



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

DÉBORAH LAURENTINO DE MORAIS

**IMPACTO DA NUTRIÇÃO MINERAL NO
CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas L.*)**

PATOS - PB

2010

DÉBORAH LAURENTINO DE MORAIS

**IMPACTO DA NUTRIÇÃO MINERAL NO
CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas L.*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Área de concentração: Ecologia e manejo dos recursos naturais.

Orientador: Professora Dr. Ricardo Almeida Viégas.

PATOS - PB

2010

M827i Morais, Déborah Laurentino de.
Impacto da nutrição mineral no crescimento do Pinhão Manso
(*Jatropha curcas L.*). / Déborah Laurentino de Morais. - Patos - PB:
[s.n], 2010.

53 f.

Orientador: Professor Dr. Ricardo Almeida Viégas.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Saúde e Tecnologia Rural; Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais - PPGCF.

1. Nutrição mineral de plantas. 2. Pinhão Manso - nutrição. 3. Estresse iônico. 4. *Jatropha curcas L.* 5. Estatus nutricional de plantas. 6. Fósforo – tecido foliar. 7. Sódio e potássio – tecido foliar. I. Viégas, Ricardo Almeida. II Título.

CDU: 631.81(043.2)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: IMPACTO DA NUTRIÇÃO MINERAL NO CRESCIMENTO DO
PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas L.*)

AUTOR: Déborah Laurentino de Moraes

APROVADA em: 02/03/2010

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas (UAEF/UFCG)
Orientador

Prof. Dr. José Elenildo Queiroz (UAEF/UFCG)
1^o Examinador

Prof. Dr. Lígia Maria Medeiros Silva (FPB)
2^o Examinador

Patos - PB

2010

Aos meus pais, Josué Moraes dos Santos e Rubenita Laurentino de Moraes, pelo apoio nas horas difíceis e pelo incentivo na busca de algo maior.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos,

Primeiramente a Deus, pelas bênçãos concedidas, pela força ao longo de toda minha caminhada.

De maneira especial ao meu orientador, professor Dr. **Ricardo Almeida Viégas**, pela confiança em mim depositada e pelo saber a mim oferecido para realização deste trabalho; também pela inestimável amizade, além de ser para mim um exemplo de profissional.

A todos os colegas e amigos do curso de mestrado, pelo apoio, companheirismo e amizade.

De forma especial aos amigos **Tatiane Kelly**, **Gustavo Nóbrega** e **Juliana Matos**, pelo grande companheirismo e eterna amizade; que a distância e o tempo nunca desfaçam os laços que nos unem.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela cooperação e estímulo.

A CAPES, pelo auxílio financeiro, indispensável para a realização do presente trabalho.

Ao Instituto Fazenda Tamanduá, na pessoa do Sr. Presidente Dr. **Pierre Landolt**, pelo apoio e suporte aos estudos desenvolvidos no âmbito da Fazenda Tamanduá, e pela construtiva e valiosa experiência de ter participado cotidianamente de algo tão grandioso como é o trabalho inovador e pioneiro desenvolvido por ele no semi-árido Nordeste.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pág.
Lista de Figuras	ix
Lista de Quadros	xi
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Considerações gerais	15
2.2 Características morfológicas e fisiológicas do pinhão-mansô	17
2.3 Nutrição mineral de plantas	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Material vegetal e condições de cultivo	24
3.2 Experimento – Caracterização dos efeitos nutricionais	24
3.2.1 Variáveis de produção	26
3.3. Análises químicas	27
3.3.1 Teor de nitrogênio total	27
3.3.2 Concentração de proteínas totais	27
3.3.3 Concentração de potássio e sódio	27
3.3.4 Concentração de fósforo	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Considerações gerais	29
4.2 Variáveis de crescimento	30
4.2.1 Massa seca das folhas	30
4.2.2 Massa seca do caule e de raízes	31
4.2.3 Relação parte aérea/raízes	34
4.2.4 Altura das plantas e número de folhas	35
4.3 Estatus nutricional da planta	38
4.3.1 Concentração de nitrogênio e proteínas totais no tecido foliar	38
4.3.2 Concentração de fósforo no tecido foliar	42
4.3.3 Concentração de sódio e potássio no tecido foliar	43

5 CONCLUSÕES	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1	Visão geral do experimento conduzido com plantas de pinhão-manso em condições de casa de vegetação pertencente ao Instituto Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, PB. 30
Figura 2	Massa seca foliar (MSF) de plantas jovens de pinhão-manso cultivadas em substrato irrigado com concentrações diferentes da solução de Hoagland. 31
Figura 3	Massa seca de caule (A) e raízes (B) de plantas jovens de pinhão-manso cultivadas em substrato irrigado com concentrações diferentes da solução de Hoagland. 32
Figura 4	Detalhe das raízes de pinhão-manso após 50 dias de cultivo em condições de casa de vegetação. 33
Figura 5	Relação parte aérea/raiz de plantas jovens de pinhão-manso cultivadas em substrato irrigado com concentrações diferentes da solução de Hoagland. 34
Figura 6	Altura (A) e número de folhas (B) em plantas de pinhão-manso cultivadas em substrato irrigado com concentrações diferentes da solução de Hoagland. 37

- Figura 7** Número de folhas (A) e altura (B) em plantas de pinhão-manso, 38
cultivadas em substrato irrigado com concentrações diferentes da
solução de Hoagland.
- Figura 8** Concentração de nitrogênio (A) e proteínas totais (B) em folhas de 40
plantas jovens de pinhão-manso cultivadas em substrato irrigado com
concentrações diferentes da solução de Hoagland.
- Figura 9** Concentração de fósforo em folhas de plantas de pinhão-manso 42
cultivadas em substrato irrigado com concentrações diferentes da
solução de Hoagland.
- Figura 10** Concentração de potássio em folhas de plantas de pinhão-manso 44
cultivadas em substrato irrigado com concentrações diferentes da
solução de Hoagland.
- Figura 11** Concentração de sódio em folhas de plantas de pinhão-manso 45
cultivadas em substrato irrigado com concentrações diferentes da
solução de Hoagland.

LISTA DE QUADROS

		Página
Quadro 1	Concentrações das soluções estoque utilizadas na preparação das soluções nutritivas.	25
Quadro 2	Volume das soluções estoques utilizadas na composição de cada tratamento utilizado.	26

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos e mecanismos da nutrição mineral sobre o crescimento, plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) foram irrigadas com diferentes soluções de Hoagland: 0(T1); 20(T2); 40(T3); 60(T4) e 80%(T5) da sua concentração iônica original, em casa de vegetação, por 90 dias. Os tratamentos foram repetidos cinco vezes. A acumulação de massa seca nas folhas foi mais intensa no T3 e manteve-se constante nos tratamentos subseqüentes. Nos caules e raízes a acumulação de massa seca aumentou no T3 e mostrou tendência de redução nos demais tratamentos. A relação parte aérea/raízes no T1 e T5 foi maior que 1,0 enquanto que no T4 ficou próxima da unidade. Diferenças entre os tratamentos para variáveis altura da planta e número de folhas foram observadas somente após 20 dias do início do experimento. A concentração de proteínas totais nas folhas aumentou em T3 com pequenos acréscimos nos demais tratamentos. A concentração de N seguiu o mesmo padrão observado para as proteínas totais. Desta forma, aumentos na concentração de N na solução de irrigação acima de 40% não induziram alterações importantes no metabolismo de nitrogênio. A maior concentração de fósforo foi observada no tratamento 5 embora nesse tratamento as raízes tenham reduzido a massa seca, comparadas ao T3. A concentração de sódio foi maior que a de potássio em todos os tratamentos testados. A acumulação de potássio nas folhas não foi proporcional ao aumento da concentração na solução de irrigação. O sódio, mesmo em baixa concentração, foi acumulado substancialmente nas folhas.

Palavras-chave: absorção de nutrientes, acumulação de íons, estresse iônico

ABSTRACT

Aiming evaluate the effects and mechanisms from the nutrient availability in the plant growth medium, seedlings of pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) had been watered with different concentrations of Hoagland solutions: 0(T1), 20(T2), 40(T3), 60(T4) and 80%(T5) of its original ionic concentration, for 90 days, under green house conditions. The treatments had five independent replications. The leaf dry mass production was higher at T3 and kept with minor variation in the following treatments. The stem and roots dry mass accumulation increased by increasing nutrient availability up to T3 and decreased back at greater than. The shoot to root ratios in T1 and T5 had been greater than 1.0 while in T3 it neared 1,0. Significant differences for plant height and leaf number were just observed 20 days after experiment starting. The leaf total proteins accumulation increased rapidly up to T3 and slowly in the subsequent treatments. The N concentration in leaves showed a similar pattern that found for total proteins; this way, increasing N concentration in the irrigation solution to 40% and above does not altered N metabolism. The highest leaf P concentration was recorded in plants grown in T5 although its root mass recorded at this treatment become lower, compared to T3. The leaf sodium concentration was never lower than potassium no matter what treatment was. The potassium accumulation in the leaves was not proportional to its increasingly concentration in the irrigation solutions. On the other hand despite its low concentration in the irrigation solution, sodium was accumulated greatly in the leaves in all treatments.

Key-words: nutrient uptake, ion accumulation, ionic stress

1 INTRODUÇÃO

O clima mundial está sofrendo mudanças provocadas pela intensa e crescente emissão de gases poluentes na atmosfera o que se deve, principalmente, ao crescente consumo de combustíveis fósseis (MONTEIRO, 2007). Os bicompostíveis estão sendo consideradas ferramentas importantíssimas para a redução da emissão de CO₂ na atmosfera e, desta forma, se torna imprescindível um aumento na escala de produção deste tipo de combustível. O Brasil é reconhecido mundialmente como o produtor mais competitivo de bicompostíveis e esta liderança representa uma vantagem fundamental, pois se bem empregada pode transformar o país em potência energética de primeira grandeza. Além do mais, o Brasil é um dos poucos países que apresenta excelentes perspectivas de cultivo, para várias oleaginosas, nas suas diversas regiões (SIMÕES *et al*, 2009).

Com diversidade de clima e de solos é provável que o Brasil possua uma população de, aproximadamente, 200 espécies oleaginosas, que apresenta potencial para produção de biodiesel (BELTRÃO, 2006). Algumas destas espécies vegetais já estão sendo intensamente pesquisadas como possíveis produtoras de biodiesel e como exemplos citam-se a soja, a mamona e o dendê. Outra planta recentemente inserida neste grupo é o pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*), espécie que apresenta alto teor de óleo em suas sementes.

O pinhão-manso pertence à família das Euforbiáceas e é considerada uma planta perene, robusta e adaptada as mais diversas condições edafoclimáticas (COSTA *et al*, 2009). Contudo, em alguns plantios recentes, há evidências que o pinhão-manso é uma espécie exigente e que o seu cultivo extensivo deve ser feito em solos naturalmente férteis ou fertilizados artificialmente. A cultura também apresenta importância socioeconômica, por ser facilmente inserida na agricultura familiar podendo, assim, criar melhores condições de vida em regiões carentes, valorizando a potencialidade de cada região e oferecendo opções para enfrentar os problemas econômicos e socioambientais (RAMOS *et al*, 2003).

O pinhão-manso se apresenta como uma opção para produção de biocombustível, no entanto não há na literatura informações suficientes sobre o manejo da cultura bem como suas exigências nutricionais, que possam subsidiar o seu cultivo intensivo. No momento, estas informações são escassas, principalmente, em razão do número reduzido de pesquisas o que tem dificultado o conhecimento dos hábitos da espécie. Em vista disto, o presente estudo pretende disponibilizar informações, no campo da fisiologia da produção, que possam subsidiar o cultivo desta espécie de planta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações Gerais

No Brasil, o incremento no uso de bioenergia (biodiesel e etanol) de origem vegetal é uma realidade. A Petrobrás, nos últimos anos, tem se esforçado em alcançar a auto-suficiência do Brasil em produzir petróleo e agora com a descoberta de grandes quantidades de óleo no pré-sal este objetivo fica mais próximo. Contudo, o petróleo é uma fonte não-renovável de energia e isto se torna preocupante uma vez que apesar do seu grande potencial, nos aspectos econômicos, estratégicos e da preservação do meio ambiente, muitos problemas ainda persistem especialmente no tocante ao uso de matérias-primas em grande escala (MUSHAKA, 1998).

