variedades de mamona, BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com quatro repetições. O solo da área experimental foi analisado e recebeu calcário em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases a 60%. Produziram-se em casa de vegetação, mudas das variedades de mamoneira, que foram transplantadas para o campo quando apresentaram cerca de 25 cm de altura. Abriram-se covas de 30 x 30 x 30 cm, espaçadas de 1,0 m entre plantas e 3,0 m entre linhas, aplicando-se o superfosfato triplo no fundo das covas em quantidades equivalentes as doses estabelecidas para cada tratamento. Aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante (D.A.T.) determinou-se a área foliar e a altura das plantas. Aos 50 dias D.A.T. coletaram-se as folhas +4 para avaliação do estado nutricional das plantas e no dia posterior, realizou-se adubação em cobertura, utilizando-se o sulfato de amônio e o cloreto de potássio em doses equivalentes a 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e K, respectivamente. Avaliaram-se também, o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, através do comprimento dos racemos primários e dos subseqüentes, dos números de racemos produzidos durante todo o ciclo, produtividade de sementes e o acúmulo de biomassa e de nutrientes na parte aérea. Para área foliar foi observado efeito da adubação somente aos 30 e 120 D.A.T. e, para altura de plantas constatou-se efeito apenas aos 30 dias, sendo ambos quadráticos. A adubação fosfatada influenciou apenas no teor foliar de ferro, entretanto, verificou-se efeito linear para o acúmulo de N e, quadrático para o acúmulo de P e K. Houve efeito varietal nos teores foliares, tendo-se constatado na variedade BRS 149 Nordestina os maiores teores de N e os menores de Ca, não havendo diferença significativa para os demais nutrientes. Verificou-se efeito quadrático da adubação fosfatada para o tamanho do racemo primário, número de racemos produzidos, produtividade de sementes e acúmulo de matéria seca. As variedades apresentaram diferença no número e no comprimento dos racemos primários e subseqüentes, tendo-se verificado a maior quantidade nas plantas da variedade BRS 188 Paraguaçu e os maiores comprimentos na variedade BRS 149 Nordestina.

**Palavras-chave:** Mamona – Cultivo; Adubação fosfatada – Teor de nutrientes; Crescimento (Plantas)

## GENERAL ABSTRACT

The obtaining and selection of new varieties of castor bean, associated with the cultural practices of fertilization and of pest and diseases control, have been the technologies identified as the most promising to increase the productivity of these oilseed in several Brazilian regions. There are only a few studies conducted on castor bean in Brazil, in relation to fertilizer, the search on phosphorus should be prioritized, therefore, the Brazilian soils in general, are deficient in this element. Moreover, this nutrient participates of the energy production through the plant and influences in the absorption and metabolism of several elements too. Thus, the objective to assess the effect of phosphorus on growth sexual expression, nutritional status, accumulation of nutrients and the productivity of two castor bean varieties. The research was conducted in the experimental area of the Agricultural Center of Sciences, located in the city of Rio Largo, Alagoas. The study was a 5 x 2 factor, consisted of five doses of P (0, 20, 40, 60 and 80 kg ha<sup>-1</sup>) and two castor bean varieties, BRS 149 Nordestina and BRS 188 Paraguaçu, with the treatments distributed in randomized blocks, with four repetitions. The soil of the experimental area was examined and received limestone in sufficient quantity to raise the saturation by bases to 60%. Varieties of castor bean seedlings were produced in a greenhouse, which were only transplanted into the field when they showed about 25 cm of height. Holes of 30 x 30 x 30 cm were made, separated by 1.0 x 3.0 m, and at the bottom of them triple super-phosphate was applied in quantities equivalent to doses established for each treatment. At the 30, 60, 90 and 120 days after transplanting (D.A.T) to determined the leaf area and the heights of the plants. On the 50th day, D.A.T. collected the +4 leaves for evaluation of the nutritional status of the plants and on the day before, covering fertilization was done, using the ammonium sulfate and the potassium chloride in doses equivalent to 30 and 60 kg ha<sup>-1</sup> of N and K, respectively. The development of the reproductive organs was also evaluated through the length of the primary custer and the following, the numbers of custer produced during the entire cycle, productivity of seeds and the accumulation of biomass and nutrients in the upper parts. For the leaf area, the fertilization effect was only noticed at the 30 and 120 days; and for the height of the plants, some effect was only noticed at the 30 DAT, both being squared. The phosphate fertilizer only influenced in the leaf content of iron, however, there was a linear effect for the accumulation of N and quadratic for the accumulation of P and K. There was an varietal effect in leaf levels, which in the BRS 149 Nordestina variety were found the largest levels of N and least of Ca, without having a significant difference for the other nutrients. The quadratic effect of phosphate fertilizer was verified for the size of the primary custer, the number of custer produced, productivity of seeds and accumulation of dry matter. The varieties showed difference in the number and in the length of the primary custer and following, the largest quantity being verified in the plants of the BRS 188 Paraguaçu variety and longest lengths in the BRS 149 Nordestina variety.

**Keywords:** Castor bean; Phosphate fertilizer; Growth and nutrient content

## INTRODUÇÃO GERAL

A demanda mundial por combustíveis renováveis, particularmente o etanol e o biodiesel, tem se expandido de forma muito rápida nos últimos anos, principalmente nos maiores centros consumidores de combustíveis fósseis. Os motivos atribuídos à obtenção de biocombustíveis são: redução do volume de gases emitidos após a queima, incentivo à agricultura e às indústrias locais, e principalmente pela diminuição da dependência de derivados do petróleo (Miragaya, 2005), pois, se tratando de fontes limitadas, seu esgotamento está previsto para o futuro.

Dessa forma, os óleos vegetais aparecem como alternativa para a obtenção do biodiesel, sendo o óleo de mamona um dos mais versáteis, devido à sua larga aplicação industrial, pois é empregado como matéria-prima na produção de aproximadamente 650 produtos, com vantagem de serem biodegradáveis (Gonçalves et al., 2005). Além do óleo, o processamento da mamona produz a torta que é largamente empregada como fertilizante, destacando-se seu emprego nas lavouras fumageiras (Santos et al., 2001).

No Brasil, a mamoneira é encontrada vegetando em quase todo território nacional, devido a sua boa capacidade de adaptação a diferentes tipos de clima e solo, pois é uma planta tolerante à seca e exigente em calor e luminosidade, além de se desenvolver e produzir em qualquer tipo de solo, com exceção daqueles deficientes em drenagem e com fertilidade elevada (Amorim Neto et al., 2001). Apesar de ser encontrada nos mais variados tipos de solo, a mamoneira requer um manejo correto de adubação e nutrição, principalmente nos cultivos existentes na região Nordeste, pois essa oleaginosa é considerada uma cultura exigente em fertilidade e sensível a acidez do solo (Malavolta et al., 1989; Severino et al., 2006).

Essa exigência pode ser explicada pelo alto requerimento nutricional para obtenção de uma boa produtividade, pois, para cada 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de baga produzida, a mamoneira exporta da área de cultivo cerca de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N; 7,85 kg ha<sup>-1</sup> de P; 25,6 kg ha<sup>-1</sup> de K; 8,81 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 6 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e a quantidade de nutrientes absorvida aos 133 dias após a germinação chega a 156; 5,24; 172; 13,6 e 12,6 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente (Cannecchio Filho & Freire, 1958; Nakagawa & Neptune, 1971).

Devido à alta demanda nutricional para o aumento da produtividade, deve-se cultivar mamona em solos com suprimento adequado de nutrientes, no entanto, a maioria dos solos brasileiros apresenta alguma limitação séria de fertilidade, sendo a baixa concentração de fósforo

(Malavolta, 1980) e nitrogênio, juntamente com a alta saturação de alumínio os fatores químicos que mais limitam a produção (Santos et al., 2002). O fósforo quando em pequenas quantidades na planta ocasiona redução do desenvolvimento da mesma, pois esse nutriente influencia na absorção, no metabolismo mineral e na fisiologia das culturas (Magalhães, 1996; Jeschke et al., 1996 e 1997; Groot et al., 2003).

A dinâmica do fósforo nos solos tropicais é complexa (Novais & Smith, 1999) e a quantidade deste nutriente na solução do solo é influenciada, dentre outros fatores, pela disponibilidade hídrica, que altera o fluxo difusivo (Ruiz et al., 1988; Dutra et al., 1995; Costa et al., 2006), pela distribuição e morfologia das raízes (Vilela & Anghinoni, 1984; Teruel et al., 2001) e também pela presença de outros elementos, especialmente o alumínio que pode ligar-se ao P tanto na solução do solo quanto na superfície radicular ou no interior das células, formando compostos de baixa solubilidade (Vilela & Anghinoni, 1984; Abichequer et al., 2003; Costa et al., 2006), o que reduz ainda mais a disponibilidade endógena deste nutriente.

As plantas absorvem o fósforo, que se encontra na solução do solo, sob a forma de fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Após a absorção, o fósforo é quase que imediatamente incorporado em compostos orgânicos. Quando em quantidades adequadas, proporciona maior desenvolvimento radicular, aumentando a eficiência de absorção de água e nutrientes da planta (Raij, 1991).

A disponibilidade endógena de fósforo, principalmente a quantidade de ATP no sistema radicular, é outro fator que controla a absorção do próprio fósforo (Alves et al., 1998) e de outros nutrientes, sendo bastante citada na literatura os efeitos do estado energético da raiz sobre a absorção translocação e metabolismo do nitrato (Magalhães, 1996; Jeschke et al., 1996 e 1997; Groot et al., 2003).

O baixo suprimento de fósforo causa alterações no metabolismo, crescimento e produtividade da planta, devido à disponibilidade endógena desse nutriente alterar a síntese protéica (Novais & Smith, 1999; Oliveira, 1999) e hormonal, especialmente a citocinina (Jeschke et al., 1996; Groot et al., 2003). As plantas quando cultivadas sob suprimento inadequado de P podem desenvolver mecanismos compensatórios, que incluem aumento relativo da proporção raiz/parte aérea (Brasil et al., 2007), resultantes da menor síntese de citocinina (Jeschke et al., 1996; Groot et al., 2003), ampliação da superfície radicular (Rheinheimer & Anghinoni, 2001; Teruel et al., 2001) e, maior eficiência de absorção de P por unidade de raiz (Alves, 1998), aumentando assim, a afinidade pelo substrato e conseqüentemente diminuindo o Km, levando as

plantas a maior eficiência na aquisição do elemento. Outro mecanismo compensatório que se desenvolve em plantas deficientes em fósforo é a acidificação da rizosfera, ocasionada pelo aumento da exsudação radicular de fosfatases e compostos orgânicos, principalmente o ácido málico (Jeschke et al., 1997; Novais & Smith, 1999; Rheinheimer & Anghinoni, 2001).

A interação do fósforo com outros elementos, especialmente o nitrogênio, tem sido descrito como um dos fatores determinantes do crescimento, contribuindo para o aumento da área foliar fotossinteticamente ativa, resultando em maior absorção de CO<sub>2</sub>, e conseqüentemente, em aumento de biomassa acumulada pelas plantas (Groot et al., 2003). Esses efeitos verificados no desenvolvimento vegetal podem ser explicados pela participação desses elementos no metabolismo energético das plantas, principalmente nas reações envolvidas no aparato fotossintético e no sistema respiratório (Mengel & Kirkby, 1987; Souza & Fernandes 2006). As plantas, quando submetidas a altas doses de fósforo, apresentam redução no crescimento e no acúmulo de matéria seca da parte aérea (Sena et al., 2004), causado possivelmente pela diminuição da absorção e translocação de micronutrientes, sendo muito citado os efeitos do zinco na síntese do triptofano e do ácido indol acético (Mengel & Kirkby, 1987; Malavolta et al., 1989; Moreira et al., 2001; Neves et al., 2004).

