



**CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
CAMPUS PATOS**

**DANÚBIA REJANE SILVA BRITO**

**EFEITO DO SUBSTRATO E FONTES DE NITROGÊNIO NO CRESCIMENTO  
INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

**Patos – Paraíba – Brasil**

**2014**

**DANÚBIA REJANE SILVA BRITO**

**EFEITO DO SUBSTRATO E FONTES DE NITROGÊNIO NO CRESCIMENTO  
INICIAL DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas**

**Patos – Paraíba – Brasil**

**2014**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSRT DA UFCG

B333d Brito, Danúbia Rejane Silva  
Efeito do substrato e fontes de nitrogênio no crescimento inicial do  
pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) / Danúbia Rejane Silva Brito. – Patos,  
2014.  
60 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal  
de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas".

Referências.

1. Manejo florestal.
2. Oleaginosas.
3. Nutrição animal.
4. Produção de mudas. I. Título.

CDU 630\*2:633.85

**DANÚBIA REJANE SILVA BRITO**

**EFEITO DO SUBSTRATO E FONTES DE NITROGÊNIO NO CRESCIMENTO  
INICIAL DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, no CSTR, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

**Aprovada em: 14 de março de 2014**

---

**Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas**

Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/ CSTR/ UFCG)  
(Orientador)

---

**Prof. Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Learth Cunha**

Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/ CSTR/ UFCG)  
(1<sup>o</sup> Examinador)

---

**Prof. Dr<sup>a</sup> Assíria Maria Ferreira da Nóbrega**

Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/ CSTR/ UFCG)  
(2<sup>o</sup> Examinador)

*A meu alicerce: pais **Agenor e Júlia**, e irmãos,  
**Daniilo Delmo e Débora**.*

*A meu irmão de coração, **Sebastião Amândio**  
(in memoriam), pessoa de caráter e bom coração.  
Amizade sincera e fiel como a sua, não é fácil de  
encontrar.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo amparo nos momentos de solidão e insegurança; e por me conceder forças para alcançar mais um objetivo.

Ao Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas, inicialmente pela disponibilidade em ser meu orientador. Pela paciência e atenção durante a execução e elaboração deste trabalho, e pela naturalidade em repassar seus ensinamentos.

A Profª Dra. Maria do Carmo L. Cunha, pela ajuda nos momentos que precisei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Campina Grande, no CSTR, pela oportunidade concedida em realizar este curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus pais, Agenor e Júlia, pela confiança. Pessoas com quem sempre pude contar, e são fonte de inspiração na busca dos objetivos que tanto almejo.

A meus irmãos, Danilo, Delmo e Débora, pela amizade e carinho, por saberem demonstrar nos momentos certos, por meio de palavras ou gestos, o quanto nós somos unidos e nos amamos muito.

A meus familiares, em especial minha vó Alzira e minha amada Maria da Paz, pela presença constante e por mostrar que a capacidade em obter o que desejamos estará sempre dentro de nós.

A Rejane Tavares Botrel, amiga que me deu força para encarar esta etapa.

Aos amigos adquiridos durante o curso, em especial: Lilian, Amanda, Sócrates e Joab, pelo apoio, amizade e respeito que sempre demonstraram. A Nara e Paulo, pessoas que sempre me atenderam cordialmente.

Obrigada!

## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 1</b>		Pg
Figura 1	Altura de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) nos diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. ♦ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); Δureia (N3); ×controle (N4).....	31
Figura 2	Média de diâmetro do coleto em plantas de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. ♦ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); Δureia (N3); ×controle (N4).....	34
Figura 3	Média do número de folhas de pinhão manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) nos diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. ♦ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); Δureia (N3); ×controle (N4).....	36
Figura 4	Área foliar média em plantas de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. ♦ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); Δureia (N3); ×controle (N4).....	38
<b>CAPÍTULO 2</b>		
Figura 1	Comprimento médio do sistema radicular e parte aérea de plantas jovens de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) cultivadas em diferentes substratos e submetidas a diferentes fontes nitrogenadas. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).....	49
Figura 2	Relação parte aérea/raiz de plantas jovens de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) cultivadas em diferentes substratos e submetidas a diferentes fontes nitrogenadas. Em que: N1- Sulfato de Amônio; N2- Nitrato de Cálcio; N3- Ureia; N4- Controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).....	50

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 1</b>		Pg
Tabela 1	Combinação dos fatores experimentais.....	27
Tabela 2	Resultados das análises químicas e físicas dos substratos utilizados no presente estudo.....	29
Tabela 3	Altura de plantas jovens de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) nos diferentes substratos e fontes nitrogenadas testadas, após 80 dias de experimento.....	30
Tabela 4	Resultados referentes ao diâmetro do coleto de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) após 80 dias de experimento.....	32
Tabela 5	Resultados referentes ao número de folhas de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.), após 80 dias de experimento.....	35
Tabela 6	Resultados referentes a área foliar de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.), após 80 dias de experimento.....	37
Tabela 7	Resultados referentes ao comprimento do sistema radicular (cm) de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) após 80 dias de experimento.....	39
Tabela 8	Resultados referentes a massa seca das folhas, caule e raízes de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) após 80 dias de experimento.....	50
Tabela 9	Relação entre a massa seca da parte aérea (PA) e de raízes (R) em mudas de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) após 80 dias de experimento.....	41
<b>CAPÍTULO 2</b>		
Tabela 1	Combinação dos fatores experimentais.....	47
Tabela 2	Análises químicas e físicas do solo utilizado na composição dos substratos utilizados no presente estudo.....	48
Tabela 3	Massa seca da parte aérea (PA) em mudas de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) após 80 dias de experimento.....	51
Tabela 4	Resultados referentes à concentração de nitrogênio (N) em plantas jovens de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas.....	51
Tabela 5	Resultados referentes à concentração de fósforo (P) em plantas jovens de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas.....	51
Tabela 6	Resultados referentes à concentração de potássio (K) em plantas jovens de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas.....	53

## SUMÁRIO

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Características Gerais sobre <i>Jatropha curcas</i> L.....	13
2.2 Principais usos de <i>Jatropha curcas</i> L.....	14
2.3 Importância do substrato para produção de mudas .....	15
2.4 Nutrição mineral.....	16
2.5 Adubação nitrogenada .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
CAPÍTULO 1 .....	23
RESUMO. ....	24
ABSTRACT .....	25
INTRODUÇÃO.....	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
CONCLUSÕES .....	41
REFERÊNCIAS .....	42
CAPÍTULO 2 .....	44
Resumo .....	45
Abstract.....	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
CONCLUSÕES .....	54
LITERATURA CITADA .....	54
APÊNDICES .....	56
APÊNDICE A – Emergência de <i>Jatropha curcas</i> L.....	57
APÊNDICE B – Cotilédones e folhas de <i>Jatropha curcas</i> L.....	58
APÊNDICE C – Altura de <i>Jatropha curcas</i> L. no início do experimento .....	59
APÊNDICE D – Altura de <i>Jatropha curcas</i> L. no final do experimento.....	60

BRITO, Danúbia Rejane Silva. **Efeito do substrato e fontes de nitrogênio no crescimento inicial de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.)**. 2014. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos – PB. 2014. 60 p.:il.

## RESUMO

O pinhão-mansão, *Jatropha curcas* L., apresenta potencialidades para produção de biodiesel fato que tem despertado o interesse dos pesquisadores na busca de mais conhecimento sobre esta oleaginosa. Objetivou-se com este trabalho, estudar o efeito de dois diferentes substratos e três fontes nitrogenadas no crescimento de mudas de pinhão-mansão. O ensaio foi conduzido durante 80 dias, em ambiente com sombreamento de 50%; os tratamentos foram dispostos em um fatorial 4 x 2, correspondendo, respectivamente, às fontes de nitrogênio e substratos e foram distribuídos de acordo com o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições. Os substratos utilizados foram: solo argiloso (S1) e solo argiloso:areia (1:1 v/v). As fontes nitrogenadas foram: sulfato de amônio (N1); nitrato de cálcio (N2); ureia (N3). Os dados referentes aos parâmetros morfológicos foram coletados quinzenalmente, e no final do experimento, as mudas foram cortadas rente ao solo, de modo a separar parte aérea e raiz. O material vegetal foi seco em estufa a 65 °C, até obter peso constante, para em seguida ser avaliados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Tanto substratos como fontes nitrogenadas influenciaram nos parâmetros morfológicos de pinhão-mansão, na fase de mudas. O substrato composto por solo argiloso e areia (1:1 v/v) garantiu melhor estabelecimento da cultura; a adubação nitrogenada influenciou na relação parte aérea/raiz. O nitrato de cálcio e a ureia tiveram influência na acumulação foliar de N, P e K; bem como foram responsáveis pelas melhores respostas morfológicas de pinhão-mansão.

Palavras-chave: Oleaginosa. Nutrição mineral. Produção de mudas.

BRITO, Danúbia Rejane Silva. **Effect of substrate and nitrogen sources on the initial growth of *Jatropha curcas* L.** 2014. Dissertation – Master’s Degree in Forest Sciences. CSTR/UFCG, Patos – PB. 2014. 60 p.:il.

### ABSTRACT

The *Jatropha curcas* L., has potentialities for biodiesel production which is a fact that has aroused the interest of researchers in searching of more knowledge about this oilseed. The objective of this work was to study the effect of two different substrates and three nitrogen sources in *Jatropha curcas* L. seedlings growth. The essay was conducted during 80 days, in 50% shade environment; the treatments were arranged in a factorial 4 x 2, corresponding, respectively, to nitrogen sources and substrates, and were distributed according to the a completely randomized design (DIC) with five replications. The substrates used were: clay soil (S1) and clay soil:sand (1:1 v/v). The nitrogen sources were: ammonium sulfate (N1); calcium nitrate (N2); urea (N3). The data relating to morphological parameters were collected every 15 days, and in the end of the experiment, seedlings were cut at ground level, so as to separate shoot and roots. The plant material was dried at 65 °C, to constant weight, and then the levels of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) were evaluated. Both substrate and nitrogen source influenced the morphological parameters of *Jatropha curcas* L. in its seedlings stage, so that the substrate composed of clay soil and sand (1:1 v/v) ensured better crop establishment, the nitrogen fertilization affected the relative shoot / root ratio. Calcium nitrate and urea influenced the foliar accumulation of N, P and K; and were responsible for the best morphological responses of the *Jatropha curcas* L.

Key words: Oilseed. Mineral nutrition. Seedlings production.

## 1 INTRODUÇÃO

Debates que abordam a interferência que o desenvolvimento humano causa à natureza são crescentes e os questionamentos feitos, em geral, buscam alternativas que minimizem impactos ao meio ambiente. Sempre é ressaltado o quanto os vegetais trazem benefícios à qualidade ambiental por garantir clima ameno, melhor qualidade do ar, fonte de alimento, melhoria nutricional e física do solo, dentre outros fatores. Em adição, o fornecimento de matéria prima, para os mais variados fins, constitui uma das principais formas de exploração dos recursos naturais vegetais.

A busca por fontes alternativas, que possam substituir ou minimizar a demanda dos combustíveis fósseis e reduzir seus efeitos negativos ao ambiente, tem sido tema de grande relevância em todo o mundo.

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma oleaginosa, pertencente à família das Euphorbiaceae, que apresenta potencialidades em suas mais variadas formas de exploração e vem despertando o interesse de inúmeros pesquisadores, por apresentar um grande potencial como produtora de óleo para biocombustíveis. Portanto, é esperado que as informações geradas em cada pesquisa fornecessem base científica que auxiliem e apontem estratégias viáveis para o manejo e exploração racional da espécie em seu manejo. Não é comum encontrar estudos referentes ao crescimento de mudas de pinhão-manso, relacionado a algum fator nutricional e, quase sempre, avaliações referentes ao comportamento desta planta têm sido feitas em sua idade adulta na fase de campo.

O fato do pinhão-manso ser uma cultura promissora torna o conhecimento sobre seu comportamento, na fase de viveiro, importante suporte técnico a ser adotado em futuras pesquisas, principalmente pelo fato de que o crescimento e a adaptação satisfatória da planta no campo dependerão do manejo adequado na fase de muda.

O substrato é um dos principais fatores responsáveis à formação de mudas de boa qualidade, independente se provenientes de métodos sexuais ou assexuais. Fornecer suporte físico suficiente para a sustentação das plantas, reter umidade adequada, garantir boa aeração, não dificultar o desenvolvimento do sistema radicular e disponibilizar nutrientes em proporções necessárias ao estabelecimento da cultura são algumas características que devem ser consideradas ao escolher o substrato.

A adubação química é a alternativa adotada quando há baixa demanda no ambiente natural ou no substrato, sendo feita na busca de disponibilizar as plantas suporte necessário

que possibilitem condições que confirmem às mesmas maiores capacidades de estabelecimento e desenvolvimento ideal. O nitrogênio (N) é essencial ao desenvolvimento de qualquer cultura. Por ser dinâmico e de fácil volatilização, lixiviação e mineralização, se faz necessária a aplicação da adubação química de N, garantindo, assim, sua presença na rizosfera, fornecendo dessa forma o desenvolvimento desejável das plantas.

Fundamentada na importância que os macronutrientes apresentam sobre os processos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos dos vegetais, as hipóteses testadas neste trabalho são de que a adição de nitrogênio via diferentes fontes, bem como a utilização de diferentes substratos, proporcionará respostas diferenciadas na morfologia de crescimento de pinhão-manso e que a acumulação dos teores de N, P e K também apresentaram influência em relação às fontes nitrogenadas e ao ambiente físico de cultivo.

Na busca de enriquecer as informações sobre esta cultura, objetivou-se nesta pesquisa estudar o efeito de dois diferentes substratos e três fontes nitrogenadas no crescimento de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Características Gerais sobre *Jatropha curcas* L.

O gênero *Jatropha* apresenta plantas herbáceas e arbustivas com, aproximadamente, 160 espécies com potencialidades para diversos usos, como: medicinal, ornamental e produtoras de óleo. O óleo de pinhão-mansão apresenta sabor ácido ou amargo e aroma forte, que ao ser ingerido em doses elevadas provocam vômitos abundantes (ALVES et al., 2008).