A Petrobrás está investindo em pesquisas na busca por fontes alternativas de energia renovável, uma forma de energia limpa, que ajudará a reduzir os problemas ambientais atualmente enfrentados pela população mundial; as pesquisas no Brasil vêm avançando vertiginosamente com espécies de plantas produtoras de grãos oleaginosos (MORAIS *et al.*, 2009). Dentre estas espécies vegetais, com grande potencial para a produção de biodiesel, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L) (CARNIELLI, 2003) tem merecido especial destaque.

O pinhão-manso é uma espécie pertencente à família das Euforbiáceas, originária da América Central e amplamente disseminada no Brasil (BELTRÃO, 2005) e em vários países do mundo. Alguns autores especulam sobre o fato do pinhão-manso ser, supostamente, originário do Brasil, e sua disseminação ter ocorrido por meio dos navegadores portugueses que teriam introduzido a espécie em território africano (PINHÃO-MANSO, 2006). Apesar do pinhão-manso se encontrar disseminado em todas as áreas tropicais, em algumas áreas temperadas e em quase todas as regiões intertropicais, estendendo sua ocorrência até a Índia, Filipinas e Timor Leste, a espécie ainda é pouco estudada e no estágio atual se encontra em processo de domesticação (SATURNINO *et al.*, 2005).

Com a expansão das pesquisas referentes à produção de biodiesel e a introdução do pinhão-manso na agenda da pesquisa brasileira, esta espécie está sendo considerada uma forte opção agrícola para a região nordeste do Brasil por ser exigente em insolação e resistência à seca. As perspectivas favoráveis da implantação desta cultura decorrem não somente dos baixos custos de sua produção agrícola, conforme se deve esperar diante das vantagens

anunciadas, mas, sobretudo porque ela poderá ocupar os solos pouco férteis e arenosos e de modo geral causar impactos sociais, econômicos e ambientais favoráveis à agricultura de subsistência (ARRUDA *et al.*, 2004). Não há dúvida de que o cultivo desta espécie desenvolvido com o emprego de melhores técnicas de manejo deverá transformá-la em uma das mais promissoras fontes de grãos oleaginosos para fins energéticos (HELLER, 1996).

A cultura do pinhão-manso se tornou atrativa e vem sendo bastante recomendada para programas de produção de óleos vegetais devido ao alto índice de produtividade e as maiores facilidades do manejo agrícola e de colheita de sementes apresentados pela espécie (FOIDL *et al.*, 1996). Outros aspectos positivos referem-se à possibilidade de armazenagem das sementes por longos períodos de tempo, sem os inconvenientes da deterioração do óleo por aumento da acidez livre, conforme acontece com os frutos de dendê ou de macaúba, razão pela qual ambos devem ser processados rapidamente possível (MUSHAKA, 1998).

Com a possibilidade do uso intensivo do óleo de pinhão-manso para a produção de biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio no semi-árido nordestino (SINGH; MEHTA, 2005). Para Purcino & Drummond (1986), o pinhão-manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em biodiesel e favorável ao uso da mão-de-obra familiar, sendo mais uma fonte de renda para o pequeno produtor, em especial da região Nordeste brasileira. Além disso, a planta pode ser cultivada de forma perene apresentando relevante importância social e econômica para o Brasil (SILVA *et al.*, 2009). Esta espécie é capaz de se desenvolver em solos pobres e erodidos e pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas (COSTA *et al.*, 2007).

O pinhão-manso apresenta algumas características favoráveis para a produção de biodiesel: boa produtividade em óleo (em média 3 ton.ha⁻¹), longo ciclo de produção (até 20 anos), resistência às condições adversas de solo e clima (baixa pluviosidade, temperaturas elevadas) e alta qualidade do óleo produzido, podendo se tornar competitivo internacionalmente, pois suas características superam inclusive o padrão de qualidade do óleo de colza, comercializado na Europa (VEDANA, 2007). Porém, no semi-árido brasileiro, um grave problema deve ser enfrentado pelos produtores de pinhão-manso: a queda de produção nos períodos de seca.

Não há dúvidas de que o pinhão-manso, sendo manejado da forma correta, será rapidamente inserido no mercado produtor de biocombustível. Sua produtividade varia de 2 a 12 ton.ha⁻¹ em amêndoas que corresponde em torno de 1 a 6 ton.ha⁻¹ em óleo, porém, em condições de aridez, essa produtividade atinge níveis baixos, entre 200 a 800 kg de sementes por hectare (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009). O resíduo proveniente da extração do óleo pode

ser usado para recuperação de solos degradados já que é rico em NPK (ARRUDA *et al.*, 2004).

Apesar da torta do pinhão-manso ser bastante rica (35% de proteínas, 30% de P_2O_5 , 31% de K_2O , 11% de CaO , 16% de MgO , além de 23% de fibras e 15% de lignina), a presença de fatores antinutricionais e tóxicos inviabilizam seu uso como ração animal, porém, depois de passar por um processo de destoxicação pode ser utilizada como ração animal (ARRUDA *et al.*, 2004).

O pinhão-manso tem aplicação na medicina popular, usando-se o látex da planta como cicatrizante, as raízes são consideradas diuréticas e antileucêmicas, as folhas são usadas para combater doenças de pele e reumatismo e possui poder anti-sifilítico e as sementes são utilizadas como purgativo, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando ingerida em excesso o que pode ser perigoso e, em alguns casos, fatal (NÓBREGA *et al.*, 2009).

2.2 Características Morfológicas e Fisiológicas do Pinhão-Manso

O pinhão-manso pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca. Segundo Cortesão (1956), os portugueses distinguem duas variedades, a catártica medicinal, a mais dispersa no mundo, com amêndoas muito amargas e purgativas e, a variedade árvore de coral, medicinal-de-espanha, árvores de nozes purgativas, com folhas eriçadas de pêlos glandulares que segregam látex, límpido, amargo, viscoso e muito cáustico.

É um arbusto grande, de crescimento rápido, cuja altura normal é dois a três metros, mas pode alcançar até cinco metros em condições especiais; com diâmetro do tronco de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; floema com longos canais que se estende até as raízes, nos quais circula o látex, suco leitoso que corre com abundância de qualquer ferimento (SATURNINO *et al.*, 2005). O tronco ou fuste é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (SATURNINO *et al.*, 2005).

De acordo com Brasil (1985), as folhas de pinhão-manso são verdes, esparsas e brilhantes, largas e alternas, em forma de palma com três a cinco lóbulos e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Floração monóica, apresentando na mesma planta, mas com sexo separado, flores masculinas, em maior número, e flores femininas, o fruto é capsular ovóide com diâmetro de 1,5 a 3,0 cm, é trilocular com uma

semente em cada cavidade, formado por um pericarpo ou casca dura e lenhosa, indeiscente, inicialmente verde, passando a amarelo, castanho e por fim preto, quando atinge o estágio de maturação, contém de 53 a 62% de sementes e de 38 a 47% de casca (DIAS *et al.*, 2007).

A semente é relativamente grande. Quando secas medem de 1,5 a 2 cm de comprimento e 1,0 a 1,3 cm de largura; tegumento rijo, quebradiço, de fratura resinosa. Debaixo do invólucro da semente existe uma película branca cobrindo a amêndoa; albúmen abundante, branco, oleaginoso, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados, pesa de 0,551 a 0,797 g, pode ter, dependendo da variedade e dos tratos culturais, de 33,7 a 45 % de casca e de 55 a 66% de amêndoa, pode ser encontrado, ainda, 7,2% de água, 37,5% de óleo e 55,3% de açúcar, amido, albuminóides e materiais minerais, sendo 4,8% de cinzas e 4,2% de nitrogênio (BRASIL, 1985).

Segundo Oliveira *et al.*, 2009, cada semente contém 27,90 a 37,33% de óleo e na amêndoa se encontra de 5,5 a 7% de umidade e 52,54 a 61,72% de óleo inodoro e de fácil extração utilizando pressão, poder calorífico superior a 9,350 kcal.kg⁻¹, muito fluído, porém deixa precipitar-se a frio e congela a alguns graus acima de zero; é solúvel na benzina e seus homólogos, insolúvel no álcool a 96 °C e insolúvel em água (CALVIM, 1987). A toxidez do óleo pode ser eliminada após aquecimento a 100 °C, em solução aquosa, por um período de apenas 15 minutos (PRINCEN, 1983).

O futuro do biodiesel depende de grandes produções de oleaginosas associadas a grandes produções de óleo e com baixo custo (CARNIELLI, 2003). Desse modo, o pinhão-mansão se insere neste contexto: uma planta com teor de óleo que varia entre 30 a 40%, com produção anual de 1100 a 1700 l.ha⁻¹ de biodiesel (GLOBO RURAL, 2006). Além das características já mencionadas, acrescenta-se o fato do pinhão-mansão ser perene, tolerante a seca e bastante rústico. Essas particularidades tornam esta espécie uma excelente oleaginosa para ser adotada como alternativa na produção de biodiesel (BELTRÃO, 2006).

Para que ocorra a obtenção do óleo é necessário que a prensagem das sementes seja realizada. Um subproduto da prensagem é a torta, que após o processo de decomposição, origina uma matéria orgânica bastante rica em N, P, K, Ca e Mg, além de C orgânico, deve ser esperado que a mesma possa se tornar um excelente fertilizante (SAMAKE, 1996). Por exemplo, uma tonelada de torta de pinhão-mansão poderá conter aproximadamente 50 kg de N, 30 kg de P₂O₅, 30 kg de K₂O e 28 kg de CaOMgO (ARRUDA *et al.*, 2004).

Entretanto, esses dados quantitativos isoladamente serão de pouco valor sem que estudos experimentais sejam realizados para descobrir seus efeitos nas propriedades do solo e, principalmente, no desempenho fisiológico das plantas. Assim, o conhecimento da fisiologia

do pinhão-manso é de fundamental importância para o manejo adequado dessa cultura, especialmente na região semi-árida. Na realidade, são raros estudos sobre a fisiologia do pinhão-manso, inclusive porque somente agora alguns grupos tentam desenvolver cultivares.

2.3 Nutrição Mineral

A produtividade vegetal é um processo extremamente complexo que envolve fatores do solo, do clima e da genética da planta. Esses fatores interagem de maneira específica para cada ambiente local, determinando o nível de produção da cultura. A fertilidade do solo é um dos fatores mais importantes da produtividade, pois ela determina as condições para o suprimento dos nutrientes minerais, o desenvolvimento radicular e, também, o rendimento e a qualidade do produto colhido (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Todos os nutrientes minerais exercem funções de extrema importância dentro da planta, são partes integrais de compostos de carbono (N, S), essenciais para armazenamento e uso de energia no genoma (P), associados com a parede celular (Ca, B, Si), constituintes de enzimas ou outros compostos essenciais do metabolismo (Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Mo), ativadores ou que controlam a atividade de enzimas (K, Na, Cl, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu), e servem como contra-íons para cargas positivas ou negativas (K, Na, NO₃, Cl) (MALAVOLTA, 2005).

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas culturas, seguido pelo potássio. É considerado o principal nutriente para o desenvolvimento da planta (ALVIM; BOTREL, 2001) e sua disponibilidade estimula o crescimento e a atividade do sistema radicular, com reflexos positivos na absorção de outros nutrientes e na quantidade de massa seca produzida (SANTI, 2003). Devido a sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A absorção e assimilação de nitrogênio pela planta são processos multiregulados e integrados ao metabolismo geral da planta (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). O nitrogênio é absorvido pelas raízes na forma de amônio (N – NH₄⁺) e nitrato (N – NO₃⁻). Alguns autores demonstram que existem fontes de nitrogênio mais eficientes que outras, por exemplo, Soares *et al.*, (1999) estudando o efeito da uréia, do sulfato de amônio e do nitrato de potássio na produtividade do melão, observaram que a uréia aplicada via fertirrigação, até os 42 dias de crescimento, proporcionou maior rendimento, porém não diferindo estatisticamente dos demais.

O nitrogênio quando absorvido pode ser assimilado na própria raiz ou pode, também, ser transportado para as folhas onde ocorre a sua assimilação (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). A multi-geração do metabolismo do nitrogênio torna complexa a identificação de pontos metabólicos específicos que sejam mais limitantes para o incremento da produtividade (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). A fonte de nitrogênio e o local de assimilação podem ser importantes, especialmente em condições de crescimento nas quais a disponibilidade de energia é limitada (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

O nitrogênio faz parte da estrutura da planta, sendo componente de aminoácidos, proteína, enzimas, DNA, RNA, ATP, clorofila, dentre outras moléculas. Sua deficiência na maioria das plantas reduz o crescimento, torna a planta amarelada pela perda da clorofila, provoca amadurecimento precoce dos frutos, perda de produtividade e qualidade dos frutos colhidos; é o nutriente que tem maior efeito no crescimento da planta e, por esta razão, pode limitar fortemente a produção de fitomassa (PRADO *et al.*, 2006).