Diante dos efeitos do fósforo no metabolismo vegetal, a análise do crescimento tem sido utilizada como uma das formas de verificar a influência desse elemento no crescimento vegetal (Mengel & Kirkby, 1987; Malavolta et al., 1989). As variáveis mais usadas para estudar o efeito dos nutrientes minerais sob o crescimento das plantas ou de alguns de seus órgãos são: acúmulo de matéria seca, altura de planta, área foliar, número de folhas por planta e produtividade de sementes (Jeschke et al., 1997; Novais & Smith, 1999; Camacho et al., 2002).

Outra forma de avaliar os efeitos da adubação e a eficiência de absorção desses nutrientes pelas plantas é determinando-se seu estado nutricional. Esse método permite verificar se a planta possui em seus tecidos todos os elementos em quantidades e proporções adequadas, para seu desenvolvimento (Malavolta, 1992). A parte da planta que melhor reflete o estado nutricional das culturas, segundo Malavolta et al. (1989), são as folhas, isso porque o teor dos elementos encontrados em suas células é conseqüência do efeito dos fatores que atuaram e, às vezes, interagiram até o momento em que esse órgão foi colhido para análise química.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABICHEQUER, A.D.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I. Absorção, translocção e utilização de fósforo por variedades de trigo submetidas à toxidez de alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 27, p 373-378, 2003.
- ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F. de; OLIVEIRA, M. F. G. de; SANT'ANNA, R. Cinética e translocação de fósforo em híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1047-1052, 1998.
- AMORIM NETO, M.S.; ARAÚJO, A.E. & BELTRÃO, N.E.M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D.M.P. & LIMA, E.F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Cap. 3, p. 64-76. Embrapa Algodão (Campina Grande, PB). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.
- BRASIL, E.C.; ALVES, V.M.C.; MARRIEL, I.E.; PITTA, G.V.E.; CARVALHO, J.G. Matéria seca e acúmulo de nutrientes em genótipos de milho contrastantes quanto a aquisição de fósforo. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v.31, n.3, p. 704-712, 2007.
- CAMACHO, R.; MALAVOLTA E.; GUERRERO-ALVES, J.; CAMACHO, T. Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 771-776, 2002.
- CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. **Bragantia**, v.17, p.243-259, 1958.
- COSTA, J.P.V.; BARROS, N.F.; ALBUQUERQUE, A.W.; FILHO, G.M.; SANTOS, J.R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.4, p.828-835, 2006.

- DUTRA, L.F.; TAVARES, S.W.; SARTORETTO, L.M.; VAHL, L.C. Resposta do feijoeiro ao fósforo em dois níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Agrociência**. v.1, n.2, p. 91-96, 1995.
- GONÇALVES, N.P.; FARIA, M.A.V.R.; SATURINO, H.M.; PACHECO, D.D. Cultura da mamoneira. Produção de Oleaginosas para Biodiesel. **Informe Agropecuário**. v.26, n.229, p. 28-32, 2005.
- GROOT, C.C.; MARCELIS, L.F.M.; BOOGAARD, R.V.D.; KAISER, W.M.; LAMBERS, H. Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. **Plant and Soil**. v.248, p. 257-268, 2003.
- JESCHKE, W.D.; KIRKBY, E.A.; PEUKE, A.D.; PATE, J.S.; HARTUNG, W. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.) **Journal of Experimental Botany**. v.48, n.306, p. 75-91, 1997.
- 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 H<sub>2</sub>O within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v.47, n.304, p. 1737-1754, 1996.
- MAGALHÃES, J. V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva.** Viçosa, MG. Dissertação de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa. 76p. 1996.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** Ceres, São Paulo, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A; **Avaliação do estado nutricional das plantas.** Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1989, p. 202.

- MALAVOLTA, E.; **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1992, 127 p.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 4. Ed., Berne: International Potash Institute, 655 p, 1987.
- MIRAGAYA, J.C.G.; Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.
- MOREIRA, M.A.; FONTES, P.C.R.; CAMARGOS M.I. Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v.36, n.6, p. 903-909, 2001.
- NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A.M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Campinas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.28, p.323- 337, 1971.
- NEVES, O.S.C.; BENEDITO, D.S.; MACHADO, R.V.; CARVALHO, J.G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore.** Viçosa, v-28, n.3, p. 343-349, 2004.
- NOVAIS, R.F.; SMITH, T.J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999, 399 p.
- OLIVEIRA, M.W. **Dinâmica do nitrogênio da uréia (15N) no sistema solo-cana-de-açúcar com ou sem queima da palhada.** Piracicaba. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. 93p. 1999.
- RAIJ, B. V.; **Fertilidade do solo e adubação.** Ceres, São Paulo, 1991. 343 p.

- RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.36, n.1, p. 151-160, 2001.
- RUIZ, H.A.; FERNANDES, B.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; FERREIRA, P.A. Efeito do conteúdo de água sobre os níveis críticos de fósforo em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 12, p. 43-48, 1988.
- SANTOS, R. F.; BARROS. M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. T.; REQUIÃO, L. E. G.; Análise econômica. In: AZEVEDO, D.M.P. & LIMA, E.F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Cap. 1, p. 17-35. Embrapa Algodão (Campina Grande, PB). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.
- SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002.
- SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE. A. S. W.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.41, n.4, p. 563-568, 2006.
- TERUEL, D.A.; NETO, D.D.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K. Alterações estruturais do sistema radicular de soja em resposta à disponibilidade de fósforo no solo. **Scientia Agrícola**. v.58, n.1, p. 55-60, 2001.
- VILELA, L.; ANGHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética da absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 8, p. 91-96, 1984.

## **CAPÍTULO 1**

### **ADUBAÇÃO FOSFATADA, CRESCIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVIDADE DE DUAS VARIEDADES DE MAMONA (*Ricinus communis* L.)**

## ADUBAÇÃO FOSFATADA, CRESCIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVIDADE DE DUAS VARIEDADES DE MAMONA (*Ricinus communis* L.)

Djair Felix da Silva<sup>1</sup>

### RESUMO

O fósforo é um dos elementos que mais limita a produção agrícola em diversos solos e em diferentes regiões brasileiras. Esse nutriente participa de vários processos fisiológicos, atuando principalmente na transferência de energia, absorção e metabolismo de nutrientes, influenciando o desenvolvimento das plantas. Mesmo conhecendo a importância do fósforo na fisiologia vegetal, há carência de informações sobre a resposta da mamoneira a esse nutriente. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da adubação fosfatada no crescimento, expressão sexual e produtividade de duas variedades de mamona. A pesquisa foi conduzida em área experimental do Centro de Ciências Agrárias, localizado no município de Rio Largo, Alagoas. O estudo foi um fatorial 5 x 2, constituído por cinco doses de P (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) e duas variedades de mamona, BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com quatro repetições. O solo da área experimental foi analisado e recebeu calcário em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases a 60%. As mudas de mamoneira foram produzidas em casa de vegetação, sendo transplantadas para o campo quando encontravam-se com aproximadamente 25 cm de altura. Abriram-se covas de 30 x 30 x 30 cm, espaçadas de 1,0 m x 3,0 m, aplicando-se o superfosfato triplo, no fundo das mesmas, em quantidades equivalentes às doses de fósforo estabelecidas para cada tratamento. Cinquenta e um dias após o transplantio (D.A.T.) realizaram a adubação de cobertura, utilizando-se o sulfato de amônio e o cloreto de potássio nas doses equivalentes a 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e K, respectivamente. Determinou-se a área foliar e alturas das plantas aos 30, 60, 90 e 120 D.A.T. Avaliaram-se também, o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos através do comprimento dos racemos primários e subseqüentes, do número de racemos durante todo o ciclo, da produtividade de sementes e acúmulo de biomassa na parte aérea. Na área foliar foi observado efeito da adubação somente aos 30 e 120 D.A.T. e, para a altura das plantas constatou-se efeito apenas aos 30 dias, sendo ambos quadráticos. Verificou-se efeito quadrático da adubação fosfatada para o tamanho do racemo primário, número de racemos produzidos, produtividade de sementes e acúmulo de matéria seca. As variedades apresentaram diferença no número e no comprimento dos racemos primários e subseqüentes, tendo-se verificado a maior quantidade de racemos nas plantas da variedade BRS 188 Paraguaçu e os maiores comprimentos na variedade BRS 149 Nordestina.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L., nutrição mineral, crescimento vegetativo.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado como parte da dissertação do primeiro autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da UFAL. Trabalho financiado por bolsa de Mestrado FAPEAL.

## PHOSPHATE FERTILIZATION, VEGETATIVE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF TWO CASTOR BEANS VARIETIES (*RICINUS COMMUNIS* L.)

Djair Felix da Silva<sup>1</sup>

### ABSTRACT

Phosphorus is one of the elements that most limits the agricultural production in many soils and in different Brazilian regions. This nutrient participates in various physiological processes, serving mainly in the transference of energy, absorption and metabolism of nutrients, thus influencing the development of plants. Even knowing the importance of phosphorus in the vegetal physiology, there is a lack of information on the response of the castor beans to this nutrient. Thus, the objective of this study was to verify the effect of phosphate fertilizer in the growth, sexual expression and productivity of two castor beans varieties. The research was conducted in the experimental area of the Agricultural Center of Sciences, located in the city of Rio Largo, Alagoas. The study was a 5 x 2 factor, consisted of five levels of P (0, 20, 40, 60 and 80 kg ha<sup>-1</sup>) and two castor beans varieties, BRS 149 Nordestina and BRS 188 Paraguaçu, with the treatments distributed in randomized blocks, repeated four times. The soil of the experimental area was examined and received limestone in sufficient quantity to raise the saturation by bases to 60%. Seedlings of castor beans varieties produced in a greenhouse, which were transplanted into the field when they showed about 25 cm of height. Holes of 30 x 30 x 30 cm were made, separated by 1.0 x 3.0 m, and at the bottom of them triple super-phosphate was applied in quantities equivalent to doses established for each treatment. Fifty-one days after being transplanted (DAT) the covering fertilization was done, using the ammonium sulfate and the potassium chloride in doses equivalent to 30 and 60 kg ha<sup>-1</sup> of N and K, respectively. The leaf area and plant heights were determined at the 30, 60, 90 and 120 D.A.T. The development of the reproductive organs was also evaluated through the length of the primary custer and of the following, the number of custer during the cycle, the productivity of seeds and accumulation of biomass in the upper part. For the leaf area, the fertilization effect was only noticed at the 30 and 120 days; and for the height of the plants, some effect was only noticed at the 30 D.A.T., both being squared. The quadratic effect of phosphate fertilizer was verified for the size of the primary custer, the number of custer produced, productivity of seeds and accumulation of dry matter. The varieties showed difference in the number and in the length of the primary custer and following, the largest quantity of custer being verified in the plants of the BRS 188 Paraguaçu variety and longest lengths in the BRS 149 Nordestina variety.