Pertencente à família das Euphorbiaceae, o pinhão-mansão ocorre no Brasil e apresenta característica de fácil cultivo, perenifólia, com propagação por sementes ou por vias assexuadas (COSTA et al., 2011).

De acordo com Lima et al. (2009), esta oleaginosa é originária das Américas. A ocorrência de pinhão-mansão no Brasil é dispersa. A planta é encontrada em diversas condições de solo e climas (ALVES et al., 2008) e, segundo Severino et al. (2006), desenvolve-se satisfatoriamente em regiões com precipitação pluviométrica entre 600 e 800 mm/ano.

Existem relatos de que é possível encontrar pinhão-mansão em todas as regiões do Brasil, sobretudo nos estados do Nordeste, Goiás e em Minas Gerais. Isso se dá ao fato desta cultura possuir características adaptativas a diferentes condições edafoclimáticas (PINHÃO MANSO, 2014).

O pinhão-mansão é um arbusto com até 4 m de altura, de flores pequenas com coloração amarelo-esverdeada e o fruto é capsular com 3 sementes. As sementes caracterizam-se por ser de tegumento liso e de coloração preta, o endosperma apresenta coloração branca e é rico em óleo (PINHEIRO et al., 2010). O fruto é trilobular e as sementes são ovaladas (ALVES et al., 2008).

Apresenta sistema radicular tipo pivotante, que cresce e aprofunda-se à medida que a planta vai se desenvolvendo e emitindo novas folhas. O caule é liso e com coloração esverdeada. Suas folhas são lobadas (com três ou cinco lóbulos) e alternas, apresentam coloração inicial vermelho-vinho e à medida que crescem ficam verdes, são pecioladas, suas nervuras apresentam coloração esbranquiçada (ALVES et al., 2008).

O óleo e todas as partes da planta de pinhão-mansão apresentam características altamente tóxicas, de modo que esta cultura não é recomendada para alimentação humana e

animal, ao menos que passe por um processo de desintoxificação. Assim, a produção desta oleaginosa é recomendada para fins energéticos (ARAÚJO; SOUSA, 2008).

Dados referentes a plantios de pinhão-manso na Índia informam que a potencialidade produtiva de sementes desta cultura é de 2.500 Kg/ha/ano em sequeiro e 5.000 Kg/ha/ano sob irrigação (SEVERINO et al., 2006).

## **2.2 Principais usos de *Jatropha curcas* L.**

A extração do óleo das sementes de pinhão-manso não é atividade recente. Há registros da utilização desta matéria prima na fabricação de sabão, entre os anos de 1986 e 2002 (SEVERINO et al., 2006), atividade que já teve impacto na economia doméstica da região semiárida do Brasil. O pinhão-manso apresenta cerca de 37,5% de óleo em suas sementes sendo, portanto, considerado alternativa promissora para produção de biodiesel (ARRUDA et al., 2004).

Além da utilização do óleo presente em suas sementes, o pinhão-manso apresenta outras aplicações como, por exemplo, no controle da erosão, na recuperação de áreas degradadas, na contenção de encostas de dunas e como cerca viva. É importante levar em consideração as vantagens referentes a absorver gás carbônico, na contabilização de créditos de carbono e pode ser consorciada com outras culturas. Como uso medicinal, o exudado da planta serve para curar hematomas ou feridas e suas folhas podem ser utilizadas no combate de algumas doenças de pele. O pericarpo dos frutos pode ser utilizado como briquetes na geração de energia (ALVES et al., 2008).

Na medicina popular, as sementes, as folhas e o óleo de pinhão-manso são utilizados, também, como cicatrizantes, purgantes e controlador do reumatismo. Sua torta é utilizada na agricultura ecológica por ser um composto rico em nitrogênio e ter efeito repelente para algumas pragas (AQUINO, 2009).

A torta de pinhão-manso é o resíduo das sementes utilizadas na prensagem para a extração do óleo, é um adubo orgânico que apresenta componentes químicos como o nitrogênio, fósforo e potássio (LAVIOLA et al., 2014).

Para Araújo e Sousa (2008), o pinhão-manso apresenta vantagens sobre outras oleaginosas (soja, milho, girassol, dendê e canola) cultivadas no Brasil e utilizadas para a produção de biodiesel, pelo fato da produção comercial ser voltada somente para a produção

do biodiesel, enquanto as outras culturas, anteriormente citadas, são utilizadas paralelamente na alimentação, principalmente humana.

Com produção de até cinco mil quilos de sementes por hectare, é possível extrair, aproximadamente, 2.500 litros de óleo, com rentabilidade de R\$ 4.400,00/ha (PINHÃO MANSO, 2012).

O tratamento industrial dado às sementes de pinhão-manso para a extração do óleo é semelhante ao empregado à cultura da mamona, com cozimento e posterior prensagem em prensas tipo “expeller”. Em seguida, este óleo é filtrado, centrifugado e clarificado, de modo a obter um produto livre de impurezas. Para a extração caseira, primeiro as sementes são esmagadas em pilões e depois a massa oleosa é cozida em água até a fervura, para a retirada do óleo (ALVES et al., 2008).

### **2.3 Importância do substrato para produção de mudas**

Segundo Dutra et al. (2012), a seleção do substrato deve ser considerada uma técnica silvicultural empregada no manejo de viveiro de produção de mudas arbóreas, devido à sua importância no crescimento e desenvolvimento das plantas. O substrato será o ambiente em que o material propagativo deve encontrar as condições iniciais exigidas ao seu estabelecimento e desenvolvimento. É importante e necessário conhecer diferentes tipos de substratos e o que estes podem proporcionar ao desenvolvimento dos vegetais.

O substrato apresenta papel preponderante na produção de mudas de boa qualidade e tem como principal função garantir mudas vigorosas e saudáveis, o que ocasionará respostas favoráveis na sobrevivência e desenvolvimento no campo. Silva et al. (2009) afirmam que a propagação vegetal, por meio de sementes, tem o substrato como principal fator na formação das condições ideais para emergência e desenvolvimento inicial das mudas.

A qualidade do substrato está diretamente relacionada ao fator nutricional, como também à sua composição física. É necessário, portanto, construir um ambiente que propicie boa aeração, retenção de umidade e, sobretudo, fertilidade, compatíveis com as exigências da planta na sua fase inicial de crescimento (PAULUS et al., 2011).

Blank et al. (2003) relatam que o substrato afeta o desenvolvimento das raízes e a nutrição das plantas, neste último caso em razão de uma maior ou menor oferta de nutrientes. É interessante lembrar que um substrato pode fornecer boas condições para crescimento e desenvolvimento a uma determinada espécie vegetal e quando testado com outra espécie ou

em outras condições, pode não ser igualmente eficiente, pelo fato de cada espécie apresentar comportamentos adaptativos diferenciados.

De acordo com Dantas et al. (2009), o substrato deve apresentar as seguintes características: ser leve; ter boa porosidade e capacidade de retenção de umidade; ter boa estrutura física para fixar as plantas; ser o mais puro possível, isento de patógenos, sementes e plantas daninhas; apresentar uma composição uniforme e um preço compatível com a atividade. Estas características auxiliam na escolha do substrato ideal para produção de mudas. As frações físico-químicas são formadas por partículas minerais e orgânicas, com porosidade para a ocupação com água e/ou ar; a fração biológica corresponde à matéria orgânica (FERREIRA et al., 2009).

Por fazer parte determinante no vigor, sanidade e estado nutricional das plantas em sua fase inicial de crescimento, o substrato deve possuir características adequadas. A fase de viveiro é importante no desenvolvimento das mudas e no êxito destas no campo, existindo com isso alguns fatores a serem observados nesta fase, desde o tipo de recipiente e substrato utilizado até a quantidade de água que estas mudas recebem periodicamente. A importância da qualidade física do substrato é fundamental para a planta, principalmente durante seu desenvolvimento inicial em que esta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerantes ao déficit hídrico (CUNHA et al., 2006).

Cavalcante e Resende (2007) relatam que a utilização de diferentes substratos tem sido um dos critérios adotados na obtenção de respostas, relacionadas à melhor forma de propagação e multiplicação dos mais variados tipos de espécies e comentam que a areia está entre os substratos mais utilizados em pesquisas sobre emergência e desenvolvimento de plântulas. Utilizar terra de subsolo na composição dos substratos constitui prática economicamente viável, por ser um material de fácil aquisição (SOUSA et al., 2013).

## **2.4 Nutrição mineral**

Cada nutriente exerce função no desenvolvimento de qualquer cultura, uns exigidos em maiores quantidades e outros em menores, mas todos tem seu nível de importância. Na produção de mudas de boa qualidade é essencial compatibilizar oferta com necessidade por nutrientes, de modo que buscar substratos que satisfaçam essa condição é preponderante. Conhecer as exigências nutricionais e fisiológicas do pinhão-mansão é de grande importância, tendo em vista sua empregabilidade para fins de produção de biodiesel (SILVA et al., 2010).

O vegetal não é diferente dos animais e apresenta requerimento nutricional que varia conforme o seu crescimento e desenvolvimento, de modo que o suprimento nutricional muda no decorrer da existência da planta e/ou em relação a seu estágio fenológico. Por exemplo, a taxa de acúmulo de biomassa na parte aérea dos vegetais é influenciada pelo nitrogênio, uma vez que este mineral contribui e garante o crescimento das folhas (CAMARGO et al, 2013).

O dinamismo químico do nitrogênio leva a dificuldades em sua manutenção no solo, uma vez que ocorrem perdas por volatilização, o que afeta a sua absorção pelo sistema radicular e, conseqüentemente, o impacto disto será observado no desenvolvimento da cultura. Uma alternativa de convivência com este cenário é utilizar adubação nitrogenada artificial no suprimento das exigências das culturas (FURTINI NETO et al., 2001).

A avaliação do estado nutricional das plantas pode ser conduzida por meio de verificações bioquímicas, fitotécnicas, fisiológicas, análise visual do aspecto do vegetal, análise da seiva ou, ainda, da matéria seca de órgãos e tecidos. A análise realizada nos tecidos vegetais possibilita a identificação de, no mínimo, 60 elementos (VIEIRA, 2007).

Para Faquin (2002) os principais métodos de avaliação nutricional das plantas são a diagnose visual e a diagnose foliar. A diagnose visual refere-se à comparação de alguns aspectos observados em plantas sadias com aquelas que apresentam alguma anomalia aparente na coloração, tamanho e forma das folhas. Esta análise, na maioria das vezes, é feita nas folhas por estas serem o órgão da planta mais sensível às variações nutricionais. A diagnose foliar é o processo em que se realiza a análise dos teores nutricionais presentes nas folhas, comparando-os com resultados pré-existentes.

É necessário atentar-se à fertilidade dos substratos utilizados para a produção de mudas. Tucci et al. (2009) relatam que o nitrogênio, fósforo e potássio são os principais nutrientes responsáveis ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais e que devem estar em teores mínimos desejáveis pela cultura no substrato, pois cada um deles influencia na qualidade das mudas e seu comportamento no campo, podendo reduzir a mortalidade destas.

Ao considerar a identificação visual na determinação do estado nutricional das plantas, a falta de alguns elementos apresentam as seguintes características visuais: o nitrogênio provoca clorose nas folhas, onde as folhas mais velhas são as mais afetadas; o fósforo é característico por proporcionar coloração verde azulada com ou sem amarelecimento das margens das folhas; o potássio causa clorose e necrose, tanto nas pontas como nas margens das folhas mais velhas; nas folhas novas pode ocorrer clorose internerval (FAQUIN, 2002).

## 2.5 Adubação nitrogenada

Por apresentar alta mobilidade no solo e importância no metabolismo vegetal, os estudos em torno do nitrogênio (N) têm sido intensificados com o propósito de se encontrar maior eficiência no seu uso, de modo a minimizar suas perdas no solo e melhorar a sua absorção e metabolismo celular. O uso eficiente deste nutriente está ligado ao nível de recuperação de nitrogênio pela planta. Normalmente, ao fornecer fertilizantes compostos por N menos de 50% utilizado pela cultura (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A aplicação de fertilizantes químicos no solo é uma prática comum, adotada em ambientes que apresentem uma baixa disponibilidade nutricional. Segundo Reichardt et al., (2009), pesquisas mostram que o aproveitamento pelas culturas raramente ultrapassa 60% do nitrogênio fornecido como fertilizante. Ao aplicar fertilizante nitrogenado no solo, geralmente parte desta aplicação é recuperada pelas raízes e parte aérea, uma fração fica no solo e outra parcela pode ficar imobilizada na serapilheira ou perder-se via volatilização.

O nitrogênio tem a capacidade de passar de sua forma iônica para o estado gasoso ( $\text{NO}_2$  e  $\text{N}_2$ ) e ao acontecer esta transformação este elemento é perdido do solo para a atmosfera por meio da ação da temperatura sobre a molécula. Outra forma de perda deste nutriente é por meio da lixiviação (SILVA, 2008).

A ureia ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) é umas das fontes comerciais promissoras, por ser de fácil obtenção, apresentar baixo custo, solubilidade alta e ter compatibilidade para ser misturada com outros fertilizantes (SCIVITTARO et al., 2004). Esses autores também relatam que a aplicação de nitrogênio pode ser feita nas formas químicas nítrica, amoniacal e amídica. Furtini Neto et al., (2001) relatam que a ureia é proveniente da síntese de substâncias orgânicas e este composto apresenta alto teor de nitrogênio (45%). Mesmo tendo origem orgânica, este composto apresenta todas as características de um fertilizante mineral.

Outra fonte de N é o nitrato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). Furtini Neto et al., (2001) mostram que este fertilizante mineral apresenta como desvantagem sua higroscopicidade alta; esta fonte de N é mais utilizada como adubo foliar ou em fertirrigação. Para Scivittaro et al. (2004) o nitrato de cálcio pode ser considerado como uma alternativa positiva para substituir a ureia. Embora seja uma fonte de N com custo de aquisição mais elevado, o nitrato de cálcio agrega vantagens quando comparados a ureia, como regular o pH do substrato e fornecer cálcio às plantas.