O potássio é o elemento de maior mobilidade na planta e passa de uma célula para outra e do xilema para o floema, razão pela qual é o componente mineral de maior expressão nos processos osmóticos que envolvem absorção e armazenamento de água pelas plantas (PIMENTEL, 2004). A deficiência de potássio provoca redução no tamanho dos frutos e na área foliar, comprometendo a fotossíntese nas plantas e o conteúdo de sólidos solúveis nos frutos (BORGES *et al.*, 2005). Este elemento é requerido em grandes quantidades pelas plantas, igualando-se às quantidades de N, e chegando a ser três ou quatro vezes mais acumulado nos tecidos que o fósforo (BRADY, 1989). De forma geral, o potássio é o elemento nutriente mais abundante nos tecidos vegetais, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes na forma do íon K^+ (TORRES; PEREIRA, 2008). O K^+ , porém, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável das células ou dos tecidos e com alta mobilidade intracelular (CHAGAS *et al.*, 2007).

As necessidades de potássio para o ótimo crescimento das plantas situam-se na faixa de $20 - 50\text{g.kg}^{-1}$ da massa das partes vegetais secas da planta, das frutas e dos tubérculos, entretanto, as plantas têm a capacidade de absorver quantidades de potássio superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo (MEURER, 2006).

Outro nutriente de grande importância para desenvolvimento das plantas é o fósforo (P), devido sua influência na fase reprodutiva da planta, aumentando o número de frutos e o teor total de sólidos solúveis (NEGREIROS *et al.*, 2003). A carência de fósforo em solos brasileiros, associada a sua baixa mobilidade e alta afinidade por óxidos de ferro e alumínio

tornam o solo um “competidor da planta”, o que aumenta grandemente a necessidade de sua incorporação em solos em programas de adubação (CHAGAS *et al.*, 2007). Esse comportamento está associado à tendência deste elemento de formar compostos estáveis de alta energia de ligação e baixa solubilidade com a fase sólida mineral do solo, notadamente com os óxidos de ferro e alumínio, além da ocorrência de precipitação com cálcio em solos com predominância deste elemento (GUILHERME, 2000).

O fósforo é um dos mais importantes constituintes minerais para a atividade celular (PEIXOTO, 2002) e, também, é o nutriente mais limitante para a produtividade de biomassa em plantas cultivadas em solos tropicais (NOVAIS; SMYTH, 1999). Isto ocorre em decorrência da alta deficiência deste elemento nos solos brasileiros, devido à alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo, através de mecanismos de absorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade às plantas (SANDIM *et al.*, 2008). Outro fator que deve ser levado em consideração, é a demanda de fósforo pela cultura; plantas em intenso desenvolvimento requerem maior nível de fósforo em solução (SANDIM *et al.*, 2008).

Esse nutriente exerce um papel fundamental no metabolismo dos vegetais. Os compostos de fósforo intervêm em funções vitais para os seres vivos, sendo considerado um elemento químico essencial. O fósforo tem relevante papel na formação molecular de ADN e do ARN, bem como do ATP, adenosina tri-fosfato (SANDIM *et al.*, 2008). As células utilizam-no para armazenar e transportar a energia na forma de fosfato de adenosina. Além disso, funciona como íons tampões, impedindo a acidificação ou alcalinização do protoplasma (PEIXOTO, 2002).

Na síntese de proteínas e de aminoácidos é utilizado o nitrogênio, porém, para a conclusão do processo síntese, é necessária a presença de fósforo na forma de poder redutor e de nucleotídeos (ALVIM; BOTREL, 2001). Portanto, com o aumento na concentração de nitrogênio, tem-se a necessidade de elevar a concentração de fósforo para dar início aos processos de síntese (ABREU, 2002). Desse modo é indicada uma interação positiva entre nitrogênio e fósforo. A maior absorção de fósforo na presença do nitrogênio seria causada pelo envolvimento do segundo nos processos de absorção e de transporte interno do primeiro (MILLER, 1974).

Solos que apresentam o fósforo na forma ideal para a absorção pelas plantas são considerados de boa fertilidade. Por sua vez, as plantas requerem solos com boa fertilidade, para lhes proporcionar um desenvolvimento satisfatório. As plantas expressam sinais que permitem a interpretação do seu estado nutricional. Um desses sinais é a diagnose foliar. Ela, sem dúvida, é um instrumento valioso na determinação do estado nutricional da cultura, bem

como um critério complementar na recomendação de adubação. A técnica da diagnose foliar permite, ainda, identificar deficiências de nutrientes que provocam sintomas semelhantes dificultando a diagnose visual (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

A redistribuição (mobilidade ou remobilização) dos nutrientes minerais das folhas maduras para as áreas de crescimento é essencial para a conclusão do ciclo de vida das plantas, porém, a quantidade redistribuída, entretanto, difere entre minerais e reflete na localização dos sintomas visuais de deficiência nutricional nas plantas (CAMARGOS, 2005).

Sintomas de deficiência nas folhas mais velhas refletem altas taxas de redistribuição do nutriente, enquanto que nas folhas mais novas e meristemas apicais, refletem redistribuição insuficiente (EPSTEIN; BLOOM, 2006). A redistribuição se dá predominantemente pelo floema (MARSCHNER, 1995). Nutrientes como o nitrogênio, o fósforo, o potássio e o magnésio têm alta mobilidade, enquanto o enxofre tem baixa mobilidade, sendo seguido pelo cálcio que possui mobilidade restrita (MENGEL; KIRKBY, 1987).

Como já discutido acima, alguns autores apontam o pinhão-mansão como uma espécie que apresenta baixas exigências nutricionais (DRUMOND *et al.*, 2007); no entanto, estas informações são equivocadas, pois, quando trata-se de produtividade e não de produção, o pinhão-mansão produz apenas para a sobrevivência da espécie, porém, quando adubadas tornam-se plantas extremamente produtivas aumentando, assim, a quantidade de frutos (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Estudos específicos sobre aspectos nutricionais do pinhão-mansão são bastante raros (MORAIS *et al.*, 2009).

Contudo, a pesquisa no Brasil já tem disponibilizado informações associadas ao crescimento do pinhão-mansão nas condições dos estresses ambientais que frequentemente ocorrem na região semi-árida brasileira, a exemplo da salinidade, déficit hídrico e alta luminosidade. Nesse contexto, Silva (2009) encontrou que algumas variáveis de crescimento (altura de plantas, diâmetro caular, número de folhas e área foliar), avaliadas em plantas de pinhão-mansão, foram fortemente afetadas pelo estresse hídrico, e que a eficiência quântica somente foi afetada após 140 dias do transplante definitivo das plantas.

Para Nascimento Silva *et al* (2009) as plantas de pinhão-mansão se mostram sensíveis a salinidade e exibiram, nessas condições de cultivo, redução de 50% na massa seca total, em resposta a uma concentração de 47mM de NaCl. Segundo os mesmos autores, a despeito de terem o crescimento reduzido pela salinidade as plantas de pinhão-mansão foram capazes de se ajustarem osmoticamente e os solutos orgânicos foram cruciais para o ajuste. Por outro lado, quando a salinidade é combinada com altas temperaturas o aumento da oferta de potássio atenua os efeitos do estresse por reduzir a absorção de sódio (RODRIGUES *et al.*, 2009). A

partir desses resultados fica implícito a ocorrência de forte concorrência do sódio pelo sítio de absorção de potássio o que pode comprometer o trabalho de algumas enzimas.

Os efeitos da salinidade, sobre a acumulação de nutrientes, em plantas de pinhão-mansão foram avaliadas por SOUZA *et al.* (2009); os autores encontraram que variando a condutividade da água de irrigação de 0,6 até 3,0 dS.m⁻¹ os teores de todos os elementos estudados, a exceção de cobre, aumentaram. Além do mais, a ordem decrescente de acumulação foliar dos nutrientes foi a seguinte: K > N > Ca > Mg > P > Na > S > Fe > Mn > Zn > Cl > Cu.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material Vegetal e Condições de Cultivo

Sementes de pinhão-mansó, coletadas na Fazenda Tamanduá, município de Santa Teresinha, PB, foram superficialmente esterilizadas em uma solução de hipoclorito de sódio 5% (v/v) seguida por lavagem com água destilada para retirada do excesso da substância esterilizante. As sementes foram colocadas para germinar, em uma profundidade de 2,0 cm, em recipientes plásticos (capacidade para 18 litros), contendo areia lavada. As irrigações foram diárias, utilizando-se água de açude, até a germinação e emergência de uma população homogênea de plantas. Após 20 dias da germinação, as plantas foram irrigadas com a água do açude acrescida de 5,0 mmols de nitrato de potássio por litro, por cinco dias, para aclimação e ativação do metabolismo de nitrogênio.

3.2 Experimento – Caracterização dos Efeitos Nutricionais

O estudo foi iniciado após o período de aclimação (descrito anteriormente). O desenho experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5), cada tratamento com cinco repetições, correspondendo, respectivamente, a irrigação das plantas com a solução nutritiva de Hoagland apresentando 0 (controle experimental), 20, 40, 60 e 80% de sua concentração original. Todos os tratamentos foram suplementados com solução de micronutrientes e ferro e seus efeitos avaliados por análise de regressão. Nos Quadros 1 e 2 encontra-se a relação dos compostos químicos e as concentrações das soluções estoques que foram utilizados para preparação das soluções nutritivas correspondentes aos tratamentos aplicados e utilizadas na irrigação das plantas. Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância e análise de regressão.

Quadro 1 Concentrações das soluções estoque utilizadas na preparação das soluções nutritivas.

Composto Químico ⁽¹⁾	Concentração	(g.L ⁻¹) ⁽²⁾
KNO ₃	1 M	101,10
Ca(NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	1 M	236,60
NH ₄ H ₂ PO ₄	1 M	115,10
MgSO ₄ . 7H ₂ O	1 M	246,50
Na ₂ EDTA	40 mM	14,80
Fe Cl ₃ 6H ₂ O	40 mM	10,80
H ₃ BO ₃	25 mM	1,54
Mn Cl ₂ . 4H ₂ O	2 mM	0,39
ZnCl ₂	2 mM	0,27
CuCl ₂ . 2H ₂	0,5 mM	0,08
H ₂ MoO ₄ (85% MoO ₃)	0,5 mM	0,08

Fonte: Hoagland e Arnon (1950), (1) todos os compostos químicos foram puros para análise (p.a); (2) na composição das soluções estoques, todos os compostos químicos foram dissolvidos em água destilada.

Durante o período experimental as plantas foram irrigadas diariamente, sempre no final da tarde, e a quantidade de solução utilizada na irrigação foi sempre igual para todos os tratamentos e em volume necessário para que houvesse excessiva lixiviação. A lixiviação foi utilizada como meio de prevenir a concentração de sais no ambiente radicular e para tornar mínimas as variações nas concentrações de cada nutriente.

Quadro 2 Volume das soluções estoques utilizadas na composição de cada tratamento utilizado.

Soluções estoque	Tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
	(0%)	(20%)	(40%)	(60%)	(80%)
	mL.litro ⁻¹				
KNO ₃	0,0	1,2	2,4	3,6	4,8
Ca(NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	0,0	0,8	1,6	2,4	3,2
NH ₄ H ₂ PO ₄	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8
MgSO ₄ . 7H ₂ O	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6
Na ₂ EDTA	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Fe Cl ₃ 6H ₂ O	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H ₃ BO ₃	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Mn Cl ₂ . 4H ₂ O	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ZnCl ₂	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CuCl ₂ . 2H ₂ O	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H ₂ MoO ₄ (85% MoO ₃)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

3.2.1 Variáveis de Produção

Após o início do experimento, a altura das plantas, em cada tratamento, foi medida a cada cinco dias, com auxílio de régua graduada e, após dois meses, as folhas, caules e raízes foram coletadas, identificadas, pesadas (peso úmido) e secas em estufa à 70 °C, até peso constante. Após a secagem, as partes coletadas da planta foram mais uma vez pesadas (peso seco), trituradas em moinho do tipo Wiley e armazenadas adequadamente para análises químicas. Na determinação da massa foliar foram coletadas 10 folhas completamente expandidas localizadas no terço médio do caule.