**Keywords:** *Ricinus communis*, mineral nutrition, vegetative growth.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado como parte da dissertação do primeiro autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da UFAL. Trabalho financiado por bolsa de Mestrado FAPEAL.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande consumidor de óleo diesel devido principalmente à predominância do transporte rodoviário. A grande demanda deste derivado do petróleo, a escassez, o alto custo, além da preocupação ambiental, motivaram a busca de energia que substituíssem os combustíveis fósseis. Neste contexto, os óleos vegetais (mamona, girassol, soja, dendê, algodão) aparecem como alternativa para obtenção do biodiesel, sendo o óleo de mamona um dos mais versáteis, devido à sua larga aplicação industrial (Gonçalves et al., 2005).

A mamona apresenta menor potencial agrícola em relação à soja, ao algodão e o girassol, mas no semi-árido nordestino a mamona tem grande importância sócio-econômica, uma vez que é plantada em pequenas propriedades, contribuindo assim, para geração de empregos e renda (Beltrão, 2005). Com o objetivo de aumentar o potencial produtivo e a competitividade da mamona, têm-se realizado estudos de avaliação de novas cultivares (Savy Filho et al., 2007), adubação (Severino et al., 2006), nutrição mineral (Lange et al., 2005; Lavres Júnior et al., 2005) e manejo fitossanitário (Lima et al., 2001).

Quanto à adubação e a nutrição mineral, um dos elementos que merece destaque é o fósforo, devido à sua carência generalizada nos solos brasileiros (Malavolta, 1980; Costa et al., 2006), a seus efeitos na absorção, no metabolismo mineral e na fisiologia das culturas (Magalhães, 1996; Jeschke et al., 1996 e 1997; Groot et al., 2003).

Como a adubação da mamoneira é uma prática pouco estudada no Brasil, principalmente nos estados do Nordeste, principal região produtora. Objetivou-se avaliar o efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento, expressão sexual e a produtividade de duas variedades de mamona cultivadas no município de Rio Largo-AL.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no período de junho à dezembro de 2006 no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Rio Largo, Zona da Mata Alagoana, cujas coordenadas geográficas de referências são: Latitude 09°28'02"S e Longitude 35°49'43"W e altitude média de 127 metros.

O estudo foi um fatorial 5 x 2, constituído por cinco níveis de P (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup>), e duas variedades de mamona, BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta de quatro fileiras de 6 m de comprimento distanciadas entre si de 3,0 m, com espaçamento de 1,0 m entre plantas. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfatato triplo.

Antecedendo a implantação do experimento coletaram-se amostras do solo nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade, e de posse dos resultados (Tabela 1), aplicou-se calcário dolomítico em quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 60% e, 30 dias após a aplicação do corretivo arrou-se e gradeou-se o solo.

**Tabela 1:** Análise química do solo da área experimental nas profundidades de 0 à 20 cm e de 20 à 40 cm. Rio Largo-AL, 2008.

Profundidade (cm)	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	S	CTC	V	M
		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	
0 a 20	5,5	10	30	2,6	0,6	4,2	3,33	7,53	44,2	1,5
20 a 40	4,7	7	19	0,8	0,7	4,7	1,59	6,29	25,3	36,9

O plantio foi realizado inicialmente através de mudas, onde estas foram obtidas transferindo-se duas sementes de cada variedade para sacos de polietileno, de dimensões de 14 x 25 cm, contendo substrato constituído de saibro + esterco bovino na proporção de 3:1 (v:v), irrigando-se diariamente para manter o teor de umidade do substrato próximo a 60% da capacidade máxima de retenção da água. Uma semana antes do plantio para área definitiva, abriram-se as covas com dimensões de 30 x 30 x 30 cm de largura, comprimento e profundidade, aplicando-se o fertilizante fosfatado, no fundo da cova, nas doses correspondentes a cada tratamento. Aos trinta dias após a semeadura realizou-se o transplantio, e cerca de duas semanas após, efetuou-se o desbaste, deixando-se apenas a planta mais vigorosa.

No início do florescimento, aproximadamente aos 50 dias após o transplantio, realizaram-se as adubações nitrogenada e potássica, nas doses de 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aplicando-se como fonte de N e de K, o sulfato de amônio e o cloreto de potássio. Durante o desenvolvimento da cultura realizaram-se capinas manuais para que as plantas permanecessem livres de matocompetição. Para o controle de pragas e doenças aplicaram-se inseticida, de principio ativo Cloripirifós, e fungicida Tiofanato-metílico. No período experimental registraram-se a precipitação e a temperatura, conforme observa-se na figura 1.

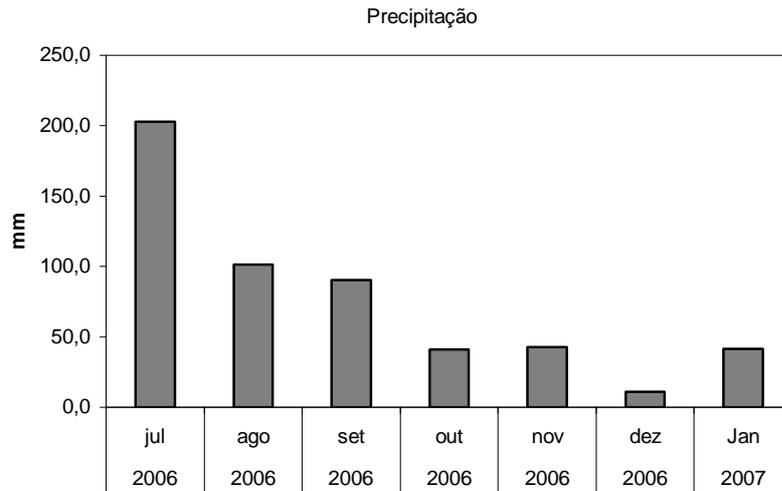


Figura 1: Disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura no campo

O crescimento das plantas foi avaliado através da área foliar, da altura, do comprimento e número dos racemos, do acúmulo de matéria seca e da produtividade, para as diferentes doses de fósforo e variedades.

A medição da área foliar e da altura das plantas foi realizada aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio, utilizando quatro plantas da área útil. A área foliar foi obtida medindo-se o comprimento e largura de todas as folhas das plantas, utilizando-se a equação  $S = 0,1515 (C + L)^2$ , desenvolvida por Severino et al. (2005), onde C é a medida de comprimento da nervura principal da folha e L é a largura foliar, ambas em cm. No caso da altura, as plantas foram medidas do solo até o ápice do ramo mais alto, de acordo com a escala proposta por Veiga et al. (1989).

Na fase reprodutiva mediu-se o comprimento dos racemos primários e subsequentes, no intervalo de aproximadamente 30 dias e no final do ciclo contabilizou-se o número dos racemos por parcela, extrapolando-se esses valores para 1,0 ha.

Para avaliar o acúmulo de matéria seca coletaram-se as folhas senescentes de duas plantas de cada parcela durante todo ciclo da cultura e, aos 150 dias após o transplântio, estas plantas foram cortadas rente ao solo e o material vegetal assim obtido, foi passado em picadeira de forragem, homogeneizado, subamostrado, seco em estufa de circulação forçada a 65 °C até massa

constante, determinando-se a seguir o acúmulo de matéria seca. A produtividade de sementes da mamoneira foi estimada amostrando-se quatro plantas por parcela da área útil.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, ao teste F, e para as características que apresentaram significância entre os diferentes níveis de fósforo, obtiveram-se equações de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância para as características ligadas ao crescimento da mamoneira através da área foliar e da altura das plantas, em resposta à adubação fosfatada e as variedades, avaliadas nas quatro épocas, encontram-se na tabela 2.

**Tabela 2.** Análise de variância da área foliar e altura de plantas em quatro épocas, em função de diferentes doses de fósforo e variedades. Rio Largo, 2008.

Fonte de variação	GL	QUADRADO MÉDIO PARA ÁREA FOLIAR			
		Dias após o transplântio			
		30	60	90	120
Dose de P (P)	4	992.288,18 *	52.054.049,71 <sup>ns</sup>	63.390.710,36 <sup>ns</sup>	35.277.240,67 <sup>**</sup>
Variedade (V)	1	42.601,72 <sup>ns</sup>	5.506.894,05 <sup>ns</sup>	16.304.633,94 <sup>ns</sup>	1.213.386,65 <sup>ns</sup>
P x V	4	352.698,29 <sup>ns</sup>	6.780.554,87 <sup>ns</sup>	22.484.864,75 <sup>ns</sup>	1.721.540,75 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1.106.873,98 *	10.684.530,36 <sup>ns</sup>	18.929.872,34 <sup>**</sup>	35.712.012,13 *
Resíduo	27	246.708,72	21.597.023,68	32.320.877,25	8.207.029,56
CV (%)		25,73	23,35	24,88	27,05

QUADRADO MÉDIO PARA ALTURA DE PLANTAS					
Dose de P (P)	4	57,20 <sup>**</sup>	247,22 <sup>ns</sup>	669,56 <sup>ns</sup>	664,79 <sup>ns</sup>
Variedade (V)	1	84,82 *	319,16 <sup>ns</sup>	327,58 <sup>ns</sup>	187,05 <sup>ns</sup>
P x V	4	14,24 <sup>ns</sup>	17,49 <sup>ns</sup>	33,01 <sup>ns</sup>	32,23 <sup>ns</sup>
Bloco	3	32,11 <sup>ns</sup>	123,02 <sup>ns</sup>	371,47 <sup>ns</sup>	432,88 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	13,76	129,40	297,22	291,22
CV (%)		8,75	10,13	11,26	11,09

ns, \*, \*\* e \*\*\* = não significativo e significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente;

Pela análise da Tabela 2, verifica-se que não houve efeito varietal para área foliar, entretanto esta foi influenciada pela adubação somente nas avaliações realizadas aos 30 e 120 dias após o transplântio, obtendo-se efeito quadrático (Figura 2), com área foliar máxima, respectivamente, de 2.247 cm<sup>2</sup> e 12.392 cm<sup>2</sup>, obtidos nas doses de 49,98 kg ha<sup>-1</sup> e 52,16 kg ha<sup>-1</sup>

de fósforo. Jeschke et al. (1996) estudando o efeito do P no desenvolvimento foliar da mamoneira, observou que a área foliar foi afetada pelo baixo suprimento de fósforo, pois as plantas crescidas em solução com o suprimento adequado ( $48 \text{ mg L}^{-1}$  de P) apresentaram área foliar 23% superior àquelas mantidas em baixa concentração ( $0,48 \text{ mg L}^{-1}$  de P). Esse efeito também foi observado por Camacho et al. (2002), em estudos com híbridos de sorgo granífero sob condições de casa de vegetação, obtendo-se áreas foliares de  $240 \text{ cm}^2$ ,  $597 \text{ cm}^2$  e  $505 \text{ cm}^2$  para os níveis de 0, 16 e  $32 \text{ mg L}^{-1}$  de P, respectivamente.