O sulfato de amônio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) tem como vantagens apresentar estabilidade química, ter baixa higroscopicidade e contar com a presença de 24% de enxofre. Sua principal desvantagem é o alto poder de acidificação (FURTINI NETO et al., 2001). Segundo Guedes et al. (2011) as plantas têm duas formas preferenciais de absorção de nitrogênio, a amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) e o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M. A.; SOLSA, A. de A.; SILVA, S. R. G. da; LOPES, G. N.; SMIRDELI, O. J.; UCHÔA, S. C. P. Pinhão-manso: uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da Amazônia brasileira. **Revista Agroambiente On-Line**. Boa Vista, v. 2, n. 1, jan/jun, p. 57-68. 2008.
- AQUINO, N. F. de. **Crescimento inicial de três procedências de *Jatropha curcas* L. inoculadas com fungos micorrízicos**. 2009. 50 p. (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon – PR. 2009.
- ARAÚJO, L. G. de; SOUSA, K. C. I. Pinhão manso para produção de biodiesel. **Revista Anhanguera**, v. 9, n. 1. jan/dez. p.95-119. 2008.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, jan-abr, 2004.
- BLANK, A. F.; BLANK, M. de F. A.; SILVA, P. de A.; TORRES, M. E. R.; MENEZES, H. J. de A. Efeito de composição de substratos na produção de mudas de quiôidô (*Ocimum gratissimum* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 1, p. 5-8, 2003.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.2, p.365-372, 2000.
- CAMARGO, R. de.; MALDONADO, A. C. D.; DIAS, P. A. S.; SOUZA, M. F.; FRANÇA, M. S. Diagnose foliar em mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) produzidas com biossólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB. v.17, n.3, p.283-290. 2013.
- CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de. Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento de mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.), facheiro (*Pilosocereus pachycladus* Ritter), xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Webwr ex. K. Schum.) Bly. Ex. Rowl.) e coroa-de-frade (*Melocactus bahiensis* Britton e Rose). **Revista Caatinga**. v. 20, n. 1, p. 28-35, 2007.
- COSTA, J. da L.; LIMA, R. P.; SILVA, A. L. L. da.; SCHEIDT, G. N.; ERASMO, E. A. L. Crescimento inicial de plantas de pinhão-manso em função do sombreamento no município de Gurupi – TO. **Revista de Biotecnologia e Biodiversidade**.V.2, n.4, p.43-47. 2011.
- CUNHA, A. de M.; CUNHA, G. De M.; SARMENTO, R. de A.; CUNHA, G. de M.; AMARAL, J. F. T. do. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de Acácia sp. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- DANTAS, B. F.; LOPES, A. P.; SILVA, F. S. da; LÚCIO, A. A.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. da L.; ARAGÃO, C. A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetida a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p. 413-423, 2009.

DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, C. R.; MASSAD, M. D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, abr-jun, 2012.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. 77p. 2002. (Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no agronegócio). Universidade Federal de Lavras – MG. 2002.

FERREIRA, M. das G. R.; ROCHA, R. B.; GONÇALVES, E. P.; ALVES, E. U.; RIBEIRO, G. D. Influência do substrato no crescimento de mudas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 677-681, 2009.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. do; RESENDE, A. V. de; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

GUEDES, M. G. M.; SILVA JÚNIOR, M. L. da; SILVA, G. R. da; SILVA, A. L. P. da; LIMA JÚNIOR, J. A. de. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de andiroba (*Carapa guianensis aublet*). **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n.12, p. 1-8, 2011.

LAVIOLA, B. G.; RODRIGUES, C. M.; MENDONÇA, S. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para aproveitamento de torta de pinhão-manso em artigo 2012**. Disponível em: <<http://www.revistaecoenergia.com.br/artigo.php?id=32>>. Acesso em: 08 abr.2014.

LIMA, R. de L. S. de; SEVERINO, L. S.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. de O.; BELTRÃO, N. E. de M.; ARRIEL, N. H. C. Crescimento e teor foliar de nutrientes em mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em substrato contendo cinco materiais orgânicos e fertilizantes mineral. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande – PB. v.13, n.1, p.29-36, jan./abr. 2009.

PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; TOFFLI, E.; PAULUS, E.; GARLET, T. M. B. Avaliação de substratos orgânicos na produção de mudas de hortelã (*Mentha gracilis* R. Br. e *Mentha x villosa* Huds.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.1, p. 90-97, 2011.

PINHÃO MANSO. **Localização e distribuição do pinhão manso – *Jatropha curcas***. Disponível em: <[http://www.pinhaomanso.com.br/jatropha\\_curcas/pinhao\\_manso/distribui%E7%E3o.html](http://www.pinhaomanso.com.br/jatropha_curcas/pinhao_manso/distribui%E7%E3o.html)>. Acesso em: 08 abr. 2014.

PINHÃO MANSO. **Pinhão manso é nova aposta para biodiesel em Campos**. ago 2008. Disponível em: <<http://www.pinhaomanso.com.br>>. Acesso em: 02 nov 2012.

PINHEIRO, J. C.; GOUDARD, N. R.; BARBOSA, N. da S. G. Impactos e benefícios ambientais, econômicos e sociais dos biocombustíveis. **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense** v. 1, p. 349-357, 2010.

REICHARDT, K.; SILVA, A. L. da; FENILLI, T. A. B.; TIMM, L. C.; BRUNO, I. P.; VOLPE, C. A. Relação entre a adubação nitrogenada e as condições hídricas do solo para um cafezal de Piracicaba, SP. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p.41-55, jan./jun. 2009.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P. de; MORALES, C. F. G.; RADMANN, E. B. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxerto de limoeiro ‘cravo’ em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal-SP, v. 26, n. 1, p. 131-135, abril, 2004.

SEVERINO, L. S.; NÓBREGA, M. B. de M.; GONÇALVES, N. P.; EGUIA, M. T. J. **Viagem a Índia para prospecção de tecnologias sobre mamona e pinhão manso**. Embrapa Algodão. Campina Grande. Documento 153, 56p., 2006.

SILVA, E. A. da; MARUYAMA, W. I.; OLIVEIRA, A. C. de; BARDIVIESSO, D. M. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 31, n. 3, p. 925-929, 2009.

SILVA, E. de B.; TANURE, L. P. P.; SOUZA, P. T. de; GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, A. C. Crescimento de pinhão-manso em neossolo quartzarênico usando a técnica do nutriente faltante. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 14, n.2, p.73-81, maio-ago, 2010.

SILVA, M. I. de L. **Acúmulo de fitomassa e componentes de produção da mamoneira em função de desfolhamento e adubação nitrogenada**. 2008. 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Area – PB. 2008.

SOUSA, W. C.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; BRITO, D. R. S.; MOREIRA, F. M. S. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortsiliquum*. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v.37, n.5, p.969-979, 2013.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009.

VIEIRA, H. **Exigências nutricionais e sintomas de deficiência de macronutrientes em plantas jovens de *Moringa oleífera* Lam.** 2007. 79 p. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB. 2007.

## **CAPÍTULO 1**

---

### **CRESCIMENTO INICIAL DE *JATROPHA CURCAS* L. EM RESPOSTA A DIFERENTES SUBSTRATOS E FONTES NITROGENADAS**

---

(Manuscrito submetido à Revista Ciência Agronômica)

1 **Crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. em resposta a diferentes substratos e**  
2 **fontes nitrogenadas**

3  
4 Initial growth of *Jatropha curcas* L. in response to different substrates and nitrogen  
5 sources

6 **RESUMO** - O pinhão-mansão, *Jatropha curcas* L., pertencente à família Euphorbiaceae,  
7 apresenta potencialidade para produção de biodiesel, fato que tem despertado o interesse dos  
8 pesquisadores, observado pelo aumento de estudos voltados a esta cultura. A presente  
9 pesquisa teve como objetivo estudar o efeito de dois substratos (S1, solo argiloso e S2, solo  
10 argiloso: areia, na proporção 1:1) e três fontes nitrogenadas (N1 – sulfato de amônio  
11  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ); N2 – nitrato de cálcio  $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$  e N3–ureia  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ), no crescimento  
12 inicial de pinhão-mansão. O ensaio foi conduzido em ambiente com sombreamento de 50%.  
13 Os tratamentos foram dispostos em um fatorial 4 x 2, correspondendo, respectivamente, às  
14 fontes de nitrogênio, controle experimental (ausência de N) e substratos. Os tratamentos  
15 foram distribuídos de acordo com o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco  
16 repetições. As condições de cultivo que apresentaram melhores resultados foram aqueles em  
17 que as mudas foram cultivadas no substrato S2, e receberam como fontes nitrogenada ureia e  
18 nitrato de cálcio.

19 **Palavras-chave:** Oleaginosa. Nutrição mineral. Produção de mudas.

20 **ABSTRACT** - The *Jatropha curcas* L., belongs to Euphorbiaceae family has potential to  
21 produce oil for biodiesel, which is a fact that has aroused the interest of researchers, as  
22 observed by the increasing of studies on this culture. The present research was aimed at  
23 studying the effect of two different substrates (S1, clay soil and S2, clay soil:sand, in 1:1  
24 proportion) and three nitrogen sources (N1 – ammonium sulfate  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ); N2 – calcium  
25 nitrate  $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ ; N3 – urea  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ), on the early growth of *Jatropha curcas* L.  
26 The assay was conducted in an environment with 50% shade. Treatments were arranged in a  
27 factorial 4 x 2, corresponding respectively to the nitrogen sources, experimental control  
28 (absence of N) and substrates. The treatments were arranged according to a completely  
29 randomized design (DCI) with five repetitions. The growth conditions that led to better results  
30 were those in which the seedlings were grown in substrate S2, and received as nitrogen  
31 sources urea and calcium nitrate.

32 **Key words:** Oilseed. Mineral nutrition. Seedlings production.

### 33 **INTRODUÇÃO**

34 O pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.), assim como a mamona e a mandioca, pertence à  
35 família das Euphorbiaceae e vem sendo difundida em diversas regiões do Brasil e do mundo  
36 por apresentar potencial como fornecedora de matéria prima para produção de biocombustível  
37 (GUIMARÃES, 2008).

38 A redução na emissão de  $\text{CO}_2$  na atmosfera é uma exigência climática e torna  
39 importante o uso e o aumento na escala de produção de biocombustíveis (Morais, 2010). O  
40 biodiesel é produzido a partir da reação de transesterificação dos óleos vegetais puros ou  
41 usados ou gordura animal (PEREIRA, 2009). Embora esta empregabilidade tenha despertado  
42 o interesse dos investigadores no sentido de se ter maior conhecimento sobre a fisiologia de  
43 crescimento do pinhão-mansão, ainda são escassas informações das necessidades nutricionais  
44 desta planta na fase de viveiro.

45 O percentual de sobrevivência no campo e a maior produtividade das culturas  
46 oleaginosas dependem diretamente da qualidade das mudas. Neste caso, a qualidade do  
47 substrato é fundamental para garantir desenvolvimento desejável em curto intervalo de tempo  
48 e com custos reduzidos (CAMARGO *et al.*, 2011). Além da importância física e biológica, a  
49 fertilidade natural de cada substrato desempenha papel igualmente importante na formação da  
50 nova planta.

51 É, portanto, necessário dar importância à fertilidade dos substratos utilizados para a  
52 produção de mudas e, segundo Tucci, Lima e Lessa. (2009), o fósforo, o potássio e,  
53 particularmente, o nitrogênio, devem estar presente no substrato, desde que influenciam na  
54 qualidade das mudas e levam a uma redução nos índices de mortalidade no campo.

55 O Pinhão-mansão é uma espécie que se adapta a solos de baixa fertilidade natural.  
56 Contudo, ao se considerar os fatores, produtividade e produção comercial, o pinhão-mansão,  
57 cultivado em solos pouco férteis, produzirá frutos para garantir apenas a perpetuação de sua  
58 espécie; por outro lado, quando o interesse é alta produtividade se faz necessário significativo  
59 aporte de insumos Oliveira (2009).

60 O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de dois diferentes substratos e  
61 três fontes de N sobre a morfofisiologia de crescimento de plantas jovens de pinhão-mansão,  
62 na fase de muda.

## 63 MATERIAL E MÉTODOS

64 O presente estudo foi conduzido entre agosto e outubro de 2012, em telado  
65 (sombreamento de 50%), localizada no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Campina  
66 Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Campus de Patos, PB, cujas coordenadas  
67 geográficas são: 7°03'32,03" S, 37°16'32,03" W e altitude de 255 m.

68 O ensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), considerando  
69 o fatorial 4 x 2, correspondendo ao controle experimental, fontes de N e aos substratos,

70 respectivamente, perfazendo 8 tratamentos (Tabela 1). Cada tratamento contou com 5  
 71 repetições. A composição individual de cada substrato foi: S1 – solo argiloso e S2 – solo  
 72 argiloso: areia na proporção 1:1, v/v. As fontes nitrogenadas utilizadas foram N1 – sulfato de  
 73 amônio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); N2 – nitrato de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O) e N3 – ureia ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> CO). O  
 74 controle experimental, N4, correspondeu a ausência da adição de N aos substratos.

75 **Tabela 1** – Combinação dos fatores experimentais

tratamentos	descrição dos tratamentos
N1S1	sulfato de amônio + solo argiloso
N1S2	sulfato de amônio + solo argiloso:areia
N2S1	nitrato de cálcio + solo argiloso
N2S2	nitrato de cálcio + solo argiloso:areia
N3S1	ureia + solo
N3S2	ureia + solo argiloso:areia
N4S1	controle experimental + solo argiloso
N4S2	controle experimental + solo argiloso:areia

76  
 77 A parcela experimental foi constituída por um vaso com uma planta e o número de  
 78 parcelas experimentais deste experimento foi determinado com base na procedência do  
 79 material propagativo utilizado que é geneticamente idêntico. As sementes utilizadas foram  
 80 previamente selecionadas com peso individual médio de 0,70g (lote 3P10), fornecidas pelo  
 81 Instituto Fazenda Tamanduá, município de Santa Terezinha, PB, local onde foi realizada a  
 82 coleta do solo argiloso utilizado na presente pesquisa.