3.3 Análises Químicas

3.3.1 Teor de Nitrogênio Total

Amostras de 100 mg de tecido vegetal (folhas) foram adicionadas a tubos de microdestilação contendo 1,5 mL de ácido sulfúrico concentrado e 1,10 g de uma mistura catalizadora composta por sulfato de potássio, sulfato de cobre e selênio, na proporção em massa de 100/10/1, respectivamente. Posteriormente, esses tubos foram acondicionados em placa digestora quando então se deu início ao processo de mineralização. A temperatura da placa foi elevada gradualmente até 350 °C. Ao final do processo de mineralização, observado pela modificação da cor do meio de reação, o conteúdo de cada tubo foi ressuspensionado com água destilada (aproximadamente 20 mL) e acrescidos de 0,3 mL de fenolftaleína 3% e 10 mL de NaOH 30%. Nessa etapa, os tubos foram submetidos a micro destilação (MALAVOLTA *et al.*, 1989), sendo a fase líquida recuperada em erlenmeyer contendo 6,0 mL de uma solução de ácido bórico 0,020 N. O conteúdo de cada erlenmeyer foi titulado com uma solução 20 mM de HCl, sendo o percentual de nitrogênio total calculado mediante a multiplicação do volume gasto na titulação pela normalidade do HCl.

3.3.2 Concentração de Proteínas Totais

O teor de proteínas totais foi determinado pela decomposição das proteínas e outros componentes nitrogenados na presença de H₂SO₄ concentrado a quente, multiplicando-se o valor do N total pelo fator 6,25. O valor de N foi obtido de acordo com a metodologia descrita no item 3.3.1.

3.3.3 Concentração de Potássio e Sódio

Amostras de 100 mg do material vegetal (folhas) foram mineralizadas por via úmida, empregando-se a digestão nitricoperclórica (SARRUGE; HAAG, 1974). Os teores de potássio e sódio das amostras foram determinados por fotometria de chama, conforme descrito por SILVEIRA *et al.* (1999), com auxílio de uma reta padrão construída com NaCl e KCl (p.a).

3.3.4 Concentração de Fósforo

Amostras de 100 mg do material vegetal (folhas) foram mineralizadas por via úmida, empregando-se a digestão nitricoperclórica (SARRUGE; HAAG, 1974). O teor de fósforo foi determinado por espectometria, conforme descrito por MALAVOLTA *et al.*, (1989).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Considerações Gerais

Enquanto as discussões permeiam o campo teórico abstração é feita ao fato que o pinhão-manso é uma planta caducifólia. Nesses últimos quatro anos não há uma só citação na literatura onde, em um plano de manejo, se considere o caráter caducifólio do pinhão-manso. Ao contrário, a planta tem sido cultivada como uma espécie sempre-verde. Uma pequena, embora, importante diferença entre uma planta caducifólia e sempre-verde é o período de tempo em que as folhas permanecem funcionais. No caso do pinhão-manso, esse período é estimado em cinco meses, talvez um pouco menos. Uma folha é considerada fisiologicamente funcional, ou fonte, quando é capaz de produzir metabólitos para suas necessidades e exportar o excedente para os pontos de crescimento. Quando perde a funcionalidade a folha torna-se dreno e passa a receber fotoassimilados de outras partes da planta o que gera conseqüências negativas para o metabolismo geral. A perda da habilidade em se proteger do ataque de patógenos talvez seja o evento que melhor expressa esse cenário de desequilíbrio. Quando cultivado em condições naturais o pinhão-manso começa perder folhas não funcionais a partir do início do período seco, época em que há acentuada redução na umidade do ar, e do solo, alterando o perfil hormonal da planta e disparando os processos de senescência e de abscisão foliar; portanto, é o resultado da interação de fatores genéticos e ambientais. Durante a senescência outro evento fundamental para o vigor da planta é a transferência de reservas para as estruturas do caule e galhos. Essas reservas são o produto da mobilização dos constituintes celulares das folhas, após hidrólise enzimática, e são cruciais para o próximo ciclo produtivo. Uma análise ainda que superficial mostra que o pinhão-manso é uma planta geneticamente programada para crescer e se desenvolver em regiões com estações seca e chuvosa bem definidas.

Hoje, na agenda da pesquisa brasileira está a domesticação do pinhão-manso. Instituições conceituadas de pesquisa apontam a domesticação como a domadora, em curto prazo, dos problemas apresentados pela planta, como é o caso de pragas e doenças. A domesticação deve ser entendida como processo evolucionário que consiste de poliploidia, hibridação intra e interespécies, mutações, além de outras. Na escala de tempo a domesticação pode demandar gerações. Podemos, então, substituir o termo domesticação por manejo racional e entender que esta, em adição a outras ações, é o primeiro passo na evolução do

indivíduo. Manejo racional deve implicar no cultivo do pinhão-manso considerando os tratos que uma espécie de planta caducifólia exige para se desenvolver e crescer.

4.2 Variáveis de Crescimento

4.2.1 Massa Seca das Folhas

A produção de massa seca foliar de plantas jovens de pinhão-manso, observada no final do período experimental (Imagem 1), considerando todos os tratamentos testados, se ajustou ao modelo de regressão quadrático e foi bem mais intenso com o aumento da concentração da solução nutritiva até 40% da sua força iônica original (T3); em concentrações superiores a 40% o acúmulo de massa seca foliar não sofreu alterações importantes (Figura 1). Esses resultados diferem, em parte, do que tem sido reportado na literatura e são sugestivos de que o pinhão-manso é responsivo ao aumento da disponibilidade de nutrientes no ambiente radicular como já reportado em trabalho recente (OLIVEIRA *et al.*, 2009).



Figura 1 Visão geral do experimento conduzido com plantas de pinhão-manso em condições de casa de vegetação pertencente ao Instituto Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, PB

Plantas de pinhão-manso cultivadas com a adição de uréia ao meio de cultivo apresentaram no maior valor de fitomassa seca de folha acumulada um aumento de 146,79% em relação às plantas cultivadas sem adição de uréia (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Porém, é comum encontrar na literatura informações as quais apontam o pinhão-manso como uma espécie de planta capaz de crescer e de se desenvolver em solos de baixa fertilidade natural e,

até mesmo, naqueles considerados marginais, ou seja, sem indicação para a prática da agricultura (NUNES, 2007).

A partir dos resultados observados no controle experimental (T1) estimou-se que a produção de massa seca foliar, com restrição de nutrientes, representou 60% da maior produção observada no experimento; este fato sugere que a planta é hábil em compatibilizar reduzida oferta de nutrientes com crescimento. É também sugerido que as plantas de pinhão-mansó necessitam de condições mais favoráveis ao seu pleno desenvolvimento, particularmente no que se refere à oferta de nutrientes no ambiente radicular. Desta forma, produções economicamente viáveis, em plantios comerciais, somente serão

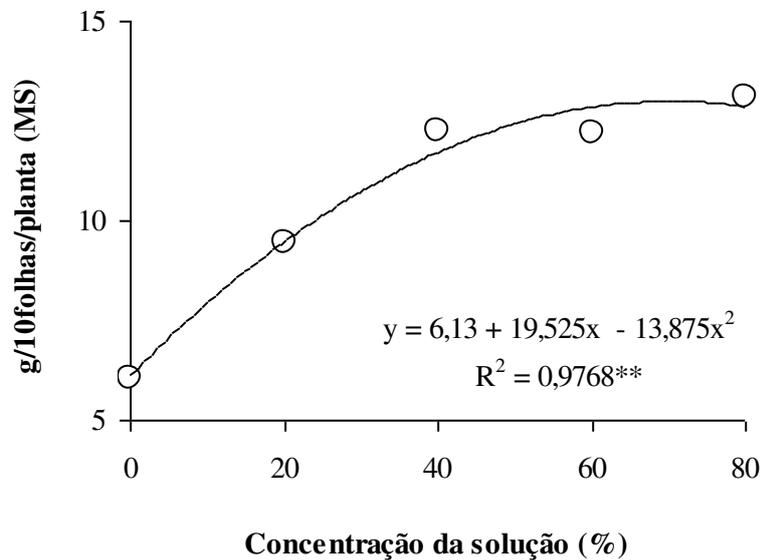


Figura 2 Massa seca foliar (MSF) de plantas jovens de pinhão-mansó cultivadas em substrato irrigado com soluções correspondentes a 0 (controle experimental), 20, 40, 60 e 80% da concentração original da solução de Hoagland, por um período de 90 dias. ** ($P < 0,01$). (MS), massa seca

atingidas com substancial aporte de nutrientes. Portanto, a idéia que o pinhão-mansó é uma planta pouco exigente em nutrientes reflete apenas uma de suas aptidões para enfrentar condições inóspitas de cultivo e não deve ser considerada como referência quando se deseja obter grandes rendimentos de grãos com fins, por exemplo, de produção de biodiesel.

4.2.2 Massa Seca do Caule e Raízes

A acumulação de massa seca nos caules por plantas de pinhão-mansó se ajustou ao modelo quadrático de regressão e foi intensa com o aumento da força iônica da solução

nutritiva até 20% de sua força iônica original (Figura 2A, Imagem 2), mas com tendência de redução em valores superiores a 60%. O mesmo padrão foi observado para a acumulação de massa seca nas raízes (Figura 2B) diferindo em que no maior nível de nutrientes (80% da solução de Hoagland original) a redução de massa seca das raízes foi bem maior se comparada aos respectivos controles.

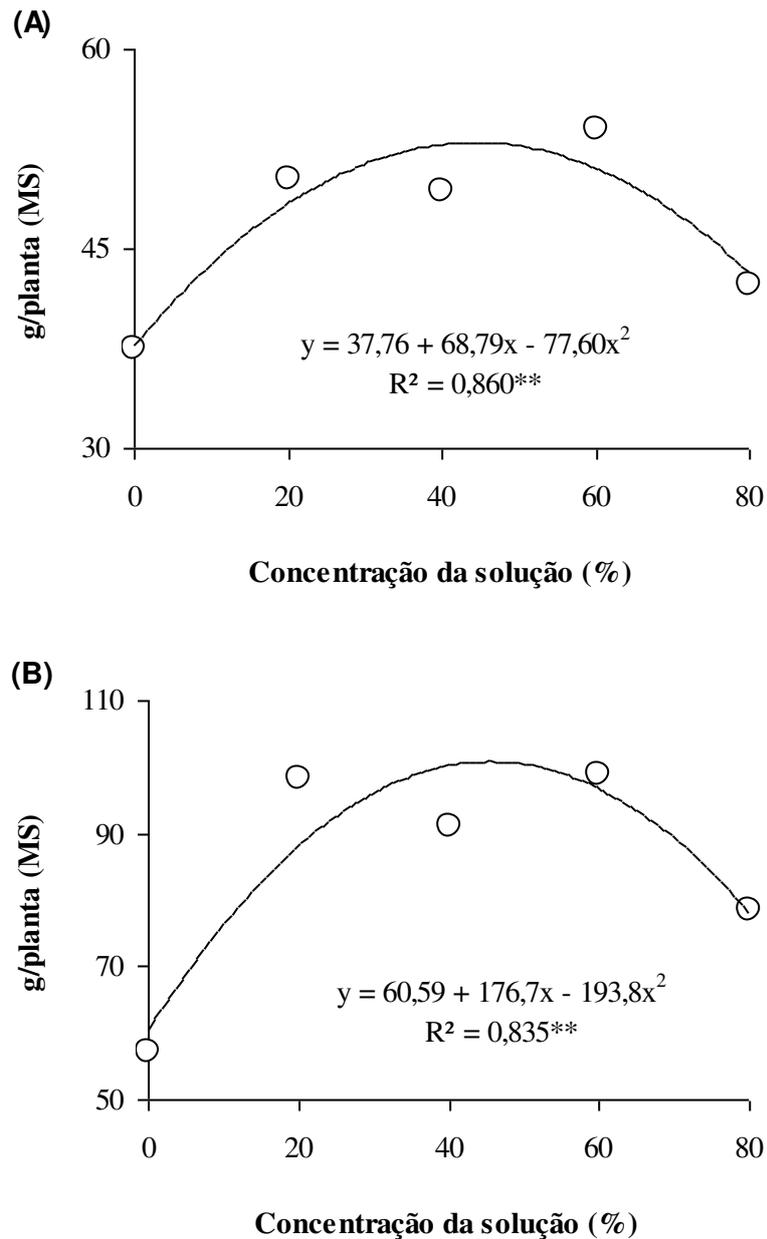


Figura 3. Massa seca de caule (A) e raízes (B) de plantas jovens de pinhão-manso cultivadas em substrato irrigado com soluções correspondentes a 0 (controle experimental), 20, 40, 60 e 80% da concentração original da solução de Hoagland, por um período de 90 dias. ** ($P < 0,01$); (MS), massa seca

Plantas cultivadas por 5 meses em condições de casa de vegetação, no Estado de Minas Gerais, apresentaram maior acúmulo de massa seca no caule que nas raízes, portanto, um resultado diferente daquele observado no presente estudo, independente do tratamento considerado; ainda nesse caso, segundo Pacheco *et al.* (2009), a menor acumulação de massa seca pelas raízes foi explicada pelo fato que o caule é um órgão estrutural da planta e, também, por ser um órgão de reserva. É interessante ressaltar que no estudo exploratório conduzido por Pacheco *et al.* (2009), as plantas foram cultivadas em vasos com metade do volume de substrato utilizado no presente estudo o que pode ter, ao menos em parte, comprometido o desenvolvimento pleno das raízes das plantas de pinhão-manso.