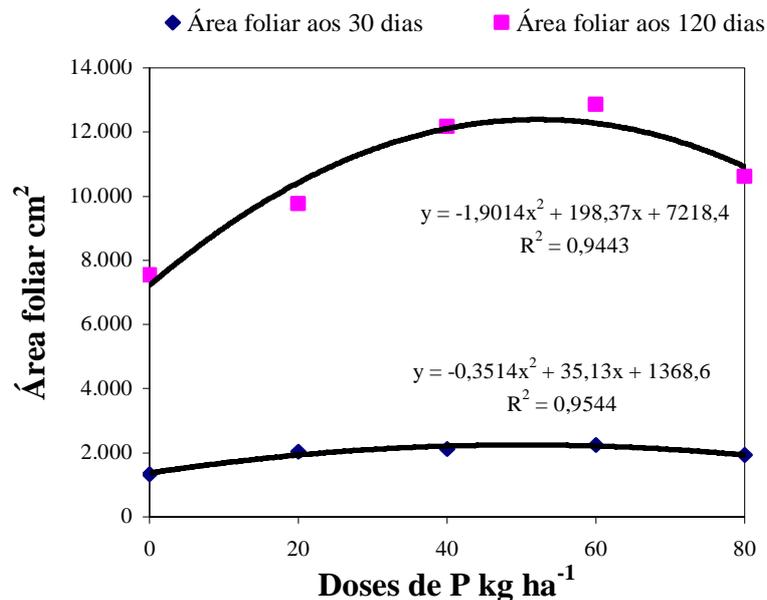


Figura 2: Efeito da adubação fosfatada na área foliar da mamoneira aos 30 e 120 dias após o transplântio.

A altura das plantas foi influenciada pelas doses de P e pelas variedades apenas aos 30 D.A.T. (Tabela 2). Nesta época, constatou-se o efeito quadrático das doses, observando-se altura máxima de 44,55 cm, obtida na dose  $54,90 \text{ kg ha}^{-1}$  de P (Figura 3). Camacho et al. (2002), avaliando o crescimento vegetativo com híbridos de sorgo granífero em função do suprimento com fósforo, observou a diminuição da altura das plantas de aproximadamente 20% com a redução da concentração de P de  $32 \text{ mg L}^{-1}$  para  $0 \text{ mg L}^{-1}$  em solução nutritiva.

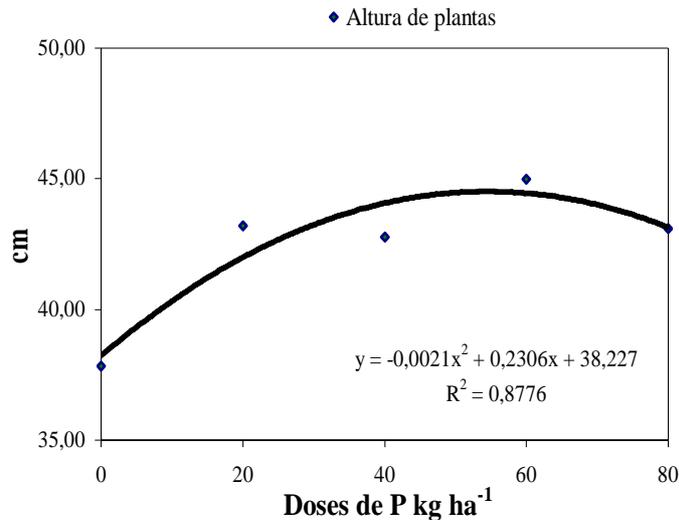


Figura 3: Efeito da adubação fosfatada na altura da mamoneira aos 30 dias após o transplântio.

Comparando as variedades, observou-se plantas mais altas na BRS 188 Paraguaçu, com valor médio de 43,83 cm (Tabela 3). Na literatura, não foram encontrados resultados que possibilitassem comparações de altura entre as variedades em diferentes fases de desenvolvimento.

**Tabela 3:** Médias de altura de plantas (AP) aos 30 dias após o transplântio (DAT), comprimento dos racemos primários (CRP) e subseqüentes (CRS), número de racemos (NR) e acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS) de duas variedades de mamona. Rio Largo-AL, 2008.

Variedades	AP aos 30 DAT	CRP	CRS	NR	MS
	-----cm	-----cm	-----cm	Unidade há <sup>-1</sup>	---- kg há <sup>-1</sup> ---
BRS 149 Nordestina	40,91 a	35,84 a	16,90 a	23.581,0 b	3.775,30 a
BRS 188 Paraguaçu	43,83 b	22,26 b	13,75 b	34.250,0 a	3.514,42 a
Médias	42,37	29,05	15,32	28.915,0	3.619,70
CV (%)	8,75	11,17	10,69	15,43	10,99

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Aos 30 dias após o transplântio, fase inicial do desenvolvimento da cultura, o teor de fósforo no solo, provavelmente, não foi suficiente para segurar o fornecimento adequado para as plantas, ocasionando assim, diminuição do crescimento, verificados através da redução da área foliar e da altura das plantas. Esses efeitos também foram observados por Jeschke et al. (1996) em mamoneira, verificando-se a diminuição do crescimento das plantas quando omitiu-se por três dias o fósforo na solução nutritiva, pois a deficiência desse elemento reduz fortemente a absorção

e a assimilação de nitrato (Magalhães, 1996), diminui a fotossíntese líquida (Groot et al., 2003) e altera a partição de assimilado pela planta (Jeschke et al., 1996), ocasionando assim, aumento proporcional da relação raiz/parte aérea, devido a redução da síntese de citocinina (Groot et al., 2003). Em mamoneira sob deficiência temporária de fósforo, essa relação aumentou cerca de 75% quando comparada às plantas com suprimento adequado e constante (Jeschke et al., 1996).

O efeito da adubação fosfatada na área foliar aos 120 dias após o transplântio, ocorreu devido a maior longevidade das folhas, podendo-se inferir que houve variação na disponibilidade endógena de nutrientes, especialmente de N e P, ocasionado possivelmente pela estocagem de P inorgânico no vacúolo, conforme verificado por Alves (1994). Nessa época observou-se redução da disponibilidade hídrica (Figura 1), e de acordo com estudos realizados por Ruiz et al. (1988) e Dutra et al. (1995), há diminuição acentuada da absorção de P com o decréscimo de pequenas quantidades de água no solo, pois a baixa umidade do solo reduz o fluxo difusivo de P (Costa et al., 2006).

Na literatura há carência de citações sob redução do crescimento e acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas, quando submetidas a altas doses de fósforo. Esse efeito tem sido atribuído à diminuição da absorção e translocação de micronutrientes, especialmente do zinco, com reflexos na síntese do triptofano e do ácido indol acético (Mengel & Kirkby, 1987; Malavolta et al., 1989; Moreira et al., 2001), no entanto, no presente estudo não se observou decréscimo significativo no acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas, em função da adubação fosfatada.

A análise de variância para as características ligadas à expressão sexual da mamoneira, tais como, comprimento dos racemos primários e subseqüentes, número de racemos, produtividade de sementes, além do acúmulo de matéria seca da parte aérea em função da adubação fosfatada, encontra-se na Tabela 4.

**Tabela 4:** Quadrados médios da análise de variância para comprimento dos racemos primários (CRP) e subseqüentes (CRS), número de racemos (NR), acúmulo de matéria seca da parte aérea (MS) e produtividade de sementes (PS) de duas variedades de mamona cultivadas em cinco doses de fósforo. Rio Largo-AL, 2008.

Fonte de variação	GL	CRP	CRS	NR	MS	OS
Dose de P (P)	4	50,69 <sup>**</sup>	5,16 <sup>ns</sup>	55.965.261,34 <sup>*</sup>	3.300.877,60 <sup>***</sup>	107.563,03 <sup>***</sup>
Variedade (V)	1	1.843,75 <sup>***</sup>	98,65 <sup>***</sup>	1,13 <sup>***</sup>	74.064,09 <sup>ns</sup>	85.747,60 <sup>ns</sup>
P x V	4	18,88 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	33.118.818,68 <sup>ns</sup>	1.153.972,71 <sup>ns</sup>	26.098,16 <sup>ns</sup>
Bloco	3	8,01 <sup>ns</sup>	8,67 <sup>*</sup>	149.801.594,71 <sup>***</sup>	581.207,84 <sup>ns</sup>	33.004,40 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	10,53	2,68	19.908.668,12	475.587,43	25.928,39
CV (%)		11,17	10,69	15,43	19,12	15,58

ns, \*, \*\* e \*\*\* = não significativo e significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente;

Pela análise da tabela 4, verifica-se que a adubação fosfatada influenciou o tamanho dos racemos primários, número de racemos, acúmulo de matéria seca e produtividade de sementes, obtendo-se efeito quadrático (Figuras 4, 5, 6, e 7), observando-se efeito varietal apenas para o número e comprimento dos racemos.

O comprimento máximo dos racemos primários foi de 31,10 cm (Figura 4), e a maior quantidade de racemos produzidos pela cultura foi de 31.075 unidades por hectare (Figura 5), na dose correspondente a 42 kg ha<sup>-1</sup> de P. O desenvolvimento desses órgãos foi prejudicado pelos tratamentos com baixo suprimento de fósforo, devido, possivelmente, à concentração de P da planta não atender a demanda energética na fase reprodutiva, havendo assim, redução no crescimento e na emissão dos racemos, principalmente na época de formação das sementes, uma vez que o armazenamento de produtos como óleo, proteínas e carboidratos exigem o gasto de energia em forma de ATP (Ferreira et al., 2004; Severino et al., 2006).

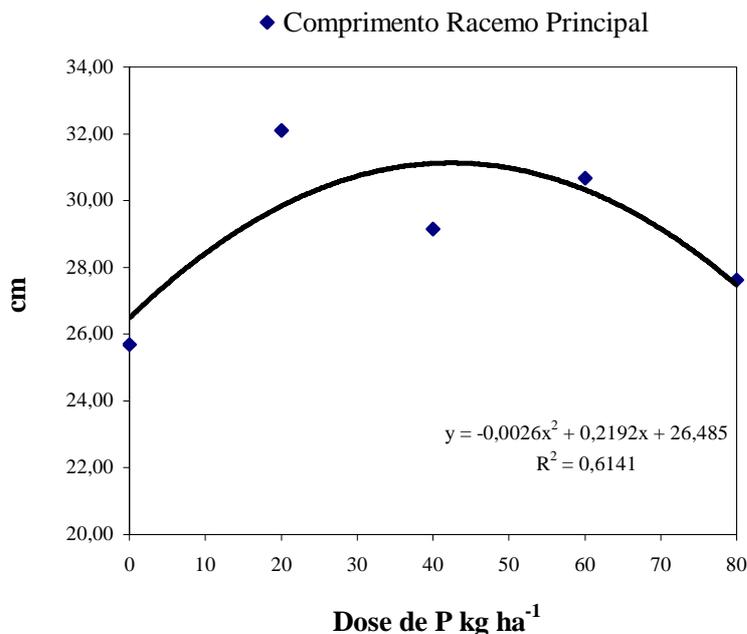


Figura 4: Comprimento dos racemos primários de duas variedades de mamoneira em função da adubação fosfatada.

Em relação às variedades, observa-se efeito significativo para o comprimento dos racemos primários e subseqüentes (Tabela 4), tendo-se obtido os maiores tamanhos na variedade BRS 149 Nordestina, com racemos primários de 35,84 cm e, 16,90 cm para os subseqüentes, comparados com os 22,26 cm e 13,75 cm, produzidos, respectivamente, pela variedade BRS 188

Paraguaçu (Tabela 3). Essa diferença também foi relatada por Carvalho (2005) verificando que os tamanhos médios dos racemos (primários + subseqüentes) são de 33 e 25 cm, para as variedades BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, respectivamente.

