



**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**

**CRESCIMENTO, BIOMASSA E NUTRIÇÃO MINERAL EM PLANTAS DE
PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.) NUTRIDAS COM COMPOSTO ORGÂNICO**

ISIS FERNANDA SILVA MEDEIROS

**PATOS - PB
2012**

**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**

**CRESCIMENTO, BIOMASSA E NUTRIÇÃO MINERAL EM PLANTAS DE PINHÃO-
MANSO (*Jatropha curcas* L.) NUTRIDAS COM COMPOSTO ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências à obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, área de concentração: Ecologia e Manejo dos Recursos Florestais.

Isis Fernanda Silva Medeiros

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas

Patos – PB
2012

**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**

**CRESCIMENTO, BIOMASSA E NUTRIÇÃO MINERAL EM PLANTAS DE PINHÃO-
MANSO (*Jatropha curcas* L.) NUTRIDAS COM COMPOSTO ORGÂNICO**

ISIS FERNANDA SILVA MEDEIROS

APROVADA EM 31 DE JULHO DE 2012

**Prof. Dr. Ricardo Almeida Viégas - UFCG
Orientador**

**Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita - UEPB
1º Examinador**

**Profª Drª. Assíria Maria Ferreira da Nóbrega - UFCG
2º Examinador**

PATOS – PB

2012

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos concedidas, por não me deixar desistir diante das dificuldades e por me confortar nos momentos mais tensos da minha jornada.

À minha mãe, pelo incentivo e apoio incondicional que sempre me dedicou sem os quais eu não teria chegado até aqui.

Ao meu orientador, Ricardo Almeida Viégas, pela dedicação e disponibilidade em me ajudar sempre que eu necessitei.

À secretária do programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Nara Cecília, que, com muito boa vontade, sempre me auxiliou nos momentos em que precisei de sua ajuda.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pelo empenho em contribuir com a construção de um conhecimento mais sólido.

Aos meus colegas e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão do meu trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

Resumo	viii
Abstract	ix
1 Introdução	10
2 Referencial Teórico	12
2.1 Pinhão-manso	12
2.2 Potencial do pinhão-manso para a produção do biodiesel	13
2.3 Utilização de resíduos de pinhão-manso (coprodutos)	15
2.4 Aspectos nutricionais do pinhão manso	17
2.5 Compostos Orgânicos	21
3 Metodologia	23
3.1 Localização do experimento	23
3.2 Material vegetal	23
3.3 Substratos utilizados	23
3.4 Instalação e condução do experimento	23
3.5 Variáveis analisadas	24
3.5.1 Altura de planta (AP) e número de folhas (NF)	24
3.5.2 Massa seca das raízes e da parte aérea	25
3.5.3 Concentração de nutrientes na parte aérea	25
4 Resultados e discussão	26
4.1 Variáveis de crescimento	26
4.1.1 Altura da planta (AP)	26
4.1.2 Número de folhas	29
4.1.3 Massa seca das raízes e da parte aérea	31
4.2 Estatus nutricional das plantas	33
4.2.1 Concentração de N, P e K no tecido foliar	33
4.2.2 Concentração de Ca, Mg e S no tecido foliar	37
4.2.3 Concentração de Fe, Zn, Cu, Mn e B no tecido foliar	39
5 Conclusões	44
Referências	45
Anexos	51

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Resultado da análise química do substrato utilizado na pesquisa	23
Tabela 2 - Composição nutricional dos compostos orgânicos utilizados na pesquisa	24

Lista de Figuras

- Figura 1** - Altura das plantas de pinhão-manso (AP) em cm, aos 30 (A), 60 (B) e 90 (C) dias após o semeio (DAS), cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses 27
- Figura 2** - Número de folhas (NF) em plantas de pinhão-manso, aos 30 (A), 60 (B) e 90 (C) dias após o semeio (DAS), cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses 30
- Figura 3** - Massa seca em raízes (A) e parte aérea (B) de plantas de pinhão-manso, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses 33
- Figura 4** - Acumulação de N (A), P (B) e K (C) em plantas de pinhão-manso, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses 36
- Figura 5** - Acumulação de Ca (A), Mg (B) e S (C) em plantas de pinhão-manso, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses 38
- Figura 6** - Acumulação de Fe (A), Zn (B) e Cu (C) em plantas de pinhão-manso, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses 41
- Figura 7** - Acumulação de Mn (A) e B (B) em plantas de pinhão-manso, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses 43

Lista de Imagens

- Imagem 1** - Plantas de pinhão-manso nutridas com 50% p/p de composto orgânico-1 (20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso) (A), testemunha (0% de composto) (B), e nutridas com 50% p/p de composto orgânico-2 (60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) (C), aos 90 dias após o semeio 28
- Imagem 2** - Plantas de pinhão manso nutridas com composto orgânico-1 (20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso) nas doses (0, 10, 20,30,40 50% p/p), respectivamente (A), e nutridas com composto orgânico-2 (60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) nas doses (0, 10, 20,30,40 50% p/p), respectivamente (B), aos 90 dias após o semeio 31

MEDEIROS, Isis Fernanda Silva. **Crescimento, Biomassa e Nutrição Mineral Em Plantas de Pinhão-Manso (*Jatropha Curcas* L.) Nutridas Com Composto Orgânico**. 2012. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos - PB, 2012.