83 A comparação das médias obtidas nos tratamentos foi feita utilizando o teste de Tukey,  
 84 ao nível de 5% de probabilidade.

85 No semeio foram utilizadas 5 sementes por vaso plástico, cada vaso apresentava  
 86 capacidade para 3,5L de substrato, com dimensões de 19cm de diâmetro na parte superior e  
 87 10,5cm na inferior e altura de 17,5cm. Decorridos 10 dias da emergência foi realizado  
 88 desbaste, de modo a deixar apenas uma planta por vaso, com base nos seguintes critérios:  
 89 maior tamanho em altura, maior diâmetro do coleto, ausência de danos mecânicos, qualidade  
 90 fitossanitária e ausência de danos provocados por insetos.

91 Durante todo o período experimental as mudas receberam regas diárias no início do dia.  
92 Quando houve necessidade, foi realizada uma rega adicional para suprir as necessidades  
93 hídricas das plantas no final da tarde. Nas irrigações foi utilizada água de abastecimento da  
94 Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) em quantidade suficiente para que a  
95 umidade do solo fosse mantida próxima à sua capacidade de campo, em todos os tratamentos.

96 A adubação nitrogenada, a exceção do controle experimental, foi aplicada via  
97 fertirrigação aos respectivos tratamentos, independente da fonte utilizada, duas vezes por  
98 semana (5mM/planta). Concomitantemente à adubação nitrogenada, procedeu-se a adubação  
99 complementar, inclusive no controle experimental, composta por micronutrientes e  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   
100 em concentrações correspondentes a 2 e 3 mM/Planta, respectivamente. Esta adubação  
101 complementar foi o critério aqui sugerido para garantir um ambiente nutricional, semelhante a  
102 todos os tratamentos.

103 Aos 30 dias após o semeio e, subsequentemente, a cada 10 dias foram avaliadas as  
104 seguintes características: altura (H), diâmetro do coleto (D), número de folhas (NF) e área  
105 foliar (AF). Decorridos 80 dias da semeadura as plantas foram cortadas rente ao solo e foram  
106 separadas em parte aérea (caule e folhas) e raízes. O material vegetal foi secado em estufa a  
107 65 °C, até peso constante para determinação do peso da massa seca total (MST), peso da  
108 massa seca da parte aérea (MSPA) e peso da massa seca das raízes (PR) (MAIA *et al.*, 2011).  
109 No momento da colheita das plantas foi também determinado o comprimento do sistema  
110 radicular (CR).

111 A avaliação dos parâmetros foi conduzida em acordo com os seguintes procedimentos:  
112 *Altura da planta* – distância entre a base ao nível do solo até a gema apical, coletada por meio  
113 de régua graduada aos 15; 25; 35; 45; 55 e 65 dias após a emergência; *Diâmetro do coleto* –  
114 obtido por meio de paquímetro digital, a uma altura de 3 cm do solo; *Número de folhas* –  
115 contagem individual do número total de folhas presentes em cada muda; *Comprimento do*

116 *sistema radicular* – medido desde o coleto até a ponta da raiz principal; procedimento feito  
 117 com uma régua graduada; *Massa seca do material vegetal (raiz, caule e folhas)* – a secagem  
 118 do material foi feita em estufa de circulação forçada a 65°C, até peso constante. *Área foliar* –  
 119 medição feita de acordo com a metodologia proposta por Severino, Vale e Beltrão (2007). A  
 120 área foliar foi obtida da seguinte forma:

$$121 \quad A = 0,84 (LW)^{0,99} \quad (1)$$

122 Onde A significa, área foliar; L, comprimento do pecíolo; W, largura da folha.

123 Amostras dos substratos utilizados no experimento foram armazenadas antes da  
 124 instalação, para análises físicas e de fertilidade (Tabela 2).

125 **Tabela 2** – Resultados das análises químicas e físicas dos substratos utilizados no presente  
 126 estudo

substrato	análises químicas								
	pH	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	T	V
	CaCl <sub>2</sub> 0,01M	mg.dm <sup>-3</sup>	-----cmol.dm <sup>-3</sup> -----						%
solo	5,95	11,9	8,9	3,0	0,15	1,3	2,5	15,9	84,2
solo:areia	5,9	5,0	3,6	1,0	0,12	0,83	2,5	8,0	68,9
substrato	granulometria g.kg <sup>-1</sup>			classificação textural (SBCS)					
	Areia	Silte	Argila						
	Solo	600	180	220	Franco argilo-arenoso				
solo:areia	740	100	160	Franco arenoso					

127 Análises realizadas no laboratório de Solos e Água (LASAG) da Universidade Federal de Campina Grande  
 128 (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Campus de Patos - PB  
 129

## 130 RESULTADOS E DISCUSSÃO

131 No presente estudo mudas de pinhão-mansão apresentaram altura média entre 18,30 e  
 132 32,10 cm, de modo a considerar um bom ganho em relação a este parâmetro durante o período  
 133 que compreende o experimento (80 dias) (Tabela 3), o rápido crescimento inicial é uma  
 134 característica de pinhão-mansão, conforme mostra alguns resultados de pesquisas (MORAIS,  
 135 2010). Constata-se que as maiores médias, em altura ( $P < 0,05$ ), ao final do período  
 136 experimental foram observadas para os tratamentos que receberam nitrato de cálcio (N2) e  
 137 ureia (N3), como fontes nitrogenadas, comparativamente ao tratamento controle e sulfato de

138 amônio (N1). Entre N2 e N3 não houve diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ). Em relação aos  
 139 substratos, se observa que as plantas apresentaram melhor desempenho em altura quando  
 140 cultivadas em S2 (solo argiloso:areia) (Tabela 3), com incrementos significativos ( $P < 0,05$ ),  
 141 se comparado a S1, quando as fontes nitrogenadas foram N1, sulfato de amônio e N3, ureia. A  
 142 combinação das características físicas e químicas dos substratos é importante para que as  
 143 plantas de pinhão-manso garantam maior crescimento (LIMA *et al.*, 2009).

144 **Tabela 3** – Altura de plantas jovens de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) nos diferentes  
 145 substratos e fontes testadas, após 80 dias de experimento

	altura (cm)	
	S1	S2
N1	23,10 bB	26,40 bA
N2	30,76 aA	32,10 aA
N3	28,00 aB	31,30 aA
N4	18,30 cA	19,70 cA

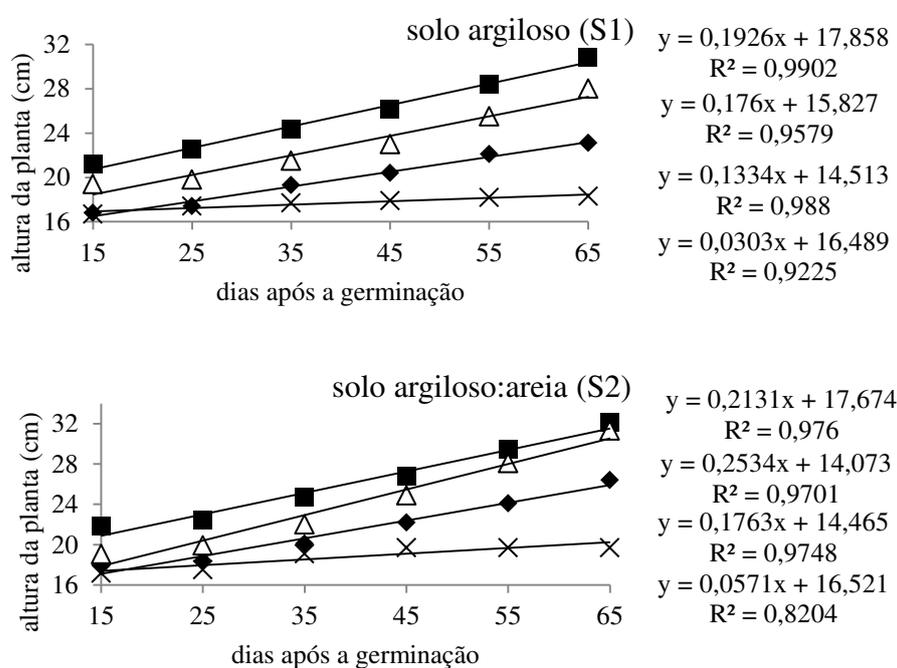
146 Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para  
 147 linha) pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de  
 148 cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).  
 149

150 Oliveira (2009), ao utilizar 2,34 g/vaso de ureia, chegou a uma altura média de  
 151 63,24 cm em pinhão-manso no final de 300 dias de experimento. De acordo com o autor, foi  
 152 registrado aumento de 81,61% em relação ao tratamento que não recebeu N.

153 No presente trabalho foi observado que o tratamento que recebeu ureia (N3) apresentou  
 154 aumento em altura de 71,04%, comparado àquele que apresentou menor altura (N4S1). Ao  
 155 comparar o tratamento N4S1 com aquele que obteve maior altura (N2S2), se constata que esta  
 156 diferença aumenta para 75,41%. É, portanto, plausível afirmar que o nitrogênio foi  
 157 preponderante no crescimento de pinhão-manso. Prates *et al.* (2012) ressaltam a importância  
 158 da altura das plantas, por ser indicador importante na sobrevivência e desenvolvimento  
 159 radicular. Guimarães (2008) também constatou importância da adubação nitrogenada para o  
 160 crescimento em altura de pinhão-manso em altura e encontrou incremento 77,89% maior que  
 161 na testemunha.

Os dados de altura do pinhão-mansão durante o período experimental se ajustaram à equação linear (Figura 1). No substrato S1 (solo argiloso) a altura das plantas de pinhão-mansão seguiu tendência semelhante, nos tratamentos com nitrato de cálcio e ureia. Para as mudas cultivadas com sulfato de amônio, bem como no controle, a resposta foi similar até o 25º dia da emergência, a partir deste ponto, as mudas cultivadas com sulfato apresentaram crescimento bem mais vigoroso.

**Figura 1** - Altura de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) nos diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. ♦ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); Δ ureia (N3); × controle (N4)



No S2 (solo argiloso:areia) as plantas de pinhão-mansão apresentaram crescimento em altura semelhante ao observado em S1 (solo argiloso). De forma geral, o nitrato de cálcio foi a fonte nitrogenada que proporcionou maior crescimento. No final do experimento a diferença do crescimento em altura entre as plantas cultivadas com ureia e nitrato de cálcio foi menor em S2 do que em S1.

Nos dois substratos utilizados (S1 e S2) é possível observar (Figura 1) que a fonte nitrogenada que induziu maiores incrementos na altura das plantas foi N2 seguida por N3, N1

179 e N4. Em adição, é observado que as maiores inclinações das retas de regressão (coeficiente  
 180 angular) para todos os tratamentos, foram observadas no S2, indicando que neste substrato o  
 181 crescimento em altura foi mais acelerado ao longo do período experimental. É, portanto,  
 182 plausível afirmar que a presença de 50% de ureia na composição do S2 favoreceu  
 183 características físicas do solo as quais levaram a uma maior eficiência do sistema radicular,  
 184 particularmente no que se refere à absorção de água e de nutrientes.

185 Lima *et al.* (2009) verificou em sua pesquisa que o pinhão-manso quando cultivado em  
 186 diferentes substratos, com ou sem a adição de fertilizante mineral, apresenta respostas  
 187 diferenciadas. Ademais, a adição de fertilizante mineral aos diferentes substratos favoreceu o  
 188 crescimento das mudas.

189 Com relação ao parâmetro diâmetro do coleto, as plantas de pinhão-manso  
 190 apresentaram respostas diferentes ( $P < 0,05$ ) para as interações fontes nitrogenadas e  
 191 substratos. No substrato composto por solo argiloso (S1) a fonte nitrogenada que induziu  
 192 maior crescimento foi o nitrato de cálcio. Por outro lado, no substrato solo argiloso: areia (S2)  
 193 os resultados para este parâmetro não foram diferentes entre as fontes nitrogenadas utilizadas  
 194 ( $P \geq 0,05$ ). O tratamento controle foi o que apresentou menor crescimento em diâmetro nos  
 195 substratos utilizados, particularmente no substrato S1 (Tabela 4).

196 **Tabela 4** - Resultados referentes ao diâmetro do coleto de pinhão-manso  
 197 (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento

	diâmetro do coleto (mm)	
	S1	S2
N1	16,21 bA	17,05 aA
N2	17,63 aA	17,96 aA
N3	15,92 bB	18,04 aA
N4	13,66 cB	15,04 bA

198 Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para  
 199 linha) pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia;  
 200 N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1)

202 Embora não tenha havido diferenças ( $P \geq 0,05$ ) entre fontes de N quando as plantas  
 203 foram cultivadas no substrato S2, é observado que o diâmetro caulinar das plantas nutridas

204 com N1, N2 e N3 foram, aproximadamente, 13,36, 19,41 e 19,95% maior que nas plantas  
205 controle. No substrato S1 a fonte N2 promoveu maior aumento que as fontes N1 e N3 e foi  
206 cerca de 30% maior que o controle experimental. Em acordo com a tendência observada no  
207 presente estudo, Guimarães (2008), ao disponibilizar adubação mineral com nitrogênio às  
208 mudas de pinhão-manso, constatou que o diâmetro caulinar das mudas foi 45,15% maior que  
209 na testemunha.

210 Oliveira (2009) também encontrou como resultado em sua pesquisa que o tratamento  
211 que fornecia maior dose de N-ureia (3,51 g/vaso) para o pinhão-manso foi o que garantiu  
212 melhor resultado em valores de diâmetro caulinar. O maior valor médio obtido foi de 52,88  
213 mm representando um aumento de 17,56% em relação ao tratamento controle.