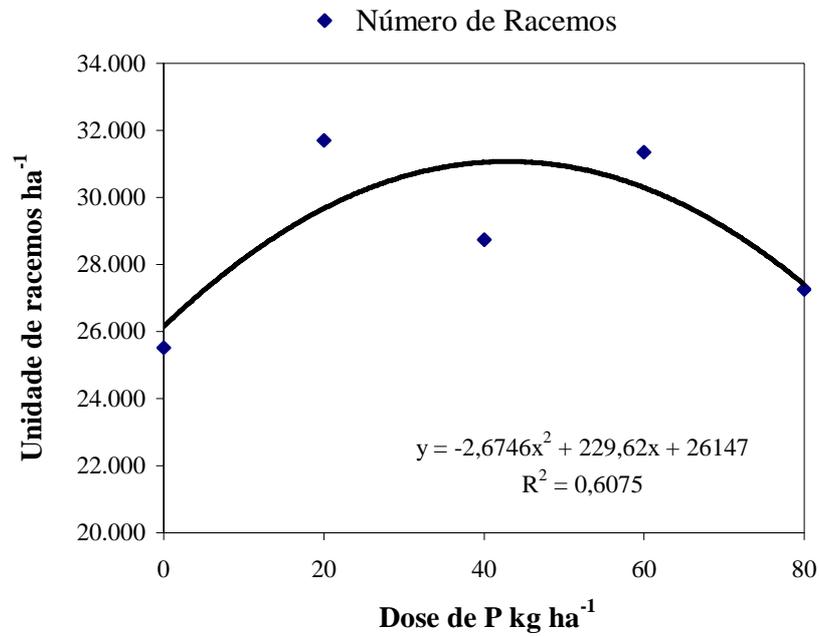


Figura 5: Número de racemos primários de duas variedades de mamona em função da adubação fosfatada

As variedades apresentaram efeito significativo para o número de racemos (Tabela 4), onde a BRS 188 Paraguaçu produziu a maior quantidade por unidade de área, com incremento de 69% (Tabela 3). Essa relação também foi observada por Carvalho (2005), onde a BRS 188 Paraguaçu produziu em média 26.666 racemos por hectare, comparados com os 20.000 racemos produzidos pela BRS 149 Nordestina.

A adubação fosfatada promoveu aumento no acúmulo de matéria seca na parte aérea, tendo-se acúmulo máximo de 4.125 kg ha<sup>-1</sup>, na dose de 66,49 kg ha<sup>-1</sup> de P (Figura 6). Esse efeito é atribuído ao aumento na absorção, translocação e metabolismo de nutrientes, principalmente do nitrato (Magalhães, 1996; Jeschke et al., 1996 e 1997; Groot et al., 2003), uma vez que, esse elemento tem sido descrito como um dos fatores determinante do crescimento, contribuindo para

o aumento da área foliar fotossinteticamente ativa, resultando em maior absorção de CO<sub>2</sub>, e conseqüentemente, aumentando a biomassa acumulada pelas plantas (Groot et al., 2003).

Na dose máxima de fósforo, verificou-se pequena redução no acúmulo de matéria seca, cerca de 2%, devido possivelmente à desbalanços nutricionais, principalmente de cobre e manganês, uma vez que em trabalhos conduzidos com a cultura da cana-de-açúcar (Silva et al., 2008) e da soja (Oliveira et al., 2007a), em área experimental anexa à da presente pesquisa, constatou-se severa deficiência desses micronutrientes. Os teores foliares de Mn na soja e na cana situaram-se próximos a 10 mg kg<sup>-1</sup> e, segundo Malavolta et al. (1989), estes deveriam ser de no mínimo 20 e 50 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente para a leguminosa e a poácea, para que o conteúdo fosse adequado.

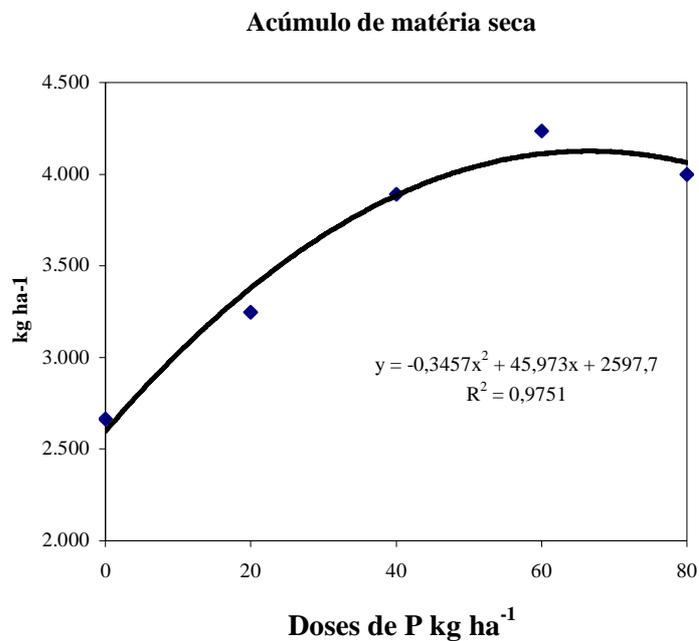


Figura 6: Acúmulo de matéria seca de duas variedades de mamona influenciadas pela adubação com fósforo.

O rendimento da cultura foi influenciado pela adubação fosfatada (Tabela 4), obtendo-se produtividade máxima de 1.115,71 kg ha<sup>-1</sup> na dose de 59,48 kg ha<sup>-1</sup> de P (Figura 7). O aumento da produtividade em função do acréscimo de fósforo no solo ocorreu, possivelmente por interação de fatores: maior absorção de nutrientes pelas plantas com suprimento adequado de P (Jeschke et al., 1996 e 1997; Magalhães, 1996; Groot et al., 2003), maior fixação do CO<sub>2</sub>

(Jeschke et al., 1996), devido a maior atividade da RUBISCO e ao aumento da área foliar fotossinteticamente ativa, resultando em maior acúmulo de matéria seca na biomassa da parte aérea. Nas plantas não adubadas a produtividade foi de 868,04 kg ha<sup>-1</sup>, aproximadamente 20% menor que aquelas com o fornecimento adequado de P.

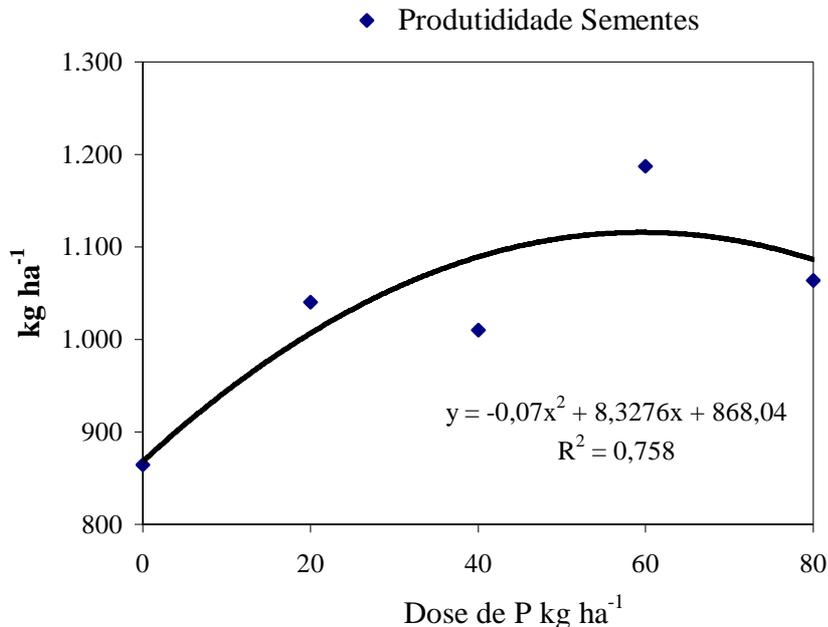


Figura 7: Produtividade de sementes de duas variedades de mamona em função da adubação fosfatada.

Não objetivou-se com este trabalho determinar o nível crítico de fósforo no solo extraído com Mehlich, mas pode-se inferir pelos resultados obtidos, que possivelmente esse teor situar-se acima de 10 mg dm<sup>-3</sup> de P. Embora o nível crítico de P no solo dependa de fatores edafoclimáticos (Ruiz et. al., 1988; Novais & Smith, 1999) e da própria cultura (Alves, 1998; Brasil et al., 2007), os resultados obtidos por Calheiros (2007) e Oliveira et al. (2007b), reforçam os do presente estudo, uma vez que esses autores em pesquisas conduzidas em área experimental anexa, observaram respostas da cana e do sorgo até cerca de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P.

## CONCLUSÕES

- A adubação fosfatada na dose próxima a 50 kg ha<sup>-1</sup> de P, promoveu aumento da área foliar aos 30 dias após o transplântio de 39% e de 41,7% aos 120 dias, não se constatando efeito entre variedades.

- Aos 30 dias após o transplante, as plantas da variedade BRS 188 Paraguaçu e a dose próxima a  $55 \text{ kg ha}^{-1}$  de P apresentaram as maiores médias de alturas de plantas.
- O crescimento do racemo principal e produção de racemos pela mamoneira foram influenciados pela adubação fosfatada, com valores máximos na dose de  $42 \text{ kg ha}^{-1}$  de P.
- As plantas da variedade BRS 149 Nordestina apresentaram os maiores comprimentos de racemos, enquanto que a BRS 188 Paraguaçu produziu o maior número ao longo do ciclo.
- O acúmulo máximo de matéria seca na biomassa da parte aérea foi verificado na dose de  $66,49 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, não havendo efeito significativo para as variedades.
- A produtividade de sementes também foi influenciada pela adubação fosfatada, tendo-se verificado rendimentos de  $1.115,71 \text{ kg ha}^{-1}$  na dose aproximadamente de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, cerca de 22% maior que a testemunha.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVES, V.M.C.; **Fração de fósforo, de açúcares solúveis e de nitrogênio em quatro híbridos de milho submetidos à omissão e ao ressuprimento de fósforo.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 106p. (Tese de Doutorado).
- BRASIL, E.C.; ALVES, V.M.C.; MARRIEL, I.E.; PITTA, G.V.E.; CARVALHO, J.G. Matéria seca e acúmulo de nutrientes em genótipos de milho contrastantes quanto a aquisição de fósforo. **Ciência agrotécnica.** Lavras, v.31, n.3, p. 704-712, 2007.
- BELTRÃO, N.E.M. Agronegócio das oleaginosas no Brasil. Produção de Oleaginosas para Biodiesel. **Informe Agropecuário.** v.26, n.229, p. 14-17, 2005.
- CALHEIROS, A. S. Produção de grãos e acúmulo de matéria seca e de nutrientes por dois híbridos de sorgo granífero em função de doses de fósforo. Monografia. Maceió – AL. 2007.
- CAMACHO, R.; MALAVOLTA E.; GUERRERO-ALVES, J.; CAMACHO, T. Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. **Scientia Agrícola,** v. 59, p. 771-776, 2002.
- CARVALHO, B.C.L. **Manual do cultivo da mamona.** Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S.A. – EBDA, Salvador, 2005, 65p.
- COSTA, J.P.V.; BARROS, N.F.; ALBUQUERQUE, A.W.; FILHO, G.M.; SANTOS, J.R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.10, n.4, p.828–835, 2006.
- DUTRA, L.F.; TAVARES, S.W.; SARTORETTO, L.M.; VAHL, L.C. Resposta do feijoeiro ao fósforo em dois níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Agrociência.** v.1, n.2, p. 91-96, 1995.