Resumo

O pinhão-manso apresenta-se 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, inclusive na ótica do aproveitamento dos coprodutos gerados. Estas informações são escassas, principalmente, em razão do número reduzido de pesquisas, o que tem dificultado o conhecimento dos hábitos da espécie. Diante disso, o trabalho objetivou analisar o crescimento inicial e sua relação com os teores de macro e micronutrientes em tecidos foliares de plantas jovens de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), cultivadas com compostos orgânicos originados de torta e casca de pinhão-manso em diferentes proporções e dosagens. Avaliou-se o efeito de dois compostos orgânicos (composto-1 (20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso) e composto-2 (60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) nas doses (0, 10, 20, 30, 40 e 50% p/p), misturados ao substrato de cultivo. O composto orgânico-1 influenciou positivamente as variáveis de crescimento (altura de plantas, número de folhas, massa seca das raízes e da parte aérea) e a acumulação de nutrientes na parte aérea das plantas de pinhão-manso, enquanto que o aumento da concentração do composto-2, no substrato, afetou negativamente todas as variáveis de crescimento, assim como a acumulação de nutrientes nas plantas. Esse efeito negativo pode estar relacionado com os danos causados pelo composto, ainda não totalmente oxidado, a integridade do sistema radicular, restringindo a absorção e, conseqüentemente, a acumulação de nutrientes nas plantas.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L. Nutrição de plantas. Adubação orgânica.

MEDEIROS, Isis Fernanda Silva. **Growth and Mineral Nutrition Pinhão Manso Plants (*Jatropha curcas* L.) Nourished with Organic Compound.** 2012. 55 f. Dissertation (Masters degree in Forest Sciences) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos - PB, 2012.

Abstract

The *Jatropha curcas* plant represents a valuable alternative in the production of biofuel; however research information about management practices as well its nutritional requirements are limited in the literature yet. Such information is needed to support both *Jatropha curcas* cultivation and utilization of the side products generated. The scarce information on *Jatropha curcas* in the literature may be explained by lack of research study on this subject what has lead to lack of knowledge regarding the plant habits. The main goal of the current research was to access the relationship between initial growth and nutrient accumulation in leaf tissue of *Jatropha curcas* plants fertilized with organic manures made by mixing seed cake and fruit shell in different proportions: manure-1 (20% cake and 80% shell of *Jatropha curcas*), manure-2 (60% cake and 40% shell of *Jatropha curcas*). The concentrations used were: 0, 10, 20, 30, 40 and 50% v/v, in the growth substrate. The manure-1 had a positive influence in the following growth parameters: plant height, leaf number, dry mass of root and shoot and nutrient accumulation in the shoot. On the other hand, increasing concentration of manure-2 affected negatively all parameters studied provably by changing root membrane integrity what may have affected plant nutrient uptake by the roots.

Key words: *Jatropha curcas* L.. Plant nutrition. Organic fertilizer.

1 Introdução

Com a crescente preocupação em se obterem combustíveis menos poluentes e de fontes renováveis, as plantas oleaginosas vêm se destacando como fonte de matéria-prima para a produção de biocombustíveis. Dentre as oleaginosas, o pinhão-mansinho mostra-se como uma das mais promissoras fontes de matéria prima para a produção do biodiesel.

Para alguns pesquisadores, o pinhão-mansinho é uma planta produtora de óleo com todas as qualidades necessárias para ser transformado em biocombustível 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 do Brasil.

O pinhão-mansinho está sendo considerado uma opção agrícola para a região semiárida do nordeste do Brasil por ser uma espécie exigente em insolação e com boa adaptabilidade ao clima semiárido. As perspectivas favoráveis da implantação dessa cultura decorrem dos baixos custos de sua produção agrícola, conforme se deve esperar diante das vantagens anunciadas e, sobretudo, por se tratar de uma planta que poderá ocupar os solos de tabuleiro (predominantes na região).