214 Diferente do que foi constatado para altura da planta (Figura 1), o diâmetro caulinar foi  
215 praticamente insensível às fontes nitrogenadas utilizadas até os 15 dias após a emergência  
216 (Figura 2), em ambos os substratos. Costa *et al.* (2011) ao avaliar o crescimento do pinhão-  
217 manso observou que o diâmetro caulinar das mudas obtiveram efeito linear positivo durante o  
218 período experimental. Os autores salientaram, ainda, que sua representatividade começou a  
219 ser observada a partir do 14º dia após a emergência, de modo que com as primeiras coletas de  
220 dados, não é possível identificar qual tratamento garantirá melhor resultado no futuro.

221

222

223

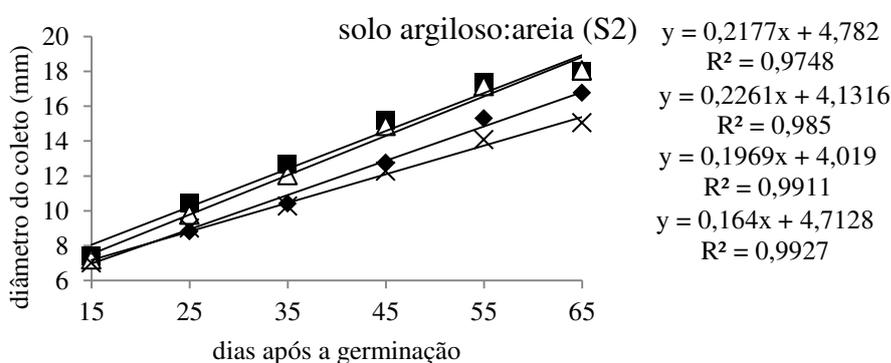
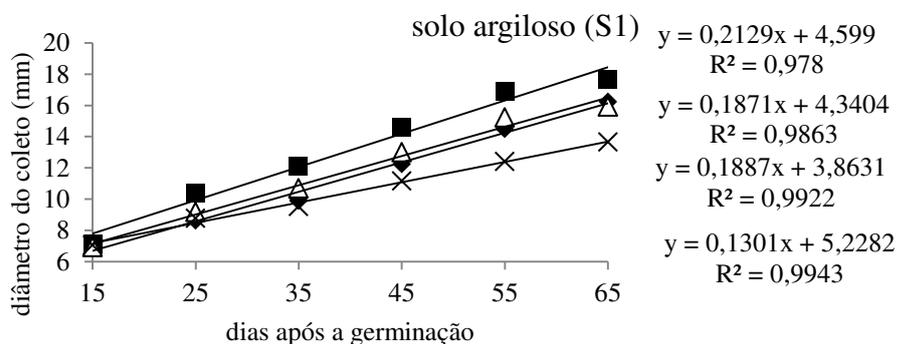
224

225

226

227

228 Figura 2: Média de diâmetro do coleto em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)  
 229 cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento.  
 230 ◆ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); ▲ ureia (N3); × controle (N4)



243 **Tabela 5** - Resultados referentes ao número de folhas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.),  
 244 após 80 dias de experimento

	número de folhas	
	S1	S2
N1	11,80 bB	13,40 bA
N2	15,00 aA	15,80 aA
N3	12,80 bB	16,20 aA
N4	6,20 cB	8,20 cA

245 Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para  
 246 linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de  
 247 cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1)  
 248

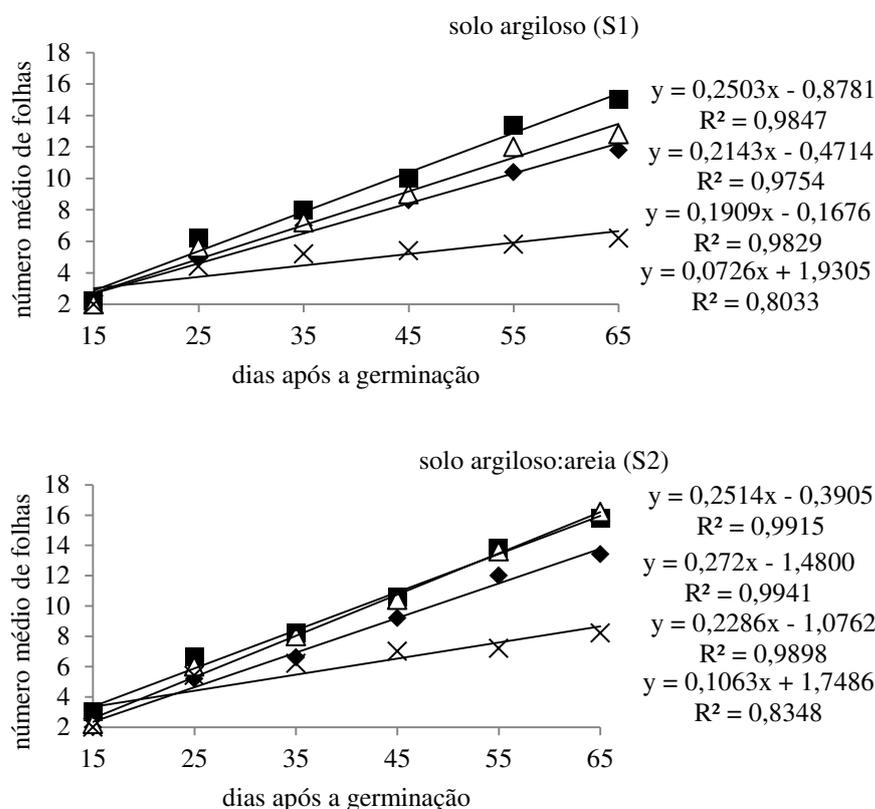
249 Os tratamentos N3S2, N2S2 e N2S1 foram os que proporcionaram melhor desempenho  
 250 do pinhão-manso em relação ao número de folhas. As mudas cultivadas no S2 obtiveram, em  
 251 termos relativos, mais folhas do que aquelas cultivadas no S1, com exceção do tratamento que  
 252 recebeu nitrato de cálcio. Assim, com relação a esta fonte de N, não houve efeito significativo  
 253 ( $P \geq 0,05$ ) entre os tipos de substrato (Tabela 5).

254 As plantas cultivadas com nitrato de cálcio (N2) no S1 e S2 apresentaram incrementos  
 255 141,94 e 92,68% maiores ( $P \geq 0,05$ ) que as plantas dos seus respectivos controles. Em termos  
 256 comparativos, os valores para número de folhas no substrato S2 foram maiores que no  
 257 substrato S1, o que reforça o efeito positivo das melhores condições físicas do S2.

258 Segundo Oliveira (2009), a ureia na dose 2,34 g/vaso garantiu valor médio de 29,33  
 259 unidades de folhas/planta de pinhão-manso, este valor representou aumento de 89,59% em  
 260 relação ao controle. Ainda nesta linha, Morais (2010) ao avaliar soluções nutritivas com  
 261 diferentes concentrações de N e demais nutrientes essenciais sobre o crescimento do pinhão-  
 262 manso, sugere que o aumento no número de folhas é proveniente do aumento na concentração  
 263 de íons nutrientes no ambiente das raízes. Nas diferentes épocas de contagem, o número de  
 264 folhas para todos os tratamentos apresentou tendência de incremento linear (Figura 3), com  
 265 especial destaque para a ureia que foi tão eficiente quanto o nitrato de cálcio no substrato 2.

266

267 **Figura 3** - Média do número de folhas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) nos diferentes  
 268 substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. ♦ sulfato de amônio (N1);  
 269 ■ nitrato de cálcio (N2); Δ ureia (N3); × controle (N4)



270

271 As plantas que exibiram maior área foliar foram àquelas cultivadas no substrato S2,  
 272 nutridas com nitrato de cálcio (N2) e ureia (N3), entre estas duas fontes nitrogenadas, no  
 273 substrato 2 (S2), não houve diferença ( $P < 0,05$ ). No substrato S1 o tratamento que recebeu  
 274 nitrato de cálcio foi o que apresentou maior resultado absoluto (Tabela 6). A área foliar é uma  
 275 característica importante, pois o aumento da taxa fotossintética está relacionado a este  
 276 parâmetro, o que pode auxiliar o rápido estabelecimento das mudas quando transplantadas  
 277 (D'Oliveira *et al.*, 2013).

278

279

280

281 **Tabela 6** - Resultados referentes a área foliar de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), após 80  
 282 dias de experimento

área foliar (cm <sup>2</sup> )		
	S1	S2
N1	56,96bcA	63,18 bA
N2	66,75 aA	67,17abA
N3	66,06abB	75,08 aA
N4	47,25 cB	58,02 bA

283 Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para  
 284 linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de  
 285 cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1)  
 286

287 Como já constatado, para o número médio de folhas das plantas fertilizadas com ureia  
 288 no substrato 2 (Tabela 5), ao levar em consideração apenas esta fonte nitrogenada o substrato  
 289 2 também foi o que promoveu maior incremento absoluto no valor médio de área foliar para o  
 290 pinhão-manso (Tabela 6). Este aumento representou um incremento de 13,65% em relação às  
 291 plantas cultivadas no S1, com a mesma fonte nitrogenada.

292 Quando se observa a evolução da área foliar ao longo do período experimental, a análise  
 293 mostrou clara tendência quadrática para esta variável, independente da fonte nitrogenada e do  
 294 substrato utilizado (Figura 4). Aos 35 dias há, nitidamente, um ponto de máximo com  
 295 posterior redução na área foliar os 55 dias. Este comportamento foi atípico e pode ser  
 296 explicado pela ocorrência de senescência foliar.

297

298

299

300

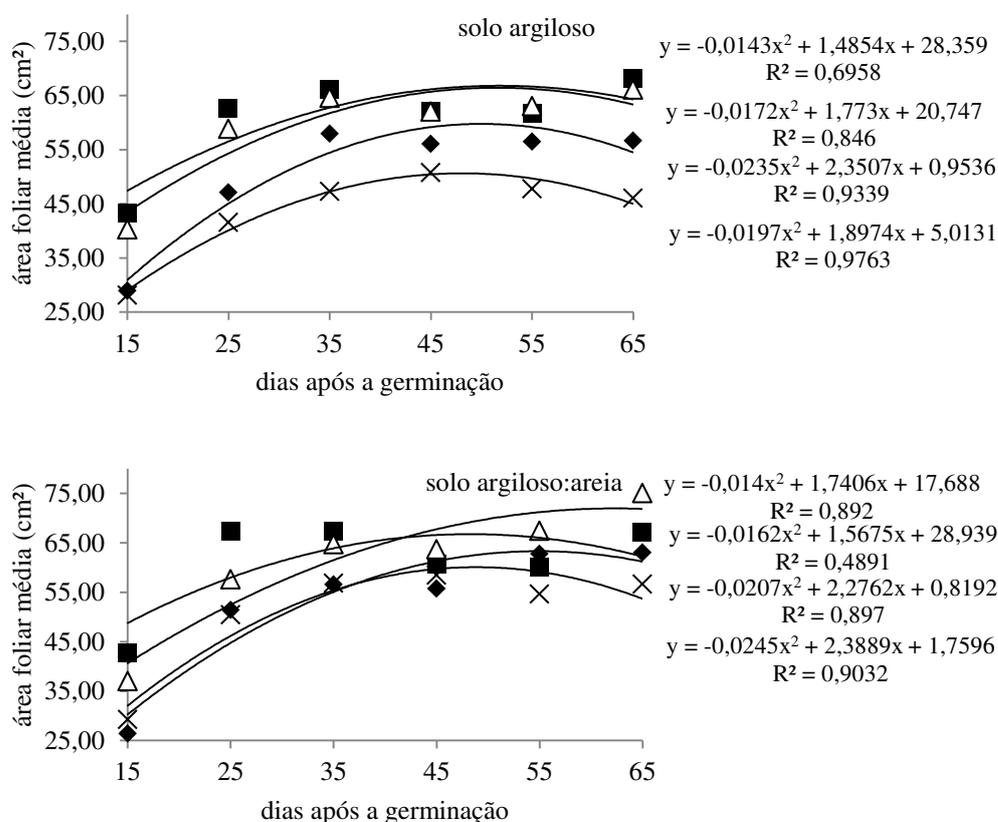
301

302

303

304

305 **Figura 4** - Área foliar média em plantas de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em  
 306 diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. ◆ sulfato de  
 307 amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); Δ ureia (N3); × controle (N4)



308

309 Albuquerque *et al.* (2009) constataram que o ponto de maior expansão de área foliar do  
 310 pinhão-mansó ocorreu após 90 dias de sua emergência, com redução aos 150 dias. Para estes  
 311 pesquisadores, o resultado em relação a esta redução não é de causar estranheza já que o  
 312 pinhão-mansó é uma planta caducifólia. Assim podemos considerar que na presente pesquisa  
 313 a senescência foliar foi precoce em algumas plantas.

314 A área foliar e, em consequência, a produção de biomassa, é influenciada pela  
 315 disponibilidade de nitrogênio no substrato. Por outro lado, a efetiva eficiência da planta em  
 316 relação ao uso de N depende em grande extensão da qualidade do substrato. Neste caso, o  
 317 substrato S2, pelos resultados discutidos, foi o que propiciou melhores condições para a  
 318 expansão foliar na muda.

319 Em pesquisa realizada por Oliveira (2009), a maior área foliar obtida foi de 633,01 cm<sup>2</sup>  
 320 ao utilizar ureia e representou aumento de 43,38% em relação ao controle. Ao se comparar os  
 321 resultados encontrados nesta pesquisa entre o melhor tratamento (N3S2) e aquele que obteve  
 322 menor resposta (N4S1), se verifica que o primeiro foi maior que o segundo em  
 323 aproximadamente 58,90%.

324 Foram observados resultados diferentes para as variáveis encontradas e discutidas nos  
 325 itens anteriores, contudo, para o comprimento do sistema radicular os resultados apontam para  
 326 insensibilidade ( $P \geq 0,05$ ) deste parâmetro com relação aos substratos e fontes nitrogenadas  
 327 (Tabela 7). De forma diferente, Guimarães (2008) observou que a ureia contribuiu para  
 328 crescimento do sistema radicular.