- 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: **I Congresso Brasileiro de Mamona**, Campina Grande – PB. 6p. 2004.
- GONÇALVES, N.P.; FARIA, M.A.V.R.; SATURINO, H.M.; PACHECO, D.D. Cultura da mamoneira. Produção de Oleaginosas para Biodiesel. **Informe Agropecuário**. v.26, n.229, p. 28-32, 2005.
- GROOT, C.C.; MARCELIS, L.F.M.; BOOGAARD, R.V.D.; KAISER, W.M.; LAMBERS, H. Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. **Plant and Soil**. v.248, p. 257-268, 2003.
- JESCHKE, W.D.; KIRKBY, E.A.; PEUKE, A.D.; PATE, J.S.; HARTUNG, W. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.) **Journal of Experimental Botany**. v.48, n.306, p. 75-91, 1997.
- 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 H<sub>2</sub>O within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v.47, n.304, p. 1737-1754, 1996.
- LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, n.1, p. 61-67, 2005.
- LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R.M.; SILVA, M.L.S.; CORREIA, D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, n.2, p. 145-151, 2005.

LIMA, E.F.; ARAÚJO, A.E.; BATISTA, F.A.S. Doenças e seu controle. In: AZEVEDO, D.M.P; LIMA, E.F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa, Informação Tecnológica, p. 191-227, 2001.

MAGALHÃES, J. V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. Viçosa, MG. Dissertação de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa. 76p. 1996.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Ceres, São Paulo, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A; **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, 1989, p. 202.

MENGEL, K., KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. Ed., Berne: International Potash Institute, 655 p, 1987.

MOREIRA, M.A.; FONTES, P.C.R.; CAMARGOS M.I. Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.36, n.6, p. 903-909, 2001.

NOVAIS, R.F.; SMITH, T.J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999, 399 p.

OLIVEIRA, M. W.; CALHEIROS, A. S.; BARBOSA, G. V. S.; OLIVEIRA, T. B. A.; SILVA, J. V.; SILVA, P. B.; Potencial produtivo, eficiência de absorção e utilização de nutrientes por cinco variedades de soja (*Glicine max* (L.) MERR.) In: **XV Congresso brasileiro de Agrometeorologia**. Aracajú-SE. 2007a.

OLIVEIRA, M. W.; CALHEIROS, A. S.; BARBOSA, G. V. S.; OLIVEIRA, T. B. A.; SILVA, J. V.; SILVA, P. B.; Adubação fosfatada em dois híbridos de sorgos graníferos: crescimento

- quantitativo e análise econômica. In: **XV Congresso brasileiro de Agrometeorologia**. Aracajú-SE. 2007b.
- RUIZ, H.A.; FERNANDES, B.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; FERREIRA, P.A. Efeito do conteúdo de água sobre os níveis críticos de fósforo em dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 12, p. 43-48, 1988.
- SAVY FILHO, A.; AMORIM, E.P.; RAMOS, N.P.; MARTINS, A.L.M.; CAVICHIOLI, J.C. IAC-2028: nova cultivar de mamona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, n.3, p. 449-452, 2007.
- SEVERINO, L.S.; CARDOSO, G.D.; VALE, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; SANTOS, J.W.; Métodos para determinação da área foliar da mamoneira. (**EMBRAPA ALGODÃO - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55**). Campina Grande, PB. 20 p. 2005.
- SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, A. S. W.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.41, n.4, p. 563-568, 2006.
- SILVA, W. T.; CALHEIROS, A. S.; ARISTIDES, E. V. S.; SANTOS, T. B. S.; OLIVEIRA, M. W.; OLIVEIRA, T. B. A. Teores foliares de cobre e manganês em duas variedades de cana-de-açúcar cultivadas em Alagoas. **IV encontro nacional de química ambiental**. Aracajú-SE, 2008.
- VEIGA, R. F. A.; SAVY FILHO, A.; BANZATOO, N. V. Descritores mínimos para caracterização e avaliação de mamoneira (*Ricinus communis* L.) aplicados no instituto agrônomo, 1989. 16 p.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA BIOMASSA DA PARTE AÉREA DE DUAS VARIEDADES DE MAMONA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

## ESTADO NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA BIOMASSA DA PARTE AÉREA DE DUAS VARIEDADES DE MAMONA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA

Djair Felix da Silva<sup>1</sup>

### RESUMO

A avaliação do estado nutricional das plantas pode ser realizada empregando-se diferentes técnicas, mas rotineiramente utiliza-se a análise química das folhas. A preferência pelas folhas deve-se ao fato de serem a parte da planta que, de modo geral, reflete melhor as variações no suprimento de nutrientes, tanto no solo, quanto das adubações. A adubação fosfatada influencia nas concentrações dos elementos nas plantas devido ao P participar da absorção, do transporte e do metabolismo dos nutrientes. Objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito da adubação fosfatada no estado nutricional e no acúmulo de nutrientes na parte aérea de duas variedades de mamona. A pesquisa foi conduzida em área experimental do Centro de Ciências Agrárias, localizada no município de Rio Largo, Alagoas. O estudo foi um fatorial 5 x 2, constituído por cinco doses de P 0, 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e duas variedades de mamona, BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, com os tratamentos distribuídos em blocos casualizados, com quatro repetições. O solo da área experimental foi analisado e recebeu calcário em quantidade suficiente para elevar a saturação por bases a 60%. As mudas de mamoneira foram produzidas em casa de vegetação, sendo transplantadas para o campo quando encontravam-se com aproximadamente 25 cm de altura. Abriram-se covas de 30 x 30 x 30 cm, espaçadas de 3,0 x 1,0 m, aplicando-se o superfosfato triplo, no fundo das mesmas, em quantidades equivalentes às doses de fósforo estabelecidas para cada tratamento. Aos 50 dias após o transplante (D.A.T.) coletaram-se as folhas +4 para avaliação do estado nutricional das plantas e, aos 150 D.A.T. determinou-se o acúmulo de N, P e K na biomassa da parte aérea da mamoneira. A adubação fosfatada influenciou apenas no teor foliar de ferro, entretanto, verificou-se efeito linear para o acúmulo de N e quadrático para o acúmulo de P e K. Houve efeito varietal nos teores foliares, tendo-se constatado na variedade BRS 149 Nordestina os maiores teores de N e os menores de Ca, não havendo diferença significativa para os demais nutrientes.

**Palavras-chave:** Teor de nutrientes, *Ricinus communis* L., fertilização fosfatada

<sup>1</sup> Trabalho apresentado como parte da dissertação do primeiro autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da UFAL. Trabalho financiado por bolsa de Mestrado FAPEAL.

## NUTRITIONAL STATUS AND ACCUMULATION OF NUTRIENTS IN THE BIOMASS OF THE UPPER PART OF TWO CASTOR BEAN VARIETIES ACCORDING TO THE PHOSPHATE FERTILIZER

Djair Felix da Silva<sup>1</sup>

### ABSTRACT

The evaluation of the nutritional status of the plants can be done by employing different techniques, but routinely uses the chemical analysis of the leaves. The preference for the leaves is due to the fact of them being part of the plant that, in general, reflects better the variations in the supplying of nutrients, to the soil as well as to the fertilizer. The phosphate fertilizer influences in the concentrations of the elements in the plants because the P participates of the absorption, of the transport and of the metabolism of the nutrients. The objective of this study was to evaluate the effect of the phosphate fertilizer in the nutritional status and in the accumulation of nutrients in the upper part of two castor bean varieties. The research was conducted in the experimental area of the Agricultural Center of Sciences, located in the city of Rio Largo, Alagoas. The study was a 5 x 2 factor, consisting of five doses of P (0, 20, 40, 60 and 80 kg ha<sup>-1</sup>) and two castor bean varieties, BRS 149 Nordestina and BRS 188 Paraguaçu, with the treatments distributed in randomized blocks, repeated four times. The soil of the experimental area was examined and received limestone in sufficient quantity to raise the saturation by bases to 60%. Varieties of castor bean seedlings were produced in a greenhouse, which were only transplanted into the field when they showed about 25 cm of height. Holes of 30 x 30 x 30 cm were made, separated by 1.0 x 3.0 m, and at the bottom of them triple super-phosphate was applied in quantities equivalent to doses established for each treatment. Fifty days after being transplanted (D.A.T.) the +4 leaves were collected to assess the nutritional status of the plants and, at 150 DAT it determined the accumulation of N, P and K in the biomass of the upper part of castor bean. The phosphate fertilizer influenced only in the leaf content of iron, however, there was linear effect for the accumulation of N and quadratic for the accumulation of P and K. There was a varietal effect in leaf levels, which in the BRS 149 Nordestina varieties were found the largest levels of N and least of Ca without having a significant difference for the other nutrients.

**Keywords:** Nutrient content, *Ricinus communis*, phosphate fertilization.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado como parte da dissertação do primeiro autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da UFAL. Trabalho financiado por bolsa de Mestrado FAPEAL.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira ocupa lugar de destaque entre as oleaginosas, principalmente pela alta capacidade de adaptação a diferentes tipos de clima e solo (Amorim Neto et al., 2001) e pelo potencial para produção de biodiesel a partir do óleo contido em suas sementes (Teixeira, 2005). Além disto, este produto é matéria-prima para produção de tintas especiais, sabão, vernizes, detergentes, papel carbono, velas, nylon, plásticos, desinfetantes, adesivos, colas especiais, cosméticos, lentes de contato, enfim, aproximadamente 650 produtos, com vantagem de serem biodegradáveis (Gonçalves et al., 2005).

Apesar de possuir boa capacidade de adaptação e encontrar-se vegetando nos mais variados tipos de solo, a mamoneira requer um manejo correto de adubação e nutrição, principalmente nos cultivos existentes na região nordeste, pois essa oleaginosa é considerada uma cultura exigente em fertilidade e sensível a acidez de solo (Malavolta et al., 1989; Severino et al., 2006).

Na produção agrícola, os estudos relacionados à adubação e nutrição mineral são de grande importância, pois permite avaliar as concentrações e o estado em que os elementos minerais se encontram no solo, definindo as maneiras de suprir as necessidades nutricionais, pela absorção dos elementos químicos necessários às plantas (Malavolta et al., 1989; Parry et al., 2008).

Uma das formas de avaliar os efeitos da adubação e a eficiência de absorção desses nutrientes pelas plantas é determinando-se seu estado nutricional. A avaliação do estado nutricional das plantas pode ser realizada empregando-se diferentes técnicas, mas rotineiramente utiliza-se a análise química das folhas (Malavolta, 1992). A parte da planta que melhor reflete o estado nutricional das culturas segundo Malavolta et al. (1989) são as folhas, isso por que o teor dos elementos encontrados em suas células é consequência dos fatores que atuaram e, às vezes, interagiram até o momento em que esse órgão foi colhido para análise química.

Os teores foliares variam também em função das práticas agrícolas adotadas e do estado fenológico da cultura, havendo relatos de diferenças entre espécies e mesmo entre variedades (Alves, 1994; Brasil et al., 2007). Para a mamoneira, Malavolta et al. (1989) recomenda coletar o limbo da folha +4, no início do florescimento, em número de 30 folhas por hectare.