Figura 4. Detalhe das raízes de pinhão-manso após 50 dias de cultivo em condições de casa de vegetação

O pinhão-manso é uma planta caducifólia e os seus órgãos caule e raízes são tipicamente estruturas de reserva de nutrientes (PACHECO *et al.*, 2009). É, portanto, presumível que oferta de nutrientes, no ambiente de crescimento das raízes, acima daquela considerada fisiológica sinalize menor necessidade de síntese de compostos de reservas para estocagem nas estruturas caulinares e radiculares com reflexos no peso global de ambos os órgãos.

As raízes são importantes na absorção de água e de nutrientes do solo e na síntese de reguladores de crescimento da planta, principalmente aqueles dos grupos das citocininas. Estes hormônios se movimentam na direção dos pontos de crescimento da parte aérea das plantas e faz com que esses sítios se tornem mais hábeis na aquisição das reservas demandadas para o crescimento (LARCHER, 2000).

O órgão radicular é responsável pelo acúmulo de substâncias de reserva cruciais para o desenvolvimento do pinhão-manso, portanto quando esta planta é cultivada em ambiente

desfavorável ao seu desenvolvimento se espera que efeitos deletérios como redução na produção de fitomassa possam prejudicar o seu crescimento, bem como a distribuição de compostos entre os demais órgãos (SILVA *et al*, 2009) Os efeitos em adição às conseqüências de uma redução na acumulação de massa radicular sobre o desempenho da planta, em termos de absorção de nutrientes e do seu status em água, serão discutidos em tópico subsequente.

4.2.3 Relação Parte Aérea/Raízes

Além de serem importantes ferramentas para predição dos hábitos da planta, algumas características específicas das raízes como massa acumulada, ângulo de distribuição e, também, crescimento longitudinal e secundário em relação à parte aérea das plantas, são caracteres que devem ser aproveitados em programas de melhoramento genético (BELTRÃO, 2006).

No presente estudo, a relação parte aérea/raízes foi maior que 1,0 (ou 1,14) no controle experimental (Figura 3) indicando que, em condições de reduzida oferta de nutrientes, a partição de fotoassimilados beneficiou mais a parte aérea das plantas jovens de pinhão-mansó que suas raízes. No tratamento correspondente a 40% da força iônica da solução nutritiva de Hoagland (T3), onde a produção de massa seca foliar atingiu maior valor calculado, a relação parte aérea/raízes foi 0,97 (Figura 3).

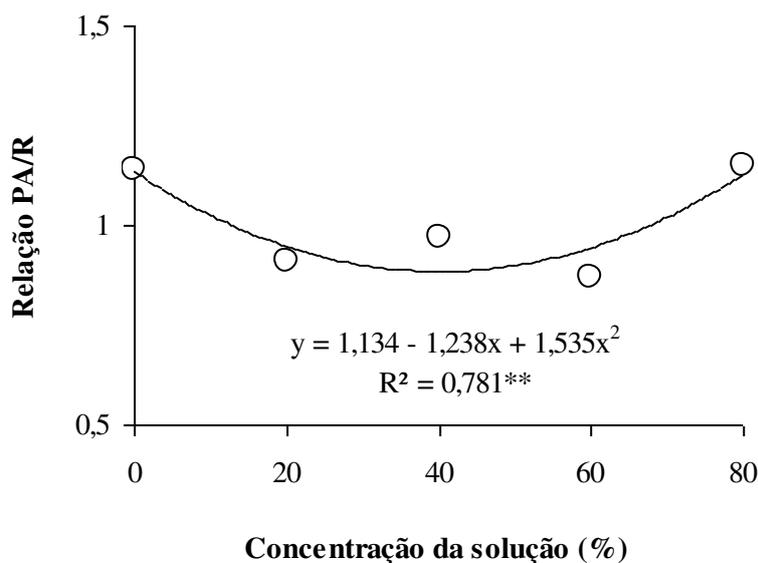


Figura 5 Relação parte aérea/raiz de plantas jovens de pinhão-mansó cultivadas em substrato irrigado com concentrações correspondentes a 0 (controle experimental), 20, 40, 60 e 80% da força iônica original da solução de Hoagland, por um período de 90 dias. ** ($P < 0,01$)

Este resultado demonstra que em condições ótimas de cultivo as plantas jovens de pinhão-mansão compatibilizam equanimente o crescimento da parte aérea com o crescimento das raízes. Por outro lado, quando a oferta de nutriente está acima do nível limiar, caso em que as plantas foram irrigadas com 80% da força iônica original da solução de Hoagland, a distribuição de fotoassimilados passou, mais uma vez, a beneficiar a parte aérea; essa distribuição é geneticamente controlada, contudo é objeto de modificações por fatores externos a exemplo da nutrição. Neste caso, a relação parte aérea/raízes passou a ser maior que 1,0, ou 1,15 (Figura 3). Portanto, modificações para acima ou para baixo da relação parte aérea/raízes considerada típica ou limiar, para uma determinada espécie de planta, pode ser indicação de variações no metabolismo geral, mas nem sempre estas variações são negativas. Segundo Carneiro *et al*, (2004) a relação parte aérea/raízes de plantas de pinhão-mansão decresceu quando cultivadas em ambiente salinizado artificialmente e isto, segundo os autores, ocorreu devido ao efeito negativo que a salinidade causou às raízes.

De forma geral, existem quatro modelos que tentam explicar o controle da relação parte aérea/raízes: (a) o modelo alométrico propõe uma relação fixa nas taxas de crescimento das raízes e da parte aérea; (b) o modelo do equilíbrio funcional se baseia na atividade das raízes e da parte aérea; (c) o modelo de Thornely que leva em consideração a absorção e transporte de carbono e nitrogênio e (d) o modelo hormonal que sugere que as raízes produzem hormônios que controlam a parte aérea e vice-versa (BASTOW, 1988).

4.2.4 Altura das Plantas e Número de Folhas

Constataram-se diferenças significativas entre os tratamentos com aumento da força iônica da solução nutritiva, nas variáveis altura da planta e número de folhas, somente a partir dos 20 dias da aplicação dos tratamentos (DAT), ou plantas com 45 dias de idade (Figuras 4A e B). A exemplo do que ocorreu com outros parâmetros de produção (itens anteriores), a altura da planta e o número de folhas, nos tratamentos T3, T4 e T5, responderam positivamente ao aumento da disponibilidade de nutrientes, estabilizaram aos 20 DAT e se mantiveram constante a partir da concentração correspondente a 40% da força iônica da solução utilizada na irrigação das plantas (Figura 5).

Esses dados reforçam a idéia que o tratamento T3 (40% da força iônica da solução) estabeleceu a concentração limiar de nutrientes para o pinhão-mansão nas condições experimentais utilizadas no presente estudo. Em experimento conduzido por Trajano *et al*. (2009), plantas de pinhão-mansão foram cultivadas com três diferentes tipos de adubo

(orgânico, mineral e fertilidade natural), as plantas testadas com adubo mineral apresentaram as melhores médias de altura e número de folhas, corroborando a importância da nutrição no desenvolvimento da planta.

Considerando os tratamentos T3, T4 e T5 nos quais, em média, o crescimento, ao longo do tempo, foi similar, se percebe que com o incremento observado durante o período de estudo (35 dias), desde o início do experimento, a altura da planta foi praticamente triplicada (Figura 4 A). De acordo com Arruda *et al*, (2004), o pinhão-manso é uma cultura que apresenta um característico crescimento rápido podendo alcançar mais de cinco metros em sua fase adulta. Por seu crescimento rápido, Purcino e Drumond (1986) comentaram que o pinhão-manso é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em biodiesel e favorável ao uso da mão-de-obra familiar, como acontece com a cultura da mamona, sendo mais uma fonte de renda para o pequeno produtor, em especial da Região Nordeste. Além disso, como uma cultura perene, pode ser utilizado na conservação do solo, pois o cobre com uma camada de matéria orgânica, reduzindo, dessa forma, a erosão e também a perda de água por lixiviação.

No mesmo período estudado, o número de folhas para os três tratamentos considerados (T3, T4 e T5), aumentou, aproximadamente, seis vezes, criando uma área fotossintetizante considerável e, portanto, necessária para sustentar o rápido crescimento observado. Isto pode ser explicado, também, pelo fato das plantas, nos tratamentos considerados, estarem sendo cultivadas em condições ótimas de cultivo, pois, esta espécie é exigente em água na sua fase inicial e sua quantidade de folhas é influenciada pela quantidade de água disponível no solo (SILVA *et al*, 2009).

De acordo com Silva (2009) o teor de água no solo exerceu impacto linear crescente no número de folhas do pinhão-manso. No caso do presente estudo, e considerando que a disponibilidade de água foi igual para todos os tratamentos aplicados, se pode sugerir que o aumento do número de folhas decorre do aumento da concentração de íons nutrientes no ambiente das raízes.

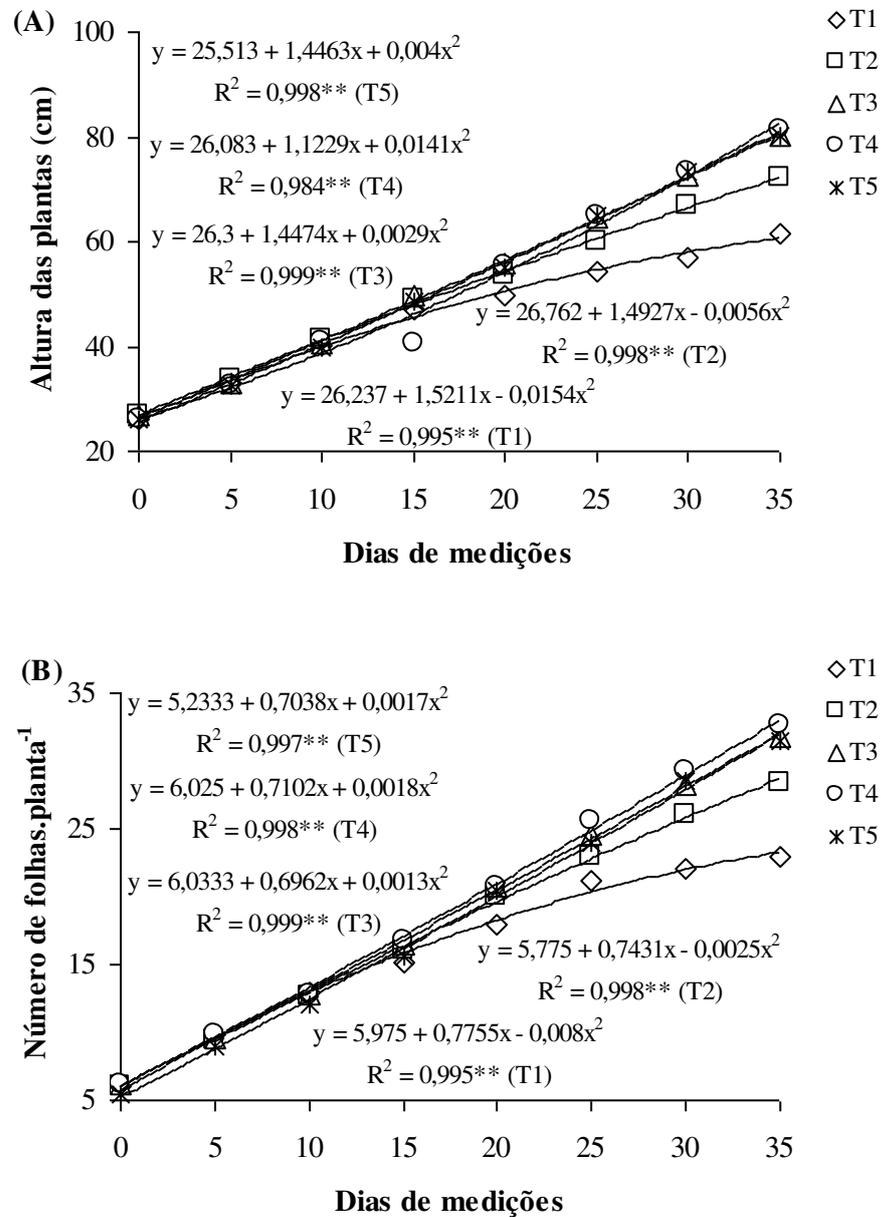


Figura 6 Altura (A) e número de folhas (B) em plantas jovens de pinhão-mansó cultivadas em substrato irrigado com soluções correspondentes a 0(T1), 20(T2), 40(T3), 60(T4) e 80%(T5) da concentração original da solução de Hoagland no início (Tempo 0) e aos 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 dias de tratamento. $** (P < 0,01)$. (MS), massa seca