329 **Tabela 7** - Resultados referentes ao comprimento do sistema radicular (cm) de pinhão-manso  
 330 (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento

	comprimento do sistema radicular (cm)	
	S1	S2
N1	33,60 aA	30,40 aA
N2	33,40 aA	28,20 aA
N3	28,20 aA	33,60 aA
N4	26,20 aA	31,80 aA

331 Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para  
 332 linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de  
 333 cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1)  
 334

335 É sugerido que o tamanho dos vasos utilizados neste estudo limitou o crescimento  
 336 longitudinal do sistema radicular sem, contudo, interferir na sua capacidade funcional. A  
 337 utilização de recipientes de maiores dimensões pode proporcionar maior ganho em  
 338 crescimento do sistema radicular para mudas de pinhão-manso.

339 Os resultados obtidos para massa seca de folhas, caules e raízes mostram que tanto as  
 340 fontes nitrogenadas como os substratos influenciaram estes parâmetros (Tabela 8). De forma  
 341 geral, as massas secas das folhas das plantas de pinhão-manso, no substrato S1, foram  
 342 menores que no substrato S2 e dentro do S2 as fontes nitrogenadas que garantiram melhores  
 343 resultados foram nitrato de cálcio (N2) e ureia (N3).

344 **Tabela 8** - Resultados referentes a massa seca das folhas, caule e raízes de pinhão-mansó  
 345 (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento

	massa seca (g)					
	folha		caule		raiz	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
N1	3,2560 cB	4,6640 bA	5,4280 bA	5,9280 bA	2,8320 aA	2,5520 bA
N2	5,2920 aB	6,3580 aA	8,3120 aA	8,3420 aA	3,2300 aB	4,0920 aA
N3	4,0640 bB	6,3320 aA	5,6560 bB	7,8560 aA	2,7240 aB	3,9660 aA
N4	1,3780 dB	2,5140 cA	3,5760 cA	4,2860 cA	1,8880 bA	2,2780 bA

346 Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para  
 347 linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de  
 348 cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1)

349

350 Para a massa seca do caule houve diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre substratos na  
 351 presença de N3. Se observa que estas diferenças para massa seca do caule foram mais  
 352 perceptíveis dentro de cada substrato (Tabela 8); nos dois substratos, as fontes nitrogenadas  
 353 que promoveram maior acúmulo de massa seca do caule foram nitrato de cálcio nos dois  
 354 substratos e ureia no S2.

355 Mesmo não havendo diferenças significativas ( $P \geq 0,05$ ) no comprimento radicular  
 356 (Tabela 7), a massa seca das raízes não seguiu este mesmo padrão de comportamento (Tabela  
 357 8) e, neste caso, foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para massa seca  
 358 acumulada nas raízes entre os tratamentos testados, em que as plantas que receberam a adição  
 359 de nitrato de cálcio (N2) e ureia (N3) responderam de forma diferente ao considerar os dois  
 360 diferentes substratos. Este fato sugere que com a restrição no crescimento da raiz pivotante o  
 361 crescimento radicular axial foi privilegiado.

362 A relação massa seca parte aérea/raízes foi maior nos tratamentos que receberam N e  
 363 entre estes o destaque foi para o sulfato de amônio, no substrato 2 e para o nitrato de cálcio,  
 364 no substrato 1 (Tabela 9). Em todos os casos a relação foi sempre maior que 1, o que indica  
 365 que nas condições do presente estudo a acumulação de massa seca na parte aérea das plantas  
 366 de pinhão-mansó foi mais intensa que nas raízes.

367

368 **Tabela 9** - Relação entre a massa seca da parte aérea (PA) e de raízes (R) em mudas de  
 369 pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento

relação massa seca PA/R		
	S1	S2
N1	3,09 bcB	4,19 aA
N2	4,23 aA	3,64 abB
N3	3,58 abA	3,59 abA
N4	2,69 cA	3,02 bA

370 Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para  
 371 linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de  
 372 cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1)  
 373

374 Semelhante ao encontrado na presente pesquisa, Maia *et al.* (2011) observou que mudas  
 375 em estágio inicial de crescimento apresentaram maior ganho em massa para a parte aérea do  
 376 que para as raízes.

377

378

### CONCLUSÕES

379 1. O substrato S2, composto por solo argiloso e areia (1:1 v/v) foi o que proporcionou  
 380 melhores condições para o crescimento/desempenho do pinhão-manso;

381 2. Para todos os parâmetros estudados, o nitrato de cálcio e a ureia, foram as fontes  
 382 nitrogenadas que garantiram melhores respostas às mudas de pinhão-manso.

383

## REFERÊNCIAS

- 384
- 385 ALBUQUERQUE, F. A. *et al.* Análise de crescimento inicial de *Jatropha curcas* em  
386 condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas**. Campina grande. v.13,  
387 n.3, p. 99-106. set/dez. 2009.
- 388 CAMARGO, R. *et al.* Avaliação de substratos para a produção de mudas de pinhão-mansó  
389 em sacolas plásticas. **Revista Trópica**. Ciências Agrárias e Biológicas. v.5, n.1, p.31. 2011.
- 390 COSTA, J.*et al.* Crescimento inicial de plantas de pinhão-mansó em função do sombreamento  
391 no município de Gurupi – TO. **Revista de Biotecnologia e Biodiversidade**.V.2, n.4, p.43-47.  
392 2011.
- 393 D’OLIVEIRA, P. S. *et al.* Crescimento de mudas de pinhão-mansó influenciado pelo tipo dos  
394 recipientes e composição dos substratos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa,  
395 v.7, n.1, p.13-18, mar. 2013.
- 396 FREIBERGER, M. B. **Crescimento inicial e nutrição do pinhão-mansó em função de**  
397 **NPK**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –Faculdade de Ciências  
398 Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu - SP, 2012.
- 399 GUIMARÃES, A. de S. **Crescimento inicial do pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) em**  
400 **função de fontes e quantidades de fertilizantes**. 2008. 92 f. Tese (Doutorado em  
401 Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB, 2008.
- 402 LIMA, R. de L. S. *et al.* Crescimento e teor foliar de nutrientes em mudas de pinhão-mansó  
403 (*Jatropha curcas* L.) em substratos contendo cinco materiais orgânicos e fertilizante mineral.  
404 **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v. 13, n.1, p.29-36,  
405 jan./abr. 2009.
- 406 MAIA, J. T. L. S.*et al.* Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento de pinhão-  
407 mansó. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.2, p.174-179, abr.-jun., 2011.

- 408 MORAIS, D. L. de. **Impacto da nutrição mineral no crescimento do pinhão-mansô**  
409 **(*Jatropha curcas* L.)**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -  
410 Universidade Federal de Campina Grande, Patos - PB, 2010.
- 411 OLIVEIRA, S. J. C. **Componentes de crescimento do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.)**  
412 **em função da poda e adubação química**. 2009. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) –  
413 Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia – PB, 2009.
- 414 PEREIRA, C. de S. S. **Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo do pinhão-**  
415 **mansô (*Jatropha curcas* L.)**. 2009. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) -  
416 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ. 2009.
- 417 PRATES, F. B. de S. *et al.* Crescimento de mudas de pinhão-mansô em resposta a adubação  
418 com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n.2, p. 207-  
419 213, abr.-jun., 2012.
- 420 SEVERINO, L. S.; VALE, L. S. do; BELTRÃO, N. E. de M.A. Simple method for  
421 measurement of *Jatropha curcas* leaf area. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**.  
422 Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 9-14, jan./abr. 2007.
- 423 TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas  
424 de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 289-294,  
425 2009.

## **CAPÍTULO 2**

---

### **AVALIAÇÃO NUTRICIONAL EM MUDAS DE *JATROPHA CURCAS* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E FONTES DE N**

---

(Manuscrito submetido à Revista Brasileira de Ciências Agrárias)

## **Avaliação nutricional em mudas de *Jatropha curcas* L. cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas**

### **Resumo**

O presente estudo teve como objetivo avaliar a acumulação de N, P e K em mudas de pinhão-mansão em resposta ao cultivo em diferentes substratos e fontes de nitrogênio. O ensaio foi conduzido em ambiente com sombreamento de 50%. Os tratamentos foram dispostos em um fatorial 4 x 2, correspondendo, respectivamente, às fontes de nitrogênio e substratos e foram distribuídos de acordo com o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições. Os substratos utilizados foram: solo argiloso (S1) e solo argiloso:areia (1:1 v/v). As fontes nitrogenadas foram: sulfato de amônio (N1); nitrato de cálcio (N2); ureia (N3); Sem adição de N (N4). Após 80 dias de semeadura o material vegetal foi seco em estufa a 65 °C, para análises químicas. Observou-se que a adubação nitrogenada influenciou na relação parte aérea/raiz e o acúmulo de N nos tecidos foliares foi maior no tratamento que recebeu como fonte de nitrogênio, o nitrato de cálcio. A concentração de P e K foi favorecida tanto pelo nitrato de Cálcio como pela ureia.

Palavras-chave: oleaginosa, adubação mineral, absorção de nutrientes

## **Nutritional assessment in *Jatropha curcas* L. seedlings of grown in different substrates and nitrogen sources**

### **Abstract**

This study aimed to evaluate N, P e K accumulation in *Jatropha curcas* L cultivation in response to different substrates and nitrogen sources. The essay was conducted in an environment with 50% of shade. The treatments were arranged in a factorial 4 x 2, corresponding, respectively, to the sources of nitrogen and substrates, and were distributed according to a completely randomized design (DIC) with five replications. The substrates used were: clay soil, and clay soil:sand (1:1 v/v). The nitrogen sources were: ammonium sulfate (N1); calcium nitrate (N2); urea (N3); without adding N (N4). After 80 days of grown the seedling material was dried at 65° C for chemical analysis. It was observed that nitrogen fertilization influenced the relation shoot / root ratios and the N accumulation in leaf tissues was higher in treatments at which nitrogen source was calcium nitrate. P and K concentration was favored by calcium nitrate and urea as well.

Key words: oilseed, mineral fertilization, nutrient absorption

## INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) tem como característica ser produtora de óleo e adaptável a várias regiões do Brasil. Este potencial e adaptabilidade garante a esta Euphorbiaceae incentivos por ser alternativa ao fornecimento de matéria prima para a fabricação de biodiesel (Guimarães, 2008). Para Albuquerque et al. (2009) os biocombustíveis são pouco poluentes e esta característica, atrelada ao fato de ser uma fonte renovável, agrega valor a esta alternativa particularmente por ser substitutiva aos combustíveis fósseis.

Além da utilização do óleo presente em suas sementes, o pinhão-manso apresenta outras funções como plantio com o objetivo de controlar a erosão, recuperar áreas degradadas, contenção de encostas de dunas e como cercas vivas (Alves et al., 2008).

O cultivo desta oleaginosa pode ser realizado tanto em grande escala como na agricultura familiar. As exigências nutricionais para esta cultura podem ser consideradas como mínimas, levando em conta a sua sobrevivência. A alta produtividade do pinhão-manso vai depender, em grande parte, das condições de clima e solo, assim como do uso de insumos agrícolas, como os fertilizantes químicos (Oliveira, 2009).

Para Moraes (2010), a produtividade do vegetal se relaciona com inúmeros fatores como, por exemplo, solo, clima e a genética da planta. A interação destes fatores é considerada específica para cada local em particular e determina o nível de produtividade da cultura.

Pesquisas pioneiras sobre esta cultura mostram que a taxa de crescimento é considerada alta e que o Nitrogênio é tido como o nutriente mais requerido em sua fase de muda (Freiberger, 2012). Para Furtini Neto et al. (2001), dentre os macronutrientes a exigência nutricional pelas plantas tem o Nitrogênio como aquele exigido em maior quantidade. Este nutriente também se destaca por apresentar um dinamismo acentuado no solo, podendo ser resultado de sua mobilidade e está presente em reações mediadas por microrganismos.

O nitrogênio é constituinte em vários componentes da célula vegetal, tendo como exemplo os aminoácidos e os ácidos nucléicos. Sua deficiência inibe o crescimento vegetal, com acentuada clorose nas folhas, principalmente nas mais velhas (Silva, 2008).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os possíveis efeitos de fontes de N e substratos sobre a acumulação foliar de N, P e K em plantas jovens de pinhão-mansão na fase de viveiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido entre agosto e outubro de 2012, telado (sombreamento de 50%), localizado no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Campus de Patos, PB, cujas coordenadas geográficas são: 7°03'32,03" S, 37°16'32,03" W e altitude de 255 m.

O ensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), considerando o fatorial 4 x 2, correspondendo ao controle experimental e fontes de N e aos substratos, respectivamente, perfazendo 8 tratamentos (Tabela 1), cada com 5 repetições. A composição individual de cada substrato foi: S1 – solo argiloso e S2 – solo argiloso: areia na proporção 1:1, v/v. As fontes de nitrogênio utilizadas foram: N1 – sulfato de amônio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); N2 – nitrato de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O) e N3 – ureia ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> CO). O controle experimental N4 correspondeu a ausência da adição de N aos substratos.

Tabela 1: Combinação dos fatores experimentais

tratamentos	descrição dos tratamentos
N1S1	sulfato de amônio + solo argiloso
N1S2	sulfato de amônio + solo argiloso:areia
N2S1	nitrato de cálcio + solo argiloso
N2S2	nitrato de cálcio + solo argiloso:areia
N3S1	ureia + solo
N3S2	ureia + solo argiloso:areia
N4S1	controle experimental + solo argiloso
N4S2	controle experimental + solo argiloso:areia

A parcela experimental foi constituída por um vaso com uma planta. O número de parcelas experimentais deste experimento foi determinado com base na procedência do material reprodutivo utilizado, que é geneticamente melhorado. As sementes utilizadas foram previamente selecionadas com peso individual médio de 0,70g (lote 3P10), fornecidas pelo Instituto Fazenda Tamanduá, município de Santa Terezinha, PB.