Dentre os fatores que influenciam a composição química das plantas, a adubação fosfatada merece destaque, pela razão do fósforo participar dos processos de absorção de nutrientes, metabolismo mineral e fisiologia das culturas (Magalhães, 1996; Jeschke et al., 1996 e 1997; Groot et al., 2003). Quanto à absorção de nutrientes, Alves et al. (1998) verificaram que a disponibilidade endógena de fósforo, principalmente a quantidade de ATP no sistema radicular, controla a própria absorção de P e de outros nutrientes, sendo bastante citados na literatura os efeitos do estado energético da raiz sobre a absorção, translocação e metabolismo do nitrato (Magalhães, 1996; Jeschke et al., 1996 e 1997; Groot et al., 2003)

Em mamoneira há poucos estudos envolvendo nutrição mineral, principalmente relacionando os efeitos de diferentes doses de P na concentração e no acúmulo de macro e micronutrientes pela planta, por esse motivo, no presente trabalho, avaliou-se os efeitos da adubação fosfatada no estado nutricional e no acúmulo de nutrientes na parte aérea de duas variedades de mamona.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no período de junho à dezembro de 2006 no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Rio Largo, Zona da Mata Alagoana, cujas coordenadas geográficas de referências são: Latitude 09°28'02"S e Longitude 35°49'43"W e altitude média de 127 metros.

O estudo foi um fatorial 5 x 2, constituído por quatro doses de P (20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup>), mais o tratamento testemunha, em que não se aplicou P, e duas variedades de mamona, BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta de quatro fileiras de 6 m de comprimento distanciadas entre si de 3,0 m, com espaçamento de 1,0 m entre plantas. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato triplo.

Antecedendo a implantação do experimento coletaram-se amostras do solo nas camadas de 0 à 20 e de 20 à 40 cm de profundidade, e de posse dos resultados (Tabela 1), aplicou-se calcário dolomítico em quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 60% e, 30 dias após a aplicação do corretivo arrou-se e gradeou-se o solo.

**Tabela 1:** Análise química do solo da área experimental nas profundidades de 0 à 20 cm e de 20 à 40 cm. Rio Largo-AL, 2008.

Profundidade (cm)	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	S	CTC	V	M
		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	
0 a 20	5,5	10	30	2,6	0,6	4,2	3,33	7,53	44,2	1,5
20 a 40	4,7	7	19	0,8	0,7	4,7	1,59	6,29	25,3	36,9

Uma semana antes do transplântio, abriram-se as covas com dimensões de 30 x 30 x 30 cm de largura, comprimento e profundidade, aplicando-se o fertilizante fosfatado, no fundo da cova, nas doses correspondentes a cada tratamento.

Para obtenção das mudas, transferiram-se duas sementes de cada variedade para sacos de polietileno, de dimensões de 14 x 25 cm, contendo substrato constituído de saibro + esterco bovino na proporção de 3:1 (v:v), irrigando-se diariamente para manter o teor de umidade próximo a 60% da capacidade máxima de retenção de água. As mudas foram transplantadas para o campo trinta dias após a semeadura e, cerca de duas semanas após, realizou-se o desbaste, deixando-se apenas a planta mais vigorosa.

Aos 50 dias após o transplântio, período em que as plantas emitiam seus primeiros botões florais, coletou-se a 4ª folha a partir do ápice das plantas da área útil de cada tratamento, conforme recomendações de Malavolta et al. (1989). Esse material foi lavado com água destilada e, após a separação da nervura, secou-se o limbo foliar em estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante, sendo em seguida moído em moinho tipo Willey, determinando-se posteriormente os teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn, conforme metodologia descrita por Malavolta et al., (1989) e Silva, (1990).

No dia seguinte à coleta das folhas, realizou-se a adubação nitrogenada e potássica, nas doses de 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aplicando-se como fonte de N e de K, o sulfato de amônio e o cloreto de potássio.

Durante o desenvolvimento da cultura realizaram-se capinas manuais para que as plantas permanecessem livres de matocompetição e controle químico para o combate de pragas e doenças, aplicando-se inseticida de principio ativo Clorpirifós e fungicida Tiofanato-metílico.

Para determinação dos acúmulos de matéria seca e de nutrientes da parte aérea das plantas, coletaram-se as folhas senescentes, os racemos secos de duas plantas de cada parcela durante todo ciclo da cultura e, aos 150 dias após o transplântio, estas plantas foram cortadas

rente ao solo, e o material vegetal assim obtido foi passado em picadeira de forragem, homogeneizado e subamostrado e, posteriormente, seco em estufa de circulação forçada a 65 °C até massa constante, obtendo-se o acúmulo de biomassa e os teores de N, P, e K, conforme métodos descritos por Malavolta (1989) e Silva (1990).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, ao teste F, e para as características que apresentaram significância entre os diferentes níveis de fósforo, obtiveram-se equações de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para as concentrações de N, P, K, Ca e Mg nas folhas das duas variedades de mamona em função da adubação fosfatada encontram-se na Tabela 2. Verificou-se que os teores foliares desses nutrientes não foram influenciados pelas diferentes doses de P, havendo apenas efeito varietal para as concentrações de nitrogênio e cálcio (Tabela 3).

**Tabela 2:** Quadrados médios da análise de variância para concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas +4 da mamoneira, em função da adubação fosfatada. Rio Largo-AL, 2008.

Fonte de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg
Dose de P (P)	4	65,977 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	2,231 <sup>ns</sup>	13,839 <sup>ns</sup>	0,254 <sup>ns</sup>
Variedade (V)	1	210,493 <sup>*</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,699 <sup>ns</sup>	106,616 <sup>***</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
P x V	4	23,373 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	1,470 <sup>ns</sup>	4,000 <sup>ns</sup>	0,213 <sup>ns</sup>
Bloco	3	732,899 <sup>***</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	4,409 <sup>ns</sup>	24,040 <sup>ns</sup>	0,187 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	48,617	0,013	3,054	10,334	0,244
CV (%)		11,91	10,43	17,58	25,53	16,53

ns, \*, \*\* e \*\*\*= não significativo e significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente;

As plantas da variedade BRS 149 Nordestina apresentaram os maiores teores de nitrogênio nas folhas +4, com concentração de 60,819 g kg<sup>-1</sup>, e menor concentração de cálcio, 10,959 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que a BRS 188 Paraguaçu apresentou teor foliar de N e Ca, respectivamente, de 56,231 kg<sup>-1</sup> e 14,224 g kg<sup>-1</sup>, conforme se observa na tabela 3. Na literatura não foram encontrados trabalhos de avaliação do estado nutricional da mamoneira que permitissem comparações entre as variedades em estudo. Uma das poucas citações encontradas foi a de Malavolta et al. (1989), que relatam teores ideais de nitrogênio e de cálcio, variando, respectivamente, entre 40 a 50 g kg<sup>-1</sup> e 15 a 25 g kg<sup>-1</sup>. Lavres Junior et al. (2005) avaliando o

estado nutricional da variedade de mamona Íris, verificou que as concentrações de N e de Ca no limbo das folhas superiores foi, respectivamente, de 48,1 e 13,6 g kg<sup>-1</sup>; valores próximos aos obtidos no presente estudo.

**Tabela 3:** Médias dos teores de nitrogênio e cálcio nas folhas +4 de duas variedades de mamoneira. Rio Largo-AL, 2008.

Variedades	N		Ca	
	----- g kg <sup>-1</sup> -----			
BRS 149 Nordeste	60,819	a	10,959	a
BRS 188 Paraguaçu	56,231	b	14,224	b
Médias	58,525		12,591	
CV (%)	11,91		25,53	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Em relação à concentração dos micronutrientes nas folhas em função da adubação fosfatada verificou-se o efeito significativo apenas para o teor de ferro, não se constatando efeito varietal (Tabela 4).

**Tabela 4:** Quadrados médios da análise de variância para concentração de ferro, cobre, zinco e manganês nas folhas +4 da mamoneira em função da adubação fosfatada. Rio Largo-AL, 2008.

Fonte de variação	GL	Fe	Cu	Zn	Mn
Dose de P (P)	4	11130,929 *	0,651 <sup>ns</sup>	13,269 <sup>ns</sup>	15,645 <sup>ns</sup>
Variedade (V)	1	10579,732 <sup>ns</sup>	1,193 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>
P x V	4	3446,566 <sup>ns</sup>	3,295 <sup>ns</sup>	10,876 <sup>ns</sup>	13,467 <sup>ns</sup>
Bloco	3	5062,012 <sup>ns</sup>	2,766 <sup>ns</sup>	41,688 <sup>ns</sup>	42,506 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	3655,929	2,435	16,322	14,929 <sup>ns</sup>
CV (%)		19,94	52,15	22,10	13,35

ns,\*,\*\* e \*\*\*= não significativo e significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente;

A menor concentração de ferro foi aproximadamente 270 mg kg<sup>-1</sup>, muito superior à verificada por Lange et al. (2005) em plantas sob suprimento adequado de ferro, cerca de 40 g kg<sup>-1</sup>, assim, embora tenha-se observado efeito da adubação sobre os teores de ferro, essa variação deve ter tido pouca influência sobre a fisiologia da mamoneira. Possivelmente, a diminuição do teor de ferro nas folhas em função do acréscimo de fósforo no solo ocorreu devido à formação de fosfato ferroso, considerado, um composto de baixa mobilidade (Dechen & Nachtigall, 2006). Esse efeito também ocorre no solo, pois altas doses de P no substrato além de insolubilizar o

ferro, pode precipitá-lo na superfície das raízes, nos espaços intercelulares e no xilema (Malavolta, 1980), provocando redução na absorção e translocação desse elemento (Mengel & Kirkby, 1987; Neves et al., (2004).

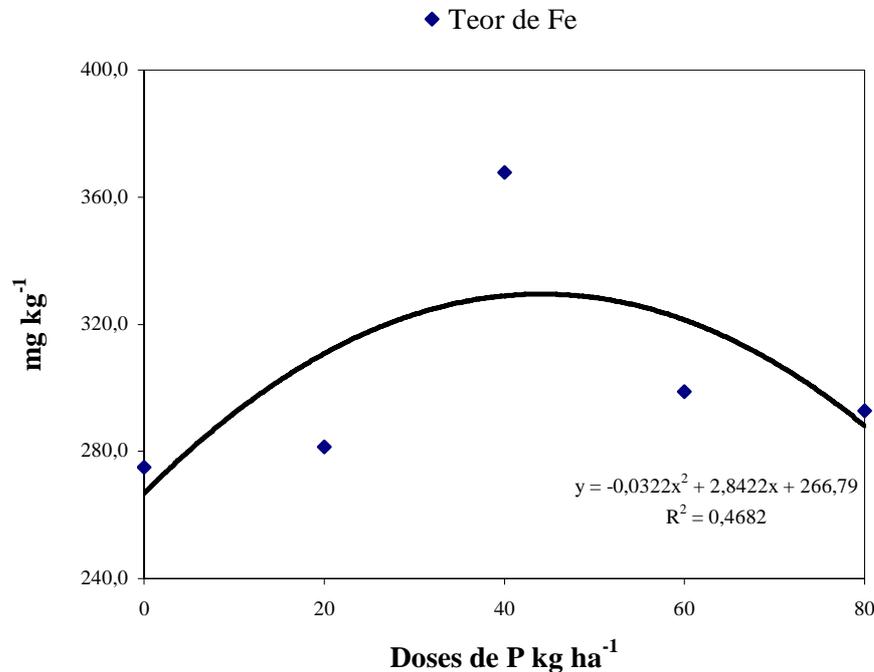


Figura 1: Concentração de Ferro na folha +4 da mamoneira em função da adubação fosfatada.