Não há dúvidas de que o cultivo do pinhão-mansinho com a adoção de práticas adequadas, por exemplo, o manejo correto da adubação, irá torná-lo uma das mais promissoras fontes de matéria-prima para a produção do biodiesel. Além do alto índice de produtividade, as maiores facilidades do manejo agrícola e de colheita das sementes, com relação a outras espécies como as palmáceas, tornam essa cultura bastante atrativa e, especialmente, recomendada para um programa de produção de óleos vegetais.

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 outras oleaginosas, que devem ser processados com rapidez. Com a possibilidade do uso intensivo do óleo de pinhão-mansinho para a produção de biocombustível, abrem-se amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio no semiárido nordestino.

O cultivo do pinhão-mansinho irá gerar os chamados coprodutos, que, se adequadamente utilizados serão fatores de agregação de valor ao cultivo. Entre esses coprodutos, está a torta resultante do esmagamento das sementes e a casca dos frutos, materiais ricos em N, P e K e com grande potencial para ser usado como adubo orgânico na produção de mudas e na produção agrícola.

Diante do exposto, vê-se que o pinhão-manso apresenta-se como uma opção para a 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, inclusive na ótica do aproveitamento dos coprodutos gerados. No momento, estas informações são insuficientes, principalmente, em razão do número reduzido de pesquisas, o que tem dificultado o conhecimento dos hábitos da espécie.

Finalmente, o presente trabalho objetivou analisar o crescimento inicial, biomassa e nutrição mineral de plantas jovens de pinhão-manso, fertilizadas com compostos orgânicos originados da mistura da torta e casca em diferentes proporções e dosagens, como forma de validar, ou não, a utilização deste coproduto na cadeia produtiva desta espécie de planta.

2 Referencial Teórico

2.1 Pinhão-manso

O pinhão-manso, também conhecido como pinhão do Paraguai, purgueira, pinha-de-purga, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité, pinhão-do-inferno, pinhão bravo, figo-do-inferno, pião, pinhão-das-barbadas, sassi, dentre outros, é provavelmente originário do Brasil, tendo sido introduzido por navegadores portugueses nas Ilhas do Arquipélago de Cabo Verde e Guiné, de onde foi disseminada pelo continente Africano (ARRUDA et al., 2004). A *Jatropha curcas* L., planta da família euforbiácea, a mesma da mamona e mandioca, é uma cultura perene, rústica e adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas; popularmente, é conhecida como pinhão-manso e está sendo considerada uma opção agrícola para o Nordeste brasileiro, por ser uma oleaginosa tolerante à seca, com potencial para a produção de óleo, matéria-prima para a produção de biodiesel (DOURADO, 2009).

Segundo Carvalho et al. (2009), o pinhão-manso é uma planta perene, tendo longevidade superior a 50 anos, apresentando porte arbustivo de 2 a 5m de altura, embora sejam encontrados relatos de plantas com até 20m, sendo que, para o seu cultivo, há a necessidade de poda para deixar a planta com altura entre 2,5 a 3,0m, para facilitar a operação de colheita. Apresenta tronco liso, folhas longipeciouladas, recortadas em forma de palmas. Vegeta desde o nível do mar até em altitudes superiores a 1.000m, adaptando-se tanto aos terrenos de encosta, áridos, como aos solos úmidos. A temperatura ótima para o seu bom desenvolvimento está entre 20 e 28 °C. Como é uma planta heliófila, apresenta efeito negativo quando em sombreamento, tanto em fase de muda (produção em viveiro telado), quanto no campo (sombreamento por outras plantas mais altas).

Sendo uma planta que existe de forma espontânea em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais, o pinhão-manso pode ser considerado uma das mais promissoras oleaginosas do sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil, para substituir o diesel de petróleo. É relativamente resistente a doenças e ao ataque de insetos, uma vez que segrega látex cáustico, que escorre das folhas arrancadas ou feridas (FREIRE et al., 2010).

As exigências nutricionais do pinhão-manso são tidas como mínimas, no entanto esta observação é feita de forma errônea, pois, quando se trata de produtividade e não de produção, o pinhão produz apenas para a sobrevivência da espécie (ex. das plantas silvestres), mas, quando se trata de plantas altamente produtivas, o uso de insumos, tais como os adubos,

agem diretamente na fisiologia da planta, atendendo às exigências para uma maior produção de frutos. Fica evidente que estudos sobre o pinhão-mansão são necessários, principalmente quando se tem em vista seu plantio comercial (OLIVEIRA, 2009).