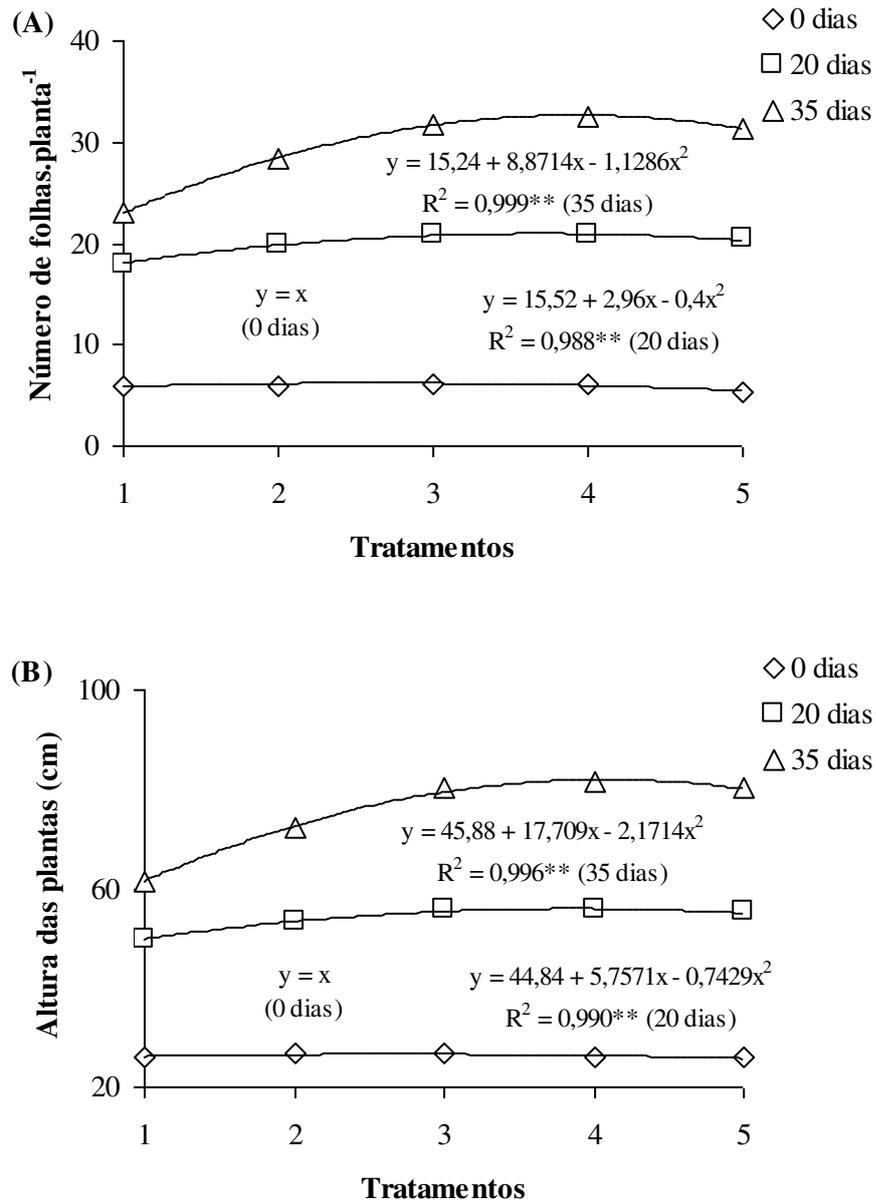


Figura 7 Número de folhas (A) e altura (B) em plantas de pinhão-mansão cultivadas em substrato irrigado com concentrações crescentes da solução de Hoagland nos tempos 0, 20 e 35 dias. ** ($P < 0,01$)

4.3 Estatus Nutricional da Planta

4.3.1 Concentração de Nitrogênio e Proteínas Totais no Tecido Foliar

A importância de N para o metabolismo de plantas de pinhão-mansão ainda não tem sido adequadamente investigada. Em estudo recente foi observado que, entre os principais solutos inorgânicos, o nitrato foi o terceiro mais importante para o ajustamento osmótico celular do

pinhão-mansão, em condições fisiológicas (SILVA, 2009). Ainda nesse estudo foi observado que compostos de nitrogênio como aminoácidos livres, prolina e glicina betaina, foram fundamentais para o equilíbrio iônico celular. No presente estudo as concentrações foliares de N se ajustaram ao modelo quadrático de regressão (Figura 6A).

Comumente o nitrogênio é absorvido como nitrato, amônio ou uréia; no entanto, o nitrato, uma vez absorvido, no interior da planta, é reduzido até amônio e combina-se com vários outros compostos orgânicos, a exemplo de glutamato, originando glutamina além de outros produtos. No presente estudo foi constatada presença abundante de folhas axilares particularmente nas maiores doses de N, o que pode ser prejudicial ao crescimento futuro da planta por aumentar a demanda por nutrientes. Algumas observações também apontaram o nitrogênio como um dos elementos nutrientes que podem gerar precocidade de floração por induzir maior maturidade fisiológica em menor tempo (VIÉGAS, 1999). Estas observações somente serão validadas, ou não, em estudos adicionais.

A concentração de proteínas totais nas folhas das plantas de pinhão-mansão, estimadas a partir das concentrações foliares de N, se constitui em forte indicativo do estatus nutricional das plantas. Os resultados observados na Figura 6B mostram que a concentração das proteínas totais, nas folhas das plantas de pinhão-mansão, teve forte incremento até o tratamento correspondente a 40% da força iônica da solução nutritiva (T3), seguido de pequenos acréscimos nos tratamentos subsequentes. Desta forma, aumentos na força iônica da solução nutritiva, acima de 40%, com conseqüente aumento da disponibilidade do íon nitrato, não induziram alterações importantes no metabolismo das proteínas.

O metabolismo de N é quase sempre influenciado por estresses abióticos, a exemplo da salinidade do solo, evento que é frequentemente encontrado em regiões áridas e semi-áridas. A mamoneira, uma planta pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma do pinhão-mansão, aumentou a concentração de proteínas totais radicular com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva de 2 para 10 dS.m⁻¹. Neste mesmo trabalho as concentrações de N-protéico no caule e nas folhas não sofreram impacto do estresse induzido (RODRIGUES, 2007).

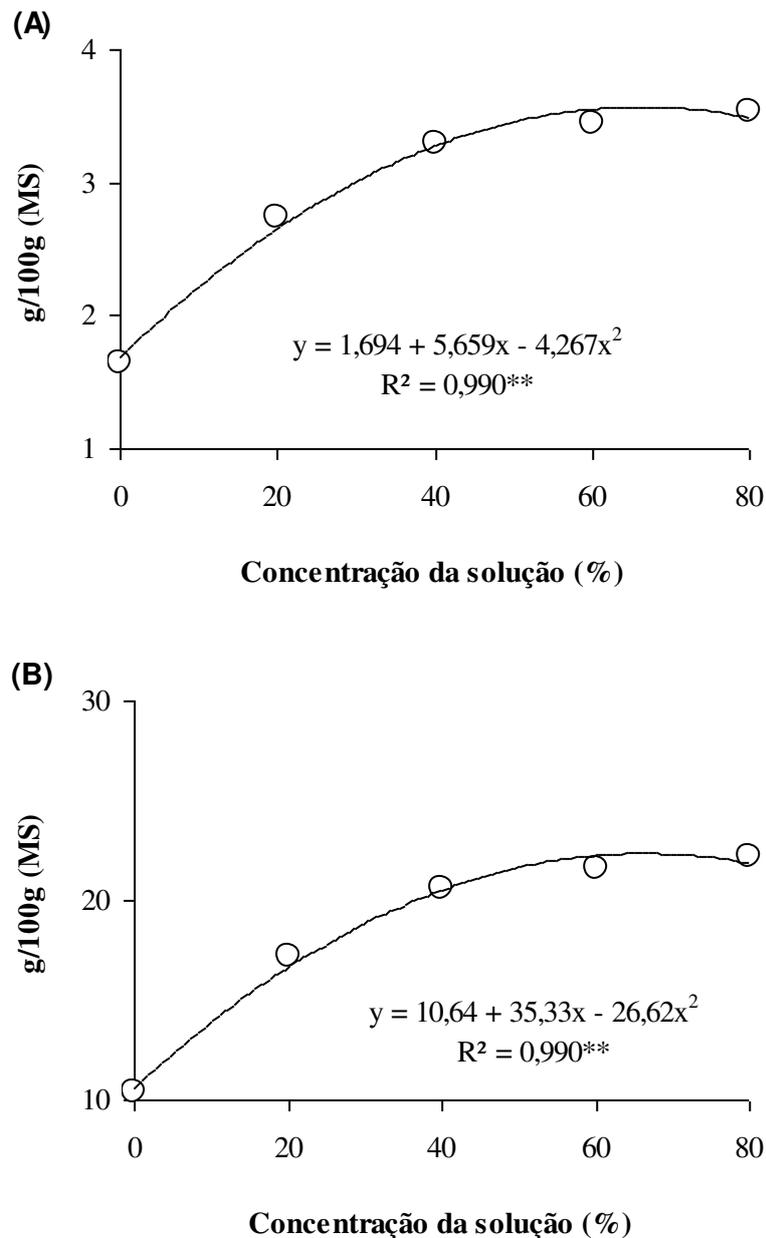


Figura 8 Concentração de nitrogênio (A) e proteínas totais (B) em folhas de plantas de pinhão-manso cultivadas em substrato irrigado com soluções correspondentes a 0(T1), 20(T2), 40(T3), 60(T4) e 80%(T5) da concentração original da solução de Hoagland. ****** ($P < 0,01$). (MS), massa seca

No caso do presente estudo não é possível prever se o aumento da força iônica da solução nutritiva acima de 40% tenha causado estresse iônico em plantas de pinhão-manso e, em consequência, reduzido as taxas de incorporação de N em proteínas. Portanto, é plausível sugerir que as concentrações de proteínas totais tenham, nos níveis acima de 40% da força iônica da solução nutritiva, atingido o seu patamar limite que, por sua vez, está sob rígido controle genético da planta. Se este evento realmente aconteceu é, então, esperado que nos

tratamentos T4 e T5 as concentrações de aminoácidos livres totais, bem com as de proteínas livres totais, tenham aumentado e, a princípio, funcionariam como fontes de reserva. Evento similar a este sugerido foi observado em trabalho recente (Melo *et al*, 2009), onde plantas de andiroba foram cultivadas sob condições de estresse hídrico e apresentaram aumento significativo nos seus teores em proteínas solúveis totais nas folhas. Em oposição a isto, Lechinoske *et al* (2007) observaram diminuições drásticas nos teores de proteínas solúveis totais em plantas de teca cultivadas em condições experimentais semelhantes ao trabalho citado acima; de acordo com os pesquisadores, este episódio está relacionado diretamente ao aumento da atividade de enzimas proteolíticas as quais quebram as proteínas estruturais das plantas (LECHINOSKE *et al*, 2007).

Em relação ao controle experimental, a concentração de proteínas totais foi praticamente duas vezes maior no tratamento 3 (T3). Essa tendência de comportamento coincidiu com aquelas observadas para as variáveis de crescimento avaliadas neste estudo e mostra que concentrações de N-NO₃ acima daquela observada no tratamento T3 não são capazes de modificar, de forma substancial, a concentração das proteínas totais em folhas de plantas jovens de pinhão-manso. Em plantas de atriplex foram observadas reduções nos teores de proteínas totais quando cultivadas em condições de estresse iônico (BRILHANTE, 2007) o que foi sugerido ser resultado de distúrbios no metabolismo de proteínas e aminoácidos decorrentes do estresse induzido (SILVEIRA *et al*, 2003).