Analisando-se o acúmulo de N, P e K na parte aérea das mamoneiras submetidas a diferentes doses de fósforo, verifica-se pela análise de variância (Tabela 5) efeito linear para o acúmulo de N e quadrático para P e K, conforme se observa na figura 2, 3 e 4, respectivamente.

**Tabela 5:** Análise de variância para os acúmulos de N, P e K na parte aérea da mamoneira em função da adubação. Rio Largo-AL, 2008.

Fonte de variação	GL	N	P	K
Dose de P (P)	4	720,996 ***	19,101 ***	884,335 ***
Variedade (V)	1	1,063 ns	0,278 ns	90,815 ns
P x V	4	22,245 ns	1,472 ns	113,585 ns
Bloco	3	66,270 ns	3,857 ns	157,960 ns
Resíduo	27	68,372	1,743	81,262
CV (%)		15,40	19,75	18,68

ns, \*, \*\* e \*\*\* = não significativo e significativo ao nível de 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente;

Por outro lado, não houve efeito varietal para o acúmulo de nutrientes na parte aérea da mamoneira (Tabela 5).

O efeito linear da adubação fosfatada sobre o acúmulo de nitrogênio na parte aérea da mamoneira, deveu-se certamente a alterações na cinética enzimática da absorção de nitrato (Alves, 1994; Magalhães, 1996), decorrentes da elevação do potencial eletroquímico da membrana plasmática (Malavolta, 1980), da maior translocação e metabolismo do nitrato (Alves, 1994). Na dose máxima de fósforo, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P, as plantas acumularam 64 kg ha<sup>-1</sup> de N, entretanto, naquelas não adubadas esse acúmulo foi de 42 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2), assim, no nível máximo de adubação fosfatada, a massa de nitrogênio na parte aérea aumentou cerca de 50%. Jeschke et al. (1997) analisando o efeito da deficiência de P na assimilação e transporte de nitrato e fosfato em mamoneira, verificou que a concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva xilemática das plantas com o suprimento adequado aumentou 2,25 vezes, comparativamente as plantas crescidas em meio com baixo nível de fósforo. Esses efeitos também foram constatados em milho (Magalhães, 1996; Brasil et al., 2007) e em tomate (Groot et al., 2003).

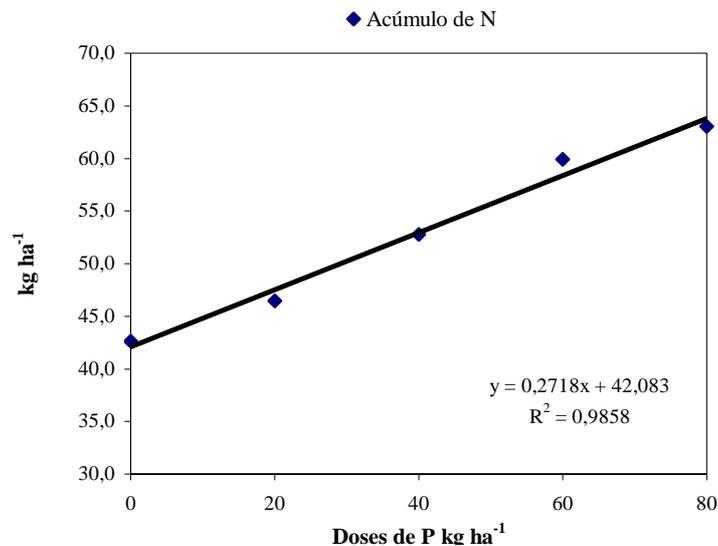


Figura 2: Acúmulo de nitrogênio em mamoneira submetida a diferentes doses de fósforo.

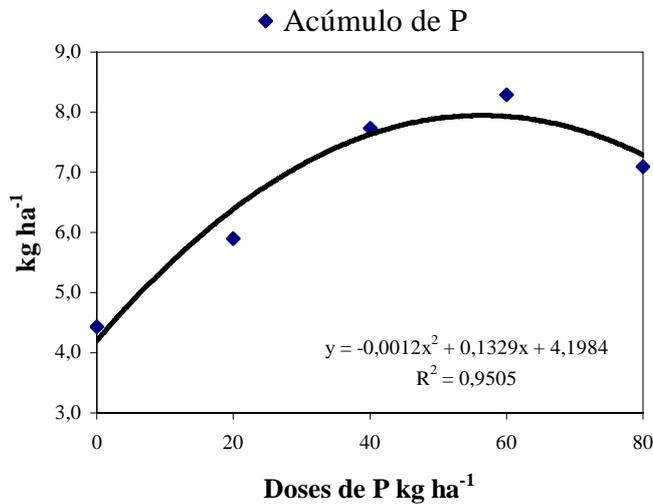


Figura 3: Acúmulo de fósforo em mamoneira submetida a diferentes doses de fósforo.

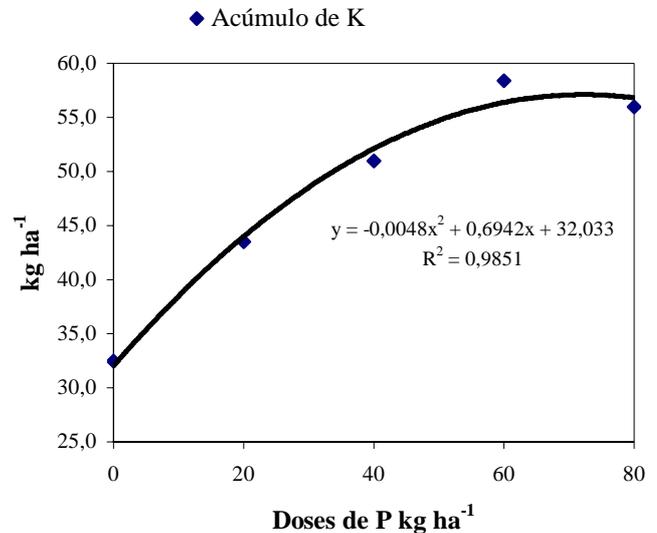


Figura 4: Acúmulo de potássio em mamoneira submetida a diferentes doses de fósforo.

A adubação fosfatada influenciou o acúmulo de P e K na biomassa da parte aérea da mamoneira, observando-se efeito quadrático (Figuras 3 e 4). Na dose de 55 kg de P ha<sup>-1</sup>, observou-se o maior acúmulo de fósforo: 7,87 kg ha<sup>-1</sup>, aproximadamente duas vezes mais do que na testemunha. Os valores máximos de acúmulo de P coincidem com os relatados por Cannechchio Filho & Freire, (1958) e Nakagawa & Neptune, (1971). Oliveira et al. (2007) desenvolvendo trabalhos com sorgo granífero, em área anexa à do presente estudo, também observou que o acúmulo de P na biomassa da parte aérea das plantas adubadas com 75 kg de fósforo por hectare foi cerca do dobro da testemunha.

## CONCLUSÕES

A adubação fosfatada influenciou no teor foliar de ferro e no acúmulo de N, P e K.

Houve efeito varietal para os teores de nitrogênio e cálcio: a BRS 149 Nordestina apresentou as maiores concentrações de nitrogênio e as menores de cálcio, quando comparadas com a variedades BRS 188 Paraguaçu.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F. de; OLIVEIRA, M. F. G. de; SANT'ANNA, R. Cinética e translocação de fósforo em híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1047-1052, jul. 1998.
- ALVES, V.M.C.; **Fração de fósforo, de açúcares solúveis e de nitrogênio em quatro híbridos de milho submetidos à omissão e ao ressuprimento de fósforo**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 106p. (Tese de Doutorado).
- AMORIM NETO, M. S.A.; ARAÚJO, A. E. ; BELTRÃO, N. E. M.; Clima e Solo In: AZEVEDO, D.M.P; LIMA, E.F. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa, Informação Tecnológica, p. 191-227, 2001.
- BRASIL, E.C.; ALVES, V.M.C.; MARRIEL, I.E.; PITTA, G.V.E.; CARVALHO, J.G. Matéria seca e acúmulo de nutrientes em genótipos de milho contrastantes quanto a aquisição de fósforo. **Ciência agrotécnica**. Lavras, v.31, n.3, p. 704-712, 2007.
- CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. *Bragantia*, v.17, p.243-259, 1958.
- DECHEN, A. R. & NACHTIGALL, G. R.; Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.327-354, 2006.
- GONÇALVES, N.P.; FARIA, M.A.V.R.; SATURINO, H.M.; PACHECO, D.D. Cultura da mamoneira. Produção de Oleaginosas para Biodiesel. **Informe Agropecuário**. v.26, n.229, p. 28-32, 2005.

- GROOT, C.C.; MARCELIS, L.F.M.; BOOGAARD, R.V.D.; KAISER, W.M.; LAMBERS, H. Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. **Plant and Soil**. v.248, p. 257-268, 2003.
- JESCHKE, W.D.; KIRKBY, E.A.; PEUKE, A.D.; PATE, J.S.; HARTUNG, W. Effects of P deficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.) **Journal of Experimental Botany**. v.48, n.306, p. 75-91, 1997.
- 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 H<sub>2</sub>O within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v.47, n.304, p. 1737-1754, 1996.
- LANGE, A.; MARTINES, A.M.; SILVA, M.A.C.; SORREANO, M.C.M.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, n.1, p. 61-67, 2005.
- LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R.M.; SILVA, M.L.S.; CORREIA, D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, n.2, p. 145-151, 2005.
- MAGALHÃES, J. V. **Absorção e translocação de nitrogênio por plantas de milho (*Zea mays* L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva**. Viçosa, MG. Dissertação de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa. 76p. 1996.
- MALAVOLTA, E.; **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. 127 p. São Paulo, Agronômica Ceres, 1992.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A; **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba. 1989.

- MENGEL, K., KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. Ed., Berne: International Potash Institute, 1987. 655 p.
- NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A.M.L. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivar Campinas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.28, p.323- 337, 1971.
- NEVES, O.S.C.; BENEDITO, D.S.; MACHADO, R.V.; CARVALHO, J.G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**. Viçosa, v-28, n.3, p. 343-349, 2004.
- OLIVEIRA, M. W.; CALHEIROS, A. S.; BARBOSA, G. V. S.; OLIVEIRA, T. B. A.; SILVA, J. V.; SILVA, P. B.; Adubação fosfatada em dois híbridos de sorgos graníferos: crescimento quantitativo e análise econômica. In: **XV Congresso brasileiro de Agrometeorologia**. Aracajú-SE. 2007.
- PARRY, M. M.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, J. G. de. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.3, p.236-242, 2008.
- SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002.
- SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, A. S. W.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.41, n.4, p. 563-568, 2006.

SILVA, D.J.; **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2ª edição. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 165p. 1990.

TEIXEIRA, L. C. Potencialidades de oleaginosas para produção de biodiesel. Produção de Oleaginosas para Biodiesel. **Informe Agropecuário**. v. 26, n. 229, p. 18-27, 2005.