No semeio foram utilizadas 5 sementes por vaso plástico, cada vaso apresentava capacidade para 3,5L de substrato, com dimensões de 19cm de diâmetro na parte

superior e 10,5 cm na inferior e altura de 17,5cm. Decorridos 10 dias da emergência, foi realizado desbaste de modo a deixar apenas uma planta por vaso, com base em: maior tamanho em altura, maior diâmetro do coleto, ausência de danos mecânicos e ausência de sinais visíveis de patógenos.

Durante todo o período experimental as mudas receberam regas diárias e sempre no início do dia. Quando houve necessidade, foi realizada uma rega adicional para suprir as necessidades hídricas das plantas no final da tarde. Nas irrigações foi utilizada água de abastecimento da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) em quantidade suficiente para que a umidade do solo fosse mantida próxima à sua capacidade de campo.

A adubação nitrogenada, à exceção do controle experimental, foi aplicada via fertirrigação aos respectivos tratamentos, independente da fonte utilizada, duas vezes por semana (5mM/planta). Concomitantemente à adubação nitrogenada, procedeu-se a adubação complementar, inclusive no controle experimental, composta por micronutrientes e  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  em concentrações correspondentes a 2 e 3 mM/Planta, respectivamente. Esta adubação complementar foi o critério aqui sugerido para garantir um ambiente nutricional, semelhante a todos os tratamentos.

Decorridos 80 dias da semeadura, as mudas foram cortadas rente ao solo e foram separadas em parte aérea (caule e folhas) e raízes, o material vegetal foi seco em estufa a 65 °C até peso constante, para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Amostras dos substratos utilizados no experimento foram retiradas antes de sua instalação, para análises físicas e de fertilidade (Tabela 2). Foram tomados também a altura da parte aérea e o comprimento das raízes.

Tabela 2: Análises químicas e físicas do solo utilizado na composição dos substratos utilizados no presente estudo

Análises Químicas									
Substrato	pH	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	T	V
	CaCl <sub>2</sub> 0,01M	mg.dm <sup>-3</sup>	-----cmol.dm <sup>-3</sup> -----						
solo	5,95	11,9	8,9	3,0	0,15	1,3	2,5	15,9	84,2
solo:areia	5,9	5,0	3,6	1,0	0,12	0,83	2,5	8,0	68,9
Análises Físicas									
Substrato	Granulometria g.kg <sup>-1</sup>			Classificação Textural (SBCS)					
	areia	silte	Argila						
Solo	600	180	220	Franco argilo-arenoso					
solo:areia	740	100	160	Franco arenoso					

Análises realizadas no Laboratório de Solos e Água (LASAG) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Campus de Patos-PB.

As análises químicas das folhas seguiram recomendações de Malavolta (1989). As folhas foram submetidas à digestão nítrico-perclórica, de modo a serem determinados os teores de P e K. Já para a determinação de N, o material foliar foi submetido à digestão sulfúrica.

A comparação das médias dos tratamentos foi feita utilizando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No final do período experimental as plantas de pinhão-manso que receberam adubação nitrogenada, cultivadas no substrato S2, obtiveram respostas distintas com relação ao crescimento da parte aérea. O maior comprimento médio foi de 32,1 cm (N2S2), enquanto que 18,3 cm (N4S1) foram o menor. Com isso é possível afirmar que o tratamento N2S2 superou N4S1 em 75,41% (Figura 1). Oliveira & Beltrão (2010), ao disponibilizar adubação nitrogenada para mudas de pinhão-manso, encontraram resultados semelhantes aos encontrados na presente pesquisa, onde o incremento observado em altura das plantas que receberam nitrogênio superou o controle experimental em 81,61%.

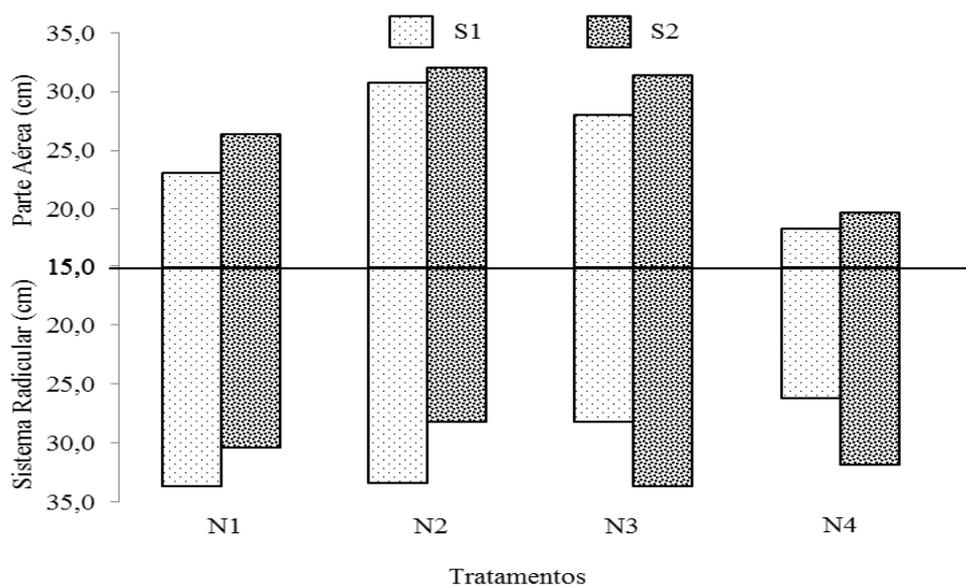


Figura 1: Comprimento médio do sistema radicular e parte aérea de plantas jovens de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em diferentes substratos e submetidas a diferentes fontes nitrogenadas. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1)

O sulfato de amônio (N1) foi a fonte nitrogenada que proporcionou o menor incremento no comprimento médio da parte aérea das plantas de pinhão-mansão (Figura 1). De forma geral, os menores acréscimos no comprimento da parte aérea foram observados nas plantas cultivadas em S1, particularmente naquelas que não receberam fonte adicional de nitrogênio (N4S1). Neste tratamento, a altura média foi de 18,3 cm na parte aérea e de 26,2 cm no sistema radicular.

Para Moraes (2010), um dos mais relevantes fatores a ser levado em consideração na avaliação das condições ótimas de cultivo para mudas de pinhão-mansão é a relação entre o crescimento da parte aérea e raízes.

Na figura 2 encontra-se a relação parte aérea, raízes das plantas de pinhão-mansão, tomado ao final de experimento, 80 dias. É possível observar que as plantas cultivadas no S1 (solo argiloso) e submetidas às fontes nitrogenadas, nitrato de cálcio e ureia, foram as que apresentaram maior equilíbrio em relação a partição de fotoassimilados, uma vez que apresentaram valores próximo a 1,0 com 0,97 e 1,01, respectivamente. O que significa que o crescimento da parte aérea e das raízes foi igualmente contemplado pela oferta de fotoassimilados.

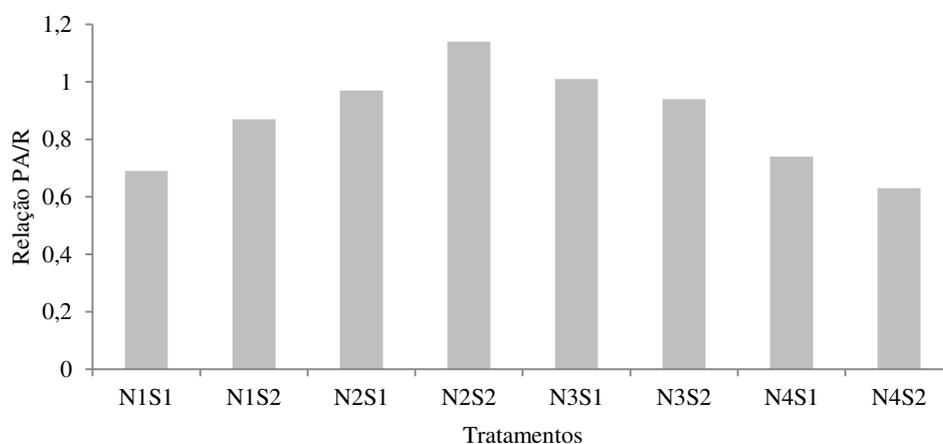


Figura 2: Relação parte aérea/raiz de plantas jovens de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em diferentes substratos e submetidas a diferentes fontes adicionais de nitrogênio. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1)

A maior relação para parte aérea e raízes encontradas neste experimento foi de 1,14 (N2S2). Neste caso, se conclui que houve maior crescimento da parte aérea em relação ao sistema radicular (Figura 2). Em pesquisa realizada por Moraes (2010) o resultado foi semelhante ao aqui exposto, em que a oferta de nutrientes garante mais benefícios à parte aérea do que às raízes em relação à partição de fotoassimilados.

Para a massa seca encontrada na parte aérea o pinhão-mansão apresentou respostas diferentes ( $P < 0,05$ ) entre os substratos (Tabela 3), de forma que no substrato 2 a acumulação de massa seca foi mais intensa em todos os tratamentos com N e também no controle experimental. Estes resultados evidenciam interação positiva entre as características físicas do S2 com as fontes nitrogenadas.

Tabela 3: Massa seca da parte aérea (PA) em mudas de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento

	massa seca parte aérea (g)	
	S1	S2
N1	3,26 cB	4,66 bA
N2	5,29 aB	6,36 aA
N3	4,06 bB	6,33 aA
N4	1,38 dB	2,51 cA

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).

Como já observado, para a acumulação de massa seca na parte aérea (Tabela 3), a acumulação de N foi maior ( $P < 0,05$ ) nas plantas crescidas no substrato S2 (Tabela 4), com especial destaque para nitrato de cálcio e ureia (Tabela 4). As plantas que receberam como fonte adicional de nitrogênio o nitrato de cálcio superaram o controle experimental em 99,38% (S1) e 80,69% (S2); valores semelhantes foram também observados para a ureia.

Tabela 4: Resultados referentes à concentração de nitrogênio (N) em plantas jovens de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas

	concentração de nitrogênio (g/kg - MS)	
	S1	S2
N1	17,92 cB	20,98 cA
N2	25,88 aB	27,32 aA
N3	23,02 bB	26,02 bA
N4	12,98 dB	15,12 dA

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1). MS-massa seca

Em pesquisa conduzida por Freiburger (2012) foi constatado que o nitrogênio foi o nutriente que apresentou maiores concentrações foliares em pinhão-mansão, seguido do magnésio, cálcio e potássio. Esta autora relata que não existe um consenso em relação ao teor adequado de N foliar que expresse o estágio nutricional de pinhão-mansão. Camargo et al., (2013) verificaram que o tecido foliar desta cultura apresenta,

via de regra, a seguinte ordem na acumulação de nutrientes nas folhas: N > K > Mg > Ca > P > S.

Em pesquisa realizada por Laviola e Dias (2008) é relatado que o pinhão-manso possui elevado teor nutricional em seus tecidos foliares, de modo que o nitrogênio foi o nutriente de maior acúmulo no limbo foliar. Este nutriente, segundo os autores, é importante para a formação das folhas, característica evidente tanto em pinhão-manso como nas outras culturas vegetais.

Morais (2010), em sua pesquisa, afirma que a resposta de mudas de pinhão-manso, com relação à acumulação de massa seca nas folhas e com o crescimento em altura, depende bem mais do conteúdo total de N do que dos conteúdos de P e K presentes no tecido foliar.

Semelhante ao encontrado para o teor de N, a concentração de fósforo (P) nos tecidos foliares de pinhão-manso apresentou resultados diferentes ( $P < 0,05$ ) entre os substratos e fontes nitrogenadas (Tabela 5). Os dados também mostram que as maiores concentrações foliares de P ocorreram quando as plantas foram fertilizadas com nitrato de cálcio no substrato 2. É interessante ressaltar que a ordem decrescente de acumulação de massa seca na parte aérea das plantas de pinhão-manso (Tabela 3), bem como a acumulação de N e P nas folhas (Tabelas 4 e 5) foi tratamento N2 > N3 > N1 > N4 no substrato 2. Houve, então, compatibilização entre crescimento e acumulação de N e P.

Tabela 5: Resultado referentes à concentração de fósforo (P) em plantas jovens de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas

	concentração de fósforo (g/kg - MS)	
	S1	S2
N1	2,72 cB	3,20 cA
N2	3,80 aB	4,14 aA
N3	3,42 bB	3,80 bA
N4	1,84 dB	2,30 dA

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1). MS-massa seca

Algumas pesquisas, ao avaliarem o teor de macro e micronutrientes nos tecidos foliares de mudas de pinhão-manso, têm destacado a presença destes nutrientes em ordem de concentração. Para Freiburger (2012), o P apareceu em quinto lugar em relação ao seu acúmulo total em plantas adubadas com diferentes doses de N. Resultado semelhante foi encontrado por Camargo et al., (2013). De acordo com esses autores, a

concentração de P nas folhas de pinhão-manso assumiu o quinto lugar entre os macronutrientes mais requeridos.

Silva et al., (2010) verificaram que a omissão de fósforo foi limitante para o crescimento em altura e diâmetro do coleto em mudas de pinhão-manso. Para Laviola & Dias (2008), nos primeiros anos de cultivo de pinhão-manso o fornecimento de P deve ser em maior quantidade do que o acumulado pela planta, de modo que este nutriente é considerado limitante a esta espécie, principalmente em sua fase de mudas.

Diferente da tendência observada para os teores foliares de N e P, a concentração de K nas folhas do pinhão-manso não foi impactada ( $P \geq 0,05$ ) pelo tipo do substrato, particularmente quando se consideram as fontes ureia e nitrato de cálcio. Apenas as plantas cultivadas com sulfato de amônio (N1) apresentaram respostas diferentes ( $P < 0,05$ ) quando o desempenho é avaliado comparando-se os substratos (S1 e S2) (Tabela 6).