As proteínas em plantas, como em outros organismos, são constantemente degradadas e restabelecidas. Embora à primeira vista isto pareça um pouco antieconômico para os padrões celulares, uma observação mais efetiva mostrou que é essencial e permite as plantas a reutilização de aminoácidos, alterando seu conteúdo protéico durante o desenvolvimento a fim de se adaptar às novas condições ambientais (PIZA *et al*, 2003) e de cultivo. Em outro estudo foi constatado que os teores de proteínas totais solúveis (parte das proteínas totais) foram maiores quanto menores as temperaturas a que as plantas foram submetidas. Concluiu-se que as baixas temperaturas aumentam a atividade da enzima peroxidase em plantas de pinhão-manso até o ponto em que se iniciam os danos, quando a atividade passa a decrescer e assim pode ser utilizada como indicativo de sensibilidade (ANDRADE, 2007). Nessa mesma linha, o teor de proteínas totais solúveis tem sido utilizado para prever modificações no metabolismo de plantas de pinhão-manso cultivadas em condições de salinidade (CUNHA *et al.*, 2009).

4.3.2 Concentração de Fósforo no Tecido Foliar

Houve incremento na concentração de P em folhas de pinhão-mansinho com o aumento da disponibilidade deste nutriente e o maior acúmulo foi observado no tratamento 5 que corresponde a 80% da força iônica original da solução nutritiva utilizada na irrigação (Figura 7). Chama a atenção o fato de que a concentração foliar de P aumentou a despeito da redução observada na massa seca radicular (Figura 2B). É sugerido, portanto, que o aumento na concentração de P do tratamento T3 para o T5 compensou, ao menos em parte, a redução ocorrida na massa seca radicular. Como exemplo, no tratamento 3 (40% da força iônica da solução) a massa radicular foi cerca de 25% maior que a registrada no tratamento 5 (80% da força iônica da solução) enquanto que a sua concentração de P foliar foi 50% menor. Duas sugestões ainda podem ser retiradas: (1) o fósforo não limitou o crescimento das plantas e (2) o pinhão-mansinho é extremamente eficiente na absorção de P, mas não na sua utilização uma vez que aumentos nas concentrações foliares deste nutriente não resultaram em ganho de massa seca nos órgãos estudados (folhas, caule e raízes) em concentrações superiores a 40% da força iônica da solução nutritiva.

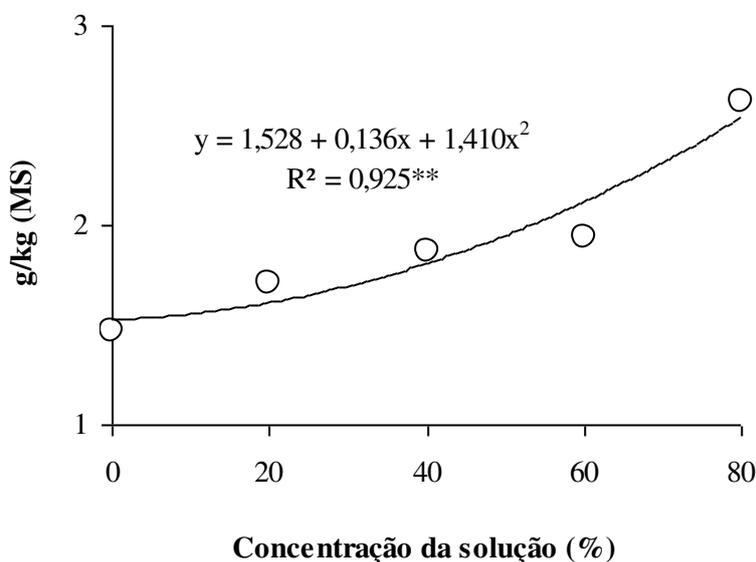


Figura 9 Concentração de fósforo em folhas de plantas de pinhão-mansinho cultivadas em substrato irrigado com soluções correspondentes a 0(T1), 20(T2), 40(T3), 60(T4) e 80%(T5) da concentração original da solução de Hoagland. ****** ($P < 0,01$). (MS), massa seca

Na literatura, as respostas das plantas de pinhão-mansinho à adubação fosfatada têm sido dissonantes. Enquanto a aplicação da adubação fosfatada não resultou em incrementos

significativos na altura de plantas de pinhão-mansão no primeiro ano de cultivo (ERASMO *et al.*, 2009), ao contrário tem sido sugerido que o pinhão-mansão é responsivo a adubação fosfatada (SANTOS *et al.*, 2007). Alguns autores afirmam que o fato do pinhão-mansão não responder positivamente a adubação com fósforo pode indicar que plantas desta espécie não necessitam de altas concentrações deste nutriente na solução do solo durante os primeiros anos de desenvolvimento da cultura (LAVIOLA; DIAS, 2008). Para confirmar esta hipótese vale enfatizar estudo desenvolvido com plantas adultas em fase de produção e com similar porte; onde, aquelas que não foram adubadas com P pouca ou nenhuma produção de frutos ocorreu, enquanto com as adubadas obtiveram produção esperada (COSTA *et al.*, 2009). Segundo evidências fisiológicas, os efeitos positivos da adubação fosfatada deve-se ao fato do P promover a formação e o crescimento das raízes melhorando, desta forma, a eficiência no uso de água (SOUZA *et al.*, 2007).

4.3.3 Concentrações de Sódio e Potássio no Tecido Foliar

Plantas de pinhão-mansão são consideradas incluídas de íons salinos, principalmente sódio; esta afirmação foi retirada de um estudo recente onde se constatou que esta espécie de planta não apresenta mecanismos foliares para exclusão de sódio (SILVA, 2009).

No presente estudo a água utilizada na produção da solução para irrigar as plantas, inclusive as do controle experimental, foi coletada em um açude da Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, PB, e suas concentrações em sódio e potássio foram, respectivamente, 0,29 e 0,07 mmol.L⁻¹, a condutividade elétrica (CE) foi 0,2 dS.m⁻¹ e o potencial de hidrogênio (pH) foi 7,0. Como registrado no Quadro 2, a concentração de potássio ofertada às plantas, durante todo o período experimental, variou de 1,2 (Tratamento 1) a 4,8 mmol.L⁻¹ (Tratamento 5), portanto a disponibilidade quantitativa de potássio para as plantas foi maior que a de sódio. Apesar deste cenário, e da reduzida oferta de sódio (0,29 mmol.L⁻¹) via água de irrigação, a concentração foliar deste elemento foi maior que a de potássio em todos os tratamentos testados no presente estudo (Figuras 8 e 9). Estes resultados atestam a sugestão de Silva (2009) que o pinhão-mansão é uma planta incluída fato, que, de certa forma, deve estar relacionada a uma competição de sódio por potássio, em nível de membrana celular, durante o processo de absorção.

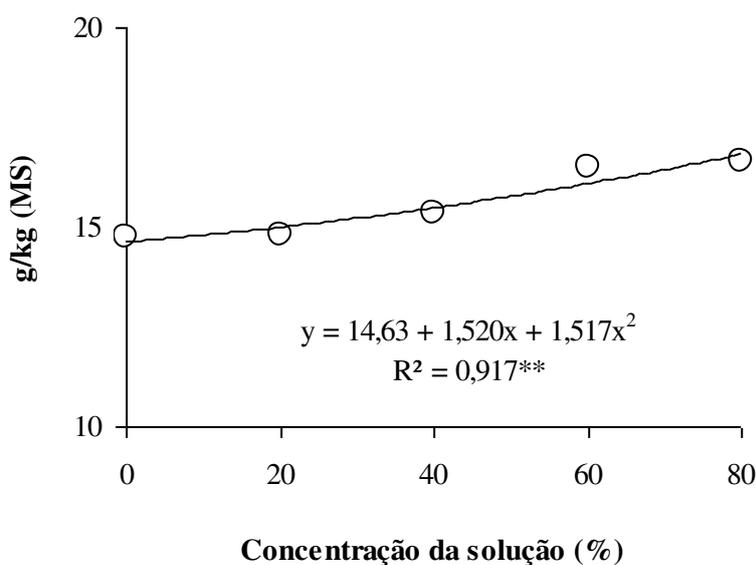


Figura 10 Concentração de potássio em folhas de plantas de pinhão-manso cultivadas em substrato irrigado com soluções correspondentes a 0(T1), 20(T2), 40(T3), 60(T4) e 80%(T5) concentração original da solução de Hoagland. ****** ($P < 0,01$). (MS), massa seca

Os efeitos do sódio, mesmo em baixa concentração sobre a fisiologia e a absorção de potássio, em plantas superiores, ainda não foram completamente elucidados (VIÉGAS, 1999) e quando a espécie considerada é o pinhão-manso as informações são ainda escassas. Em estudo recente, foi visto que o íon sódio exerce impacto negativo na absorção de potássio (SILVA, 2009). Segundo o autor, o aumento da concentração de sódio na água de irrigação até 25 mM reduziu a relação K^+/Na^+ , nas folhas, de 4,0 para 0,5. De acordo com Rodrigues (2009), a temperatura elevada, freqüente nas regiões semi-áridas, favorece o fluxo de sódio para a parte aérea em plantas de pinhão-manso sendo este efeito frequentemente potencializado pela deficiência de potássio na solução que banha as raízes.

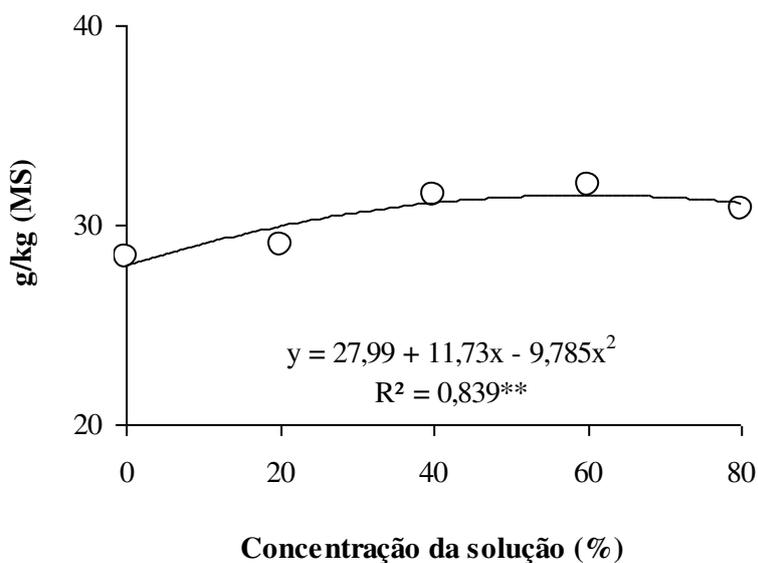


Figura 11 Concentração de sódio em folhas de plantas de pinhão-mansó cultivadas em substrato irrigado soluções correspondentes a 0(T1), 20(T2), 40(T3), 60(T4) e 80%(T5) da concentração original da solução de Hoagland. ****** ($P < 0,01$). (MS), massa seca

Chama a atenção o fato de que o aumento da concentração de potássio na solução externa de 0,07 (controle experimental) para 4,8 mmol.L⁻¹ (T5), portanto 68 vezes maior, não resultou em grandes acréscimos nos teores foliares deste elemento, ou seja: 14,77 a 16,65 mmol.L⁻¹, respectivamente (Figura 8). Por outro lado, a baixa concentração de sódio na solução externa foi suficiente para que as plantas acumulassem substanciais quantidades do elemento. Como exemplo, nos tratamentos 1 e 5 a acumulação de sódio, transformada, atingiu 2,8 e 3,1%, respectivamente em base de massa seca. Esses resultados são sugestivos que plantas de pinhão-mansó apresentam grande afinidade por sódio.

5 CONCLUSÕES

1- O pinhão-manso respondeu ao aumento da fertilidade do substrato e apresentou continuado e vigoroso crescimento até o aumento da oferta de nutrientes alcançar 40% da concentração da solução de Hoagland.

2- A considerável acumulação foliar de Na^+ , a despeito de sua reduzida disponibilidade na solução de irrigação, indica que plantas de pinhão-manso não possuem mecanismo de exclusão para este íon o que, potencialmente, pode levar a danos celulares irreversíveis sob estresse salino.

3- A maior acumulação foliar de Na^+ , relativamente a K^+ , nas condições em que o estudo foi conduzido, mostra que as plantas de pinhão-manso possuem uma maior afinidade pelo primeiro elemento, em nível de membrana, durante o processo de absorção.

4- Os padrões de comportamento apresentado tanto pela acumulação de massa seca das folhas como pelo crescimento em altura das plantas de pinhão-manso se correlacionaram bem mais com o conteúdo total de N no tecido foliar do que com os conteúdos de P e K.