Tabela 6: Resultados referentes à concentração de potássio (K) em plantas jovens de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes de nitrogênio

	concentração de potássio (g/kg - MS)	
	S1	S2
N1	12,84 bB	14,20 bA
N2	15,99 aA	16,18 aA
N3	15,64 aA	15,98 aA
N4	12,26 cA	12,62 cA

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1). MS-massa seca

Em pesquisa realizada por Camargo et al. (2013) o K foi o segundo macronutriente de maior acumulação no tecido foliar de pinhão-manso, tendência que foi também observada na presente pesquisa. Embora exista número significativo de pesquisas envolvendo a acumulação de K em folhas de pinhão-manso, ainda não há consenso acerca de qual seria o teor adequado deste nutriente nesta espécie de planta (Freiberger, 2012).

## CONCLUSÕES

A ordem decrescente de acumulação de N, P e K foliar em plantas de pinhão-manso foi  $N > K > P$ .

O acúmulo de nitrogênio no tecido foliar foi maior no tratamento que recebeu como fonte nitrogenada, o nitrato de cálcio.

As concentrações foliares de P e K foram reguladas pela acumulação de nitrogênio, em que a resposta obtida entre os tratamentos apresenta ordem semelhante entre a acumulação de N e as concentrações de P e K nos tecidos foliares de pinhão-manso.

## LITERATURA CITADA

Albuquerque, W. G.; Freire, M. A. de O.; Beltrão, N. E. de M.; Azevedo, C. A. V. de. Avaliação do crescimento do pinhão manso em função do tempo, quando submetido a níveis de água e adubação nitrogenada. Revista de Biologia e Ciência da Terra, v.9, n. 2, 2º semestre, 2009.

Alves, J. M. A.; Solsa, A. de A.; Silva, S. R. G. da; Lopes, G. N.; Smirdeli, O. J.; Uchôa, S. C. P. Pinhão-manso: uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da Amazônia brasileira. Revista Agroambiente On-Line. Boa Vista, v. 2, n. 1, jan/jun, p. 57-68. 2008. <<http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/160/92>>. 11 Fev. 2014.

Camargo, R. de.; Maldonado, A. C. D.; Dias, P. A. S.; Souza, M. F.; França, M. S. Diagnose foliar em mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) produzidas com biossólido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande – PB. v.17, n.3, p.283-290. 2013. <<http://www.agriambi.com.br/revista/v17n03/v17n03a06.pdf>>. 08 Fev. 2014.

Frieberger, M. B. Crescimento inicial e nutrição do pinhão-manso em função da adubação NPK. Botucatu – SP: Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP. 2012. 68p. Dissertação Mestrado.

Furtini Neto, A. E.; Vale, F. R. do; Resende, A. V. de; Guilherme, L. R. G.; Guedes, G. A. de A. Fertilidade do Solo. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

Guimarães, A. de S. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes. Areia – PB: Universidade Federal da Paraíba. 2008. 92p. Tese Doutorado.

Laviola, B. G.; Dias, L. A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. Revista Brasileira de Ciências do Solo. v.32, n.5, 1969-1975. 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/18.pdf>>. 08 Fev. 2014.

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas e aplicação. 2 ed., Piracicaba: Potafos. 1989.

Morais, D. L. de. Impacto da nutrição mineral no crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Patos - PB: Universidade Federal de Campina Grande. 2010. 54p. Dissertação Mestrado.

Oliveira, S. J. C. Componentes de crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da poda e adubação química. Areia – PB: Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias. 2009. 126p. Tese Doutorado.

Oliveira, S. J. C.; Beltrão, N. E. de M. Crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da poda e da adubação química. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas. v.14, n.1, p. 9-17, jan/abr. 2010. <<http://www.cnpa.embrapa.br/ojs/index.php/RBOF/article/view/12/10>>. 08 Fev. 2014.

Silva, E. de B.; Tanure, L. P. P.; Souza, P. T. de; Graziotti, P. H.; Silva, A. C. Crescimento de pinhão-manso em Neossolo Quartzarênico usando a técnica do nutriente faltante. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas. Campina Grande, v. 14, n.2, p.73-81, maio-ago, 2010. <<http://www.cnpa.embrapa.br/ojs/index.php/RBOF/article/view/18/18>>. 08 Fev. 2014.

Silva, M. I. de L. Acúmulo de fitomassa e componentes de produção da mamoneira em função de desfolhamento e adubação nitrogenada. Areia – PB: Universidade Federal da Paraíba. 2008. 58p. Dissertação Mestrado.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Emergência de *Jatropha curcas* L.

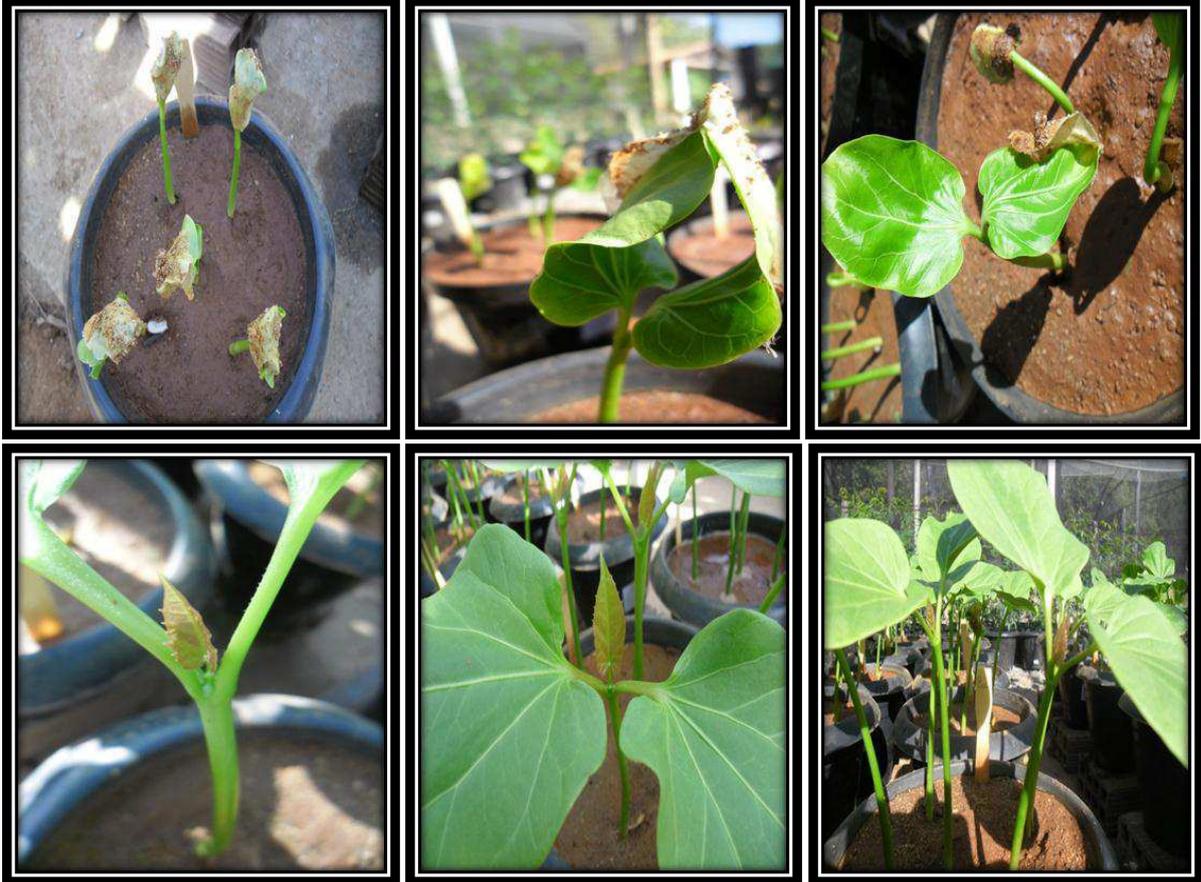
Detalhes da emergência de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) do 5º dia ao 7º dia do experimento.



Fotos: Brito, D. R. S.

**APÊNDICE B** – Cotilédones e folhas de *Jatropha curcas* L.

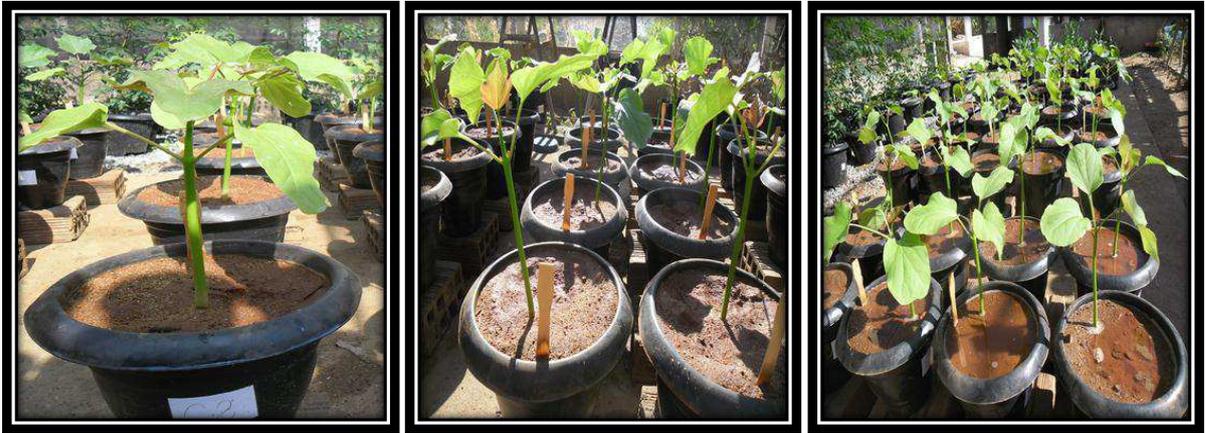
Emissão dos cotilédones e das primeiras folhas de plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.).



Fotos: Brito, D. R. S.

**APÊNDICE C – Altura de *Jatropha curcas* L. no início do experimento**

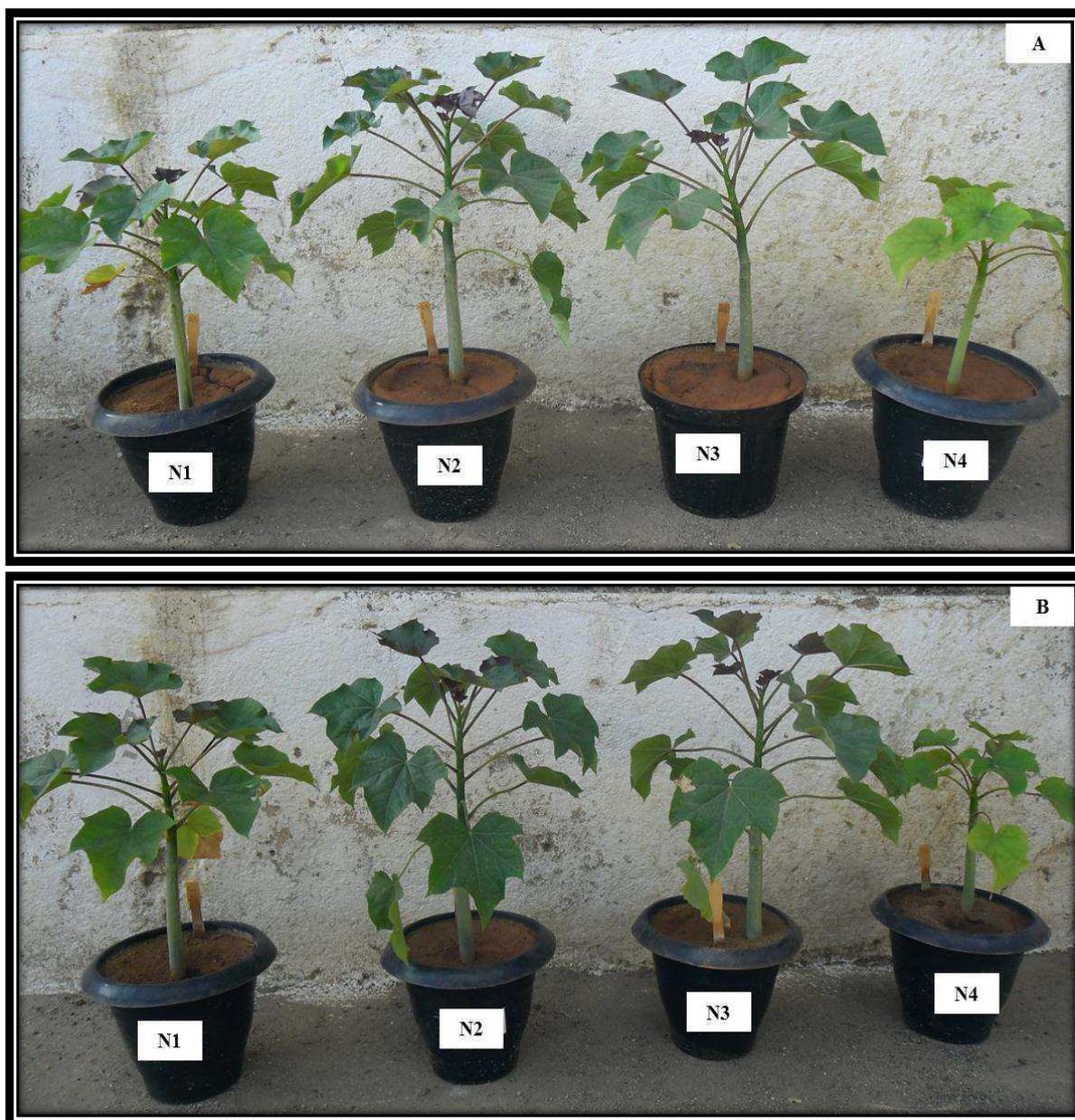
Altura de plantas jovens de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) 15 dias após a emergência.



Fotos: Brito, D. R. S.

**APÊNDICE D** – Altura de *Jatropha curcas* L. no final do experimento

Altura de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) nos diferentes substratos e fontes nitrogenadas, no final do período experimental – 80 dias. (A) plantas cultivadas no substrato 1 – solo argiloso, (B) plantas cultivadas no substrato 2 – solo argiloso:areia (1:1 v/v), (N1) sulfato de amônio, (N2) nitrato de cálcio, (N3) ureia, (N4) controle.



Fotos: Brito, D. R. S