5- A distribuição de massa seca entre parte aérea e raízes foi dependente da oferta de nutrientes, sendo as raízes do pinhão-manso o órgão mais sensível às variações induzidas na fertilidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, I. N. Nitrogênio e fósforo na produção vegetal e na indução de mucilagem em plantas de insulina. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.4, p. 536-540, 2002.

ALBUQUERQUE, W. G.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; FILHO, J. L. S. **Comportamento das variáveis de crescimento do pinhão-mansão em função de níveis de água disponível no solo e adubação nitrogenada**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-mansão, Brasília, 2009.

ALVIN, M. J.; BOTREL, M. A. Efeitos de doses de N na produção de leite de vacas em pastagens de coast-cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, 2001.

ANDRADE, G. A. Temperatura mínima letal e delimitação das áreas de baixo risco de geadas para o cultivo do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) no estado do Paraná. **Universidade Federal de Londrina**. 100p, 2007.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 1, p. 789-799. 2004.

BASTOW, J. W. An Experimental Investigation into the Response of Some New Zealand Sand Dune Species to Salt Spray. **Annual Botanic**, v.2, p.62, 1988

BELTRÃO, N. E. M. Agronegócio das oleaginosas no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 26, p. 44-78, 2005.

BELTRÃO, N. E. M. **Considerações gerais sobre o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras**. Disponível em: www.mda.gov.br. 2006.

BORGES, A. L.; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA, A. A.; ALMEIDA, I. E.; CALDAS, R. C. Produtividade e qualidade de maracujazeiro-amarelo irrigado, adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n. 1, p. 259-262, 2005.

BRADY, N. C. Suprimento e assimilabilidade de fósforo e potássio. In: Brady, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7 ed., p. 373-413, 1989.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT, (Documentos, 16), 364p, 1985.

BREDEMIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BRILHANTE, J. C. A.; ROCHA, I. M. A.; MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Influência do tempo de aclimatação na resposta do cajueiro à salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 173-179, 2007.

CALVIN, M. Fuel oil from Euphorbs and other plants. **Botanical of Linnean Society**, v. 94, p. 97-110, 1987.

CAMARGOS, S. L. **Teores, acúmulo e redistribuição de macronutrientes em castanheira-do-Brasil**. Tese de doutorado em Ciências. Centro de Energia Nuclear da Agricultura. UFMT, 2005.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; VIANA, S. B. A. Salt tolerance of precocious dwarf cashew rootstocks - physiological and growth indexes. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 1, p. 9-16, 2004.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. Disponível em: <www.ufmg.br>, 2003.

CHAGAS, E.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. M. G. Decomposição e liberação do nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 723-729, 2007.

CORTESÃO, M. Culturas tropicais: plantas oleaginosas. **Clássica**, 231p, 1956.

COSTA, N. V.; ERASMO, E. A. L.; DORNELAS, B. F.; DORNELAS, D. F.; SARAIVA, A. S. **Crescimento de plantas de pinhão-mansão em resposta à adubação fosfatada: 1º ano de avaliação**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-mansão, Brasília, 2009.

COSTA, R. V.; FERNANDES, L. A.; MAIO, M. M.; SAMPAIO, R. A.; SATURNINO, H. M.; PRATES, F. B. S.; XAVIER, M. N.; ZUBA JUNIOR, G. R. **Crescimento inicial de pinhão-mansão em função de diferentes profundidades da cova e formas de adubação com lodo de esgoto em área degradada**. Disponível em: www.biodiesel.gov.br, 2007.

CUNHA, P. C.; SILVA JUNIOR, G. S.; CAMARA, T. R.; WILADINO, L. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de pinhão-mansão sob estresse salino**. XII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Fortaleza, 2009.

DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; DIAS, D. C. F. S. **Cultivo de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa. v. 1. 40p, 2007.

DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B.; PAIVA, L. E.; MORGADO, L. B.; REIS, E. M. **Produção do pinhão-manso no semi-árido brasileiro**. Congresso Internacional de Agroenergia e Biocombustíveis, 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed. Editora Planta, 416p, 2006.

ERASMO, E. A. L.; MATA, J. F.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R.; SILVA, A. A. **Desenvolvimento de plantas de pinhão-manso em resposta à adubação fosfatada (1º ano)**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

FOIDL, N.; FOIDL, G.; SANCHEZ, M.; MITTELBAACH, M.; HACKEL, S. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. **Bioresource Technology**, v. 58, p. 77-82, 1996.

GLOBO RURAL. **Biodiesel o petróleo verde**. Novembro. p.45, 2006.

GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; SILVA, M. L.N.; RENO, N. B.; MACHADO, R. A. F. Adsorção de fósforo em solos de várzea do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 27-34, 2000.

HELLER, J. Physic nut. *Jatropha curcas* L. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. **Plant Genetic Resources Institute**, 44 pp, 1996.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. University of California, (Circular, 347), 1950.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, 531p, 2000.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5. 2008.

LECHINOSKI, A.; FREITAS, J. M. N.; CASTRO, D. S.; LOBATO, A. K. S.; NETO, C. F. O.; CUNHA, R. L. M. Influência do estresse hídrico nos teores em folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 927-929, 2007.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. **Informações Agronômicas**, n. 111, 2005.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989.

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

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. **Academic Press**, 889p, 1995.

MELO, G. F.; FONSECA, L. C. N.; NEVES, H. K. B.; SILVA, H. A. S.; CRUZ, F. J. R.; LOPES, M. J. S.; COSTA, R. C. L. **Acúmulo de proteínas solúveis totais em folhas de mudas de andiroba submetidas ao déficit hídrico**. XII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Fortaleza, 2009.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. **International Potash Institute**, 593p, 1987.

MEURER, E. J. Potássio. **In:** Fernandes, M. S. Nutrição mineral de plantas. Universidade Federal de Viçosa, p. 281-298, 2006.

MILLER, M. H. Effects of nitrogen on phosphorus absorption by plants. **University press of Virginia**, p. 643-668, 1974.

Monteiro, J. M. G. Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semi-árido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Tese de Doutorado em Ciência de Planejamento Energético. Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 302p, 2007.

MORAIS, D. L. B.; KAKIDA, J.; SILVA, V. A. **Reguladores de crescimento na cultura do pinhão-mansão**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-mansão, Brasília, 2009.

MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A.; MARINHO, R. F. **Impacto da nutrição mineral no crescimento inicial do pinhão-mansão**. XII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Fortaleza, 2009.

MUSHAKA, A. An overview of the distribution, quantity, site location, management and use of *Jatropha curcas* in Zimbabwe. **Exploring the Potential of *Jatropha curcas* in Rural Development and Environmental Protection**, p. 62-68, 1998.

NASCIMENTO SILVA, E.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S.; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p. 437-445, 2009.

NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F.; GRANGEIRO, L. C.; SALES JUNIOR, R.; MENEZES, J. B. Cultivo do melão no pólo Rio Grande do Norte-Ceará. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.3, 2003.

NÓBREGA, J. A.; AZEVEDO, C. A. V.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; NÓBREGA, J. A.; NETO, J. D. **Adubação fosfatada do pinhão-manso: efeitos sobre a biomassa seca.** I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

NOVAIS, F. R.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV, 1999.

NUNES, C. F. Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de Pinhão- manso (*Jatropha curcas* L.). **Lavras**, 78p, 2007.

OLIVEIRA, S. J. C.; BELTRÃO, N. E. M.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; SILVA, P. O.; NÁPOLES, F. A. M. **Fitomassa seca epígea do pinhão-manso (*jatropha curcas* L.) submetida à adubação orgânica e química.** I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; MENDES, L. D.; PRATES, F. B. S.; SOARES, F. R.; PAULA, T. O. M.; SOUZA, L. C. A. **Produção de massa vegetal e composição mineral de plantas de pinhão-manso.** I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

PEIXOTO, E. M. A. **Fósforo.** Química na nova escola, 2002.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água.** Seropédica: Edur, 191p, 2004.

PINHÃO-MANSO. **Aspectos Gerais da Cultura.** Disponível em: <www.pinhãomanso.com.br> , 2006.

PIZA, I. M. T.; LIMA, G. P. P.; BRASIL, O. G. Atividade de peroxidase e níveis de proteínas em plantas de abacaxizeiro micropropagadas em meio salino. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 4, p. 361-366, 2003.

PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; VALE, D. W. Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. **Maringá**, v. 28, n. 4, p. 527-533, 2006.

PRINCEN, L. H. New oil seed crops on the horizon. **Economic Botany**, v. 37, p. 478-492, 1983.

PURCINO, A. A. C.; DRUMMOND, O.A. Pinhão-manso. **EPAMIG**, 7p, 1986.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHEIM, H. M. Biodiesel: Um Projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, n. 31, p.28-37, 2003.

RODRIGUES, C. R. F.; SOUZA, R. H. V.; LIMA, C. S.; SILVEIRA, J. A. G.; VIÉGAS, R. A. **Particionamento de K⁺ em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob estresses combinados de salinidade e temperatura elevada.** I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

RODRIGUES, C. R. F. **Efeitos do cloreto de sódio sobre o crescimento e concentração de nutrientes da mamoeira.** Dissertação (Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas)) - Universidade Federal do Ceará, 2007.

SAMAKE, F. Valorisation du tourteau de Pourghère comme engrais sur le coton, unpublished project report. **Projet Pourghère**, 1996.

Sandim, A.; VIAN, J. D.; SILVA, A. R. B.; CAMILI, E. C.; SILVA, P. R. A.; MONGELO, A. I. Avaliação de altura de plantas e número de gemas por metro da cultivar RB 83-5486 d cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) em diferentes fontes fosforadas na adubação de base em Campo Grande – MS. **FertBio: Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**, 2008.

SANTI, A. Adubação nitrogenada na aveia preta. I – Influência na produção de massa seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.6, p. 1075-1083, 2003.

SANTOS, S.; FERREIRA JR, E. J.; PIRES, B.; NETTO, A. P. C. **Efeito de diferentes adubações no desenvolvimento inicial de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.).** Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2007.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química de plantas.** Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, 56p. 1974.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) . **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44 – 78, 2005.

SILVA, E. N. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 2, p.240-246, 2009.

SILVA, M. B. R.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; NETO, J. D.; LIMA, V. L. A.; VIÉGAS, R. A. **Produção do pinhão-manso, primeiro ano, irrigado com água residuária.** I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-Manso, Brasília, 2009.

SILVEIRA, A. G. S.; CARDOSO, B. B.; MELO, A. R. B.; VIÉGAS, R. A. Salt-induced decrease in uptake and assimilation in cowpea plants. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 2, 1999.

SILVEIRA, J. A. G.; VIÉGAS, R. A.; ROCHA, I. M. A.; MOREIRA, A. C. D. M.; MOREIRA, R. D.; OLIVEIRA, J. T. A. Proline accumulation and glutamine synthetase activity are increased by salt-induced proteolysis in cashew leaves. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, p. 115-123, 2003.

SIMÕES, W. L.; Drumond, M. A.; Evangelista, M. R. V.; Silva, D. J. **Respostas fisiológicas do pinhão-mansão a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-mansão, Brasília, 2009.

SINGH, S.; MEHTA, R. S. Environment – *Jatropha* diodiesel. **Autocar India**, v. 7, p. 169-175, 2005.

SOARES, M. J.; BRITO, L. T. L.; COSTA, N. D.; MACIEL, J. L.; FARIA, M. B. Efeito de fertilizantes nitrogenados na produtividade de melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1139-1143, 1999.

SOUZA, A. E. C.; NASCIMENTO, E. C. S.; CORREIA, K. G.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. **Teor de nutrientes em pinhão-mansão em função da lâmina de irrigação com água residuária**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-mansão, Brasília, 2009.

SOUZA, H. A.; PIO, R.; CHAGAS, E. A.; REIS, J. M. R.; RODRIGUES, H. C. A.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V. Doses de nitrogênio e fósforo na formação de mudas de tamarindo, **Bioscience Journal**, v. 5, n. 2, 2007.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1609-1618, 2008.

TRAJANO, E. V. A.; NETO, J. D.; ARAÚJO, B. A.; SANTOS, Y. M.; AZEVEDO, C. A. V. **Crescimento e produção do pinhão-mansão irrigado, primeiro ano, sob diferentes adubações no semi-árido paraibano**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-Mansão, Brasília, 2009.

VEDANA, U. A Planta: **Pinhão-Mansão - *Jatropha curcas***. Disponível em: <www.pinhaomanso.com.br>, 2007.

VIÉGAS, R. A. **Assimilação de Nitrogênio e Acumulação de Solutos em Plantas de Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em Resposta ao Estresse Salino**. Tese de Doutorado pela Universidade Federal do Ceará. 1999.