Por ser uma planta alógama, ou seja, com aproximadamente 95% de polinização cruzada, a produção de frutos é dependente da ação de insetos polinizadores, o que determinará o número de sementes em cada fruto. Já foram relatados vários polinizadores de flores de pinhão-mansão, porém acredita-se que a vespa tenha maior importância, o que abre mais uma oportunidade para essa planta, como pasto apícola. O fruto encontra-se em cápsula trilobular, podendo haver, em cada lóculo, uma semente. A semente é uma amêndoa assaz oleaginosa, dando até 42% de óleo (CARVALHO et al., 2009), com produção anual de 1100 a 1700 L.ha⁻¹ de biodiesel (GLOBO RURAL, 2006).

O óleo das sementes do pinhão-mansão é um óleo claro e de alta qualidade para ser utilizado na iluminação ou como lubrificante (QUINTILIANO et al., 2006). Goldfarb; Duarte; Mata (2010) relatam que o óleo de pinhão-mansão também pode ser utilizado na fabricação de bicomcombustível, tendo em vista que apresenta todas as características necessárias para a síntese desse tipo de combustível.

2.2 Potencial do pinhão-mansão para a produção do biodiesel

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas, as quais podem ser empregadas para produzir o biodiesel, variando de acordo com o tipo de clima e de solo de cada região (COSTA, 2009).

Segundo Gomes (2007), a busca por uma matriz energética alternativa menos agressiva que os combustíveis fósseis tem aumentado e, nesse contexto, o biodiesel tem despertado grande atenção, visto que pode reduzir as emissões de poluentes, diminuindo, assim, os impactos responsáveis pelo efeito estufa.

Dentre as oleaginosas promissoras para a região nordeste, o pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.), hoje, é apontado como um grande potencial, tanto no Brasil quanto em outros países, mas ainda precisa de um conhecimento agrônomo mais aprofundado nas diversas condições de clima e solos brasileiros e em condições de restrição hídrica, pois, apesar de resistir a esse tipo de estresse, perde suas folhas com redução da produção, pela baixa disponibilidade de água para a planta (COSTA, 2009).

Como todas as grandes inovações tecnológicas na história humana, a transição para um regime de energia com baixa emissão de carbono irá criar benefícios e encargos. Embora

os biocombustíveis apresentem oportunidades e riscos, eles representam perspectivas promissoras no futuro sistema mundial de energia. No entanto, existem muitas incertezas quanto às ambições relacionadas à produção de biocombustível (SALÉ, 2008).

Ainda segundo Salé (2008), vários países africanos e asiáticos, em face do mercado promissor de biodiesel, estão visualizando oportunidades para o crescimento das suas economias através do comércio de biodiesel a partir da utilização dos benefícios da produção e comércio em larga escala de sementes da *Jatropha curcas*, embora pouco se conheça sobre seu balanço de energia, ciclo de dióxido de carbono (gases de efeito estufa), bem como os impactos ambientais, uso da terra e questões socioeconômicas do sistema de produção agrícola em relação a esta planta.

Pesquisadores estão com o foco em domesticar o pinhão-mansão, ou seja, gerar valor para uma espécie de ocorrência natural e criar uma nova cultivar, fazendo com que a cultura deixe de ser um potencial e passe a ser efetivamente uma matéria prima para o mercado de biodiesel (PAULINO, 2009).

Segundo Openshaw (2000), o pinhão-mansão é uma planta multiuso e com elevado potencial, que pode ser cultivada em áreas de baixa a alta pluviosidade, sendo também utilizada na recuperação de terras, como cerca viva e/ou como uma cultura comercial.

Laviola e Dias (2008) relatam que, dependendo do espaçamento, a produtividade do pinhão-mansão pode passar dos 6.000 kg ha⁻¹ de sementes e que, com essa produtividade, é possível produzir mais de 2.000 kg ha⁻¹ de óleo, no entanto, com o melhoramento genético e aprimoramento do sistema de produção, acredita-se que o pinhão-mansão possa produzir acima de 4.000 kg ha⁻¹ de óleo.

Segundo Arruda et al. (2004), o pinhão-mansão é considerado uma opção agrícola para a região semiárida nordestina por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com forte adaptabilidade ao clima da região. Além disso, a possibilidade do uso do óleo do pinhão-mansão para a produção do biodiesel proporciona amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio com esta cultura nessa região, auxiliando na fixação de mão-de-obra na zona rural pela geração de emprego, O pinhão-mansão ainda pode ser cultivado com outras culturas de importância econômica como o amendoim, o algodão entre outras, tornando-se uma opção para a economia da região.

2.3 Utilização de resíduos de pinhão-manso (coprodutos)

No Brasil, o consumo de óleo diesel encontra-se em torno dos 40 bilhões de litros por ano e, destes, cerca de 5,3 bilhões são oriundos de importação. O biodiesel é um combustível renovável e menos poluente, utilizado para substituir parcial ou totalmente combustíveis fósseis, ou seja, o diesel de petróleo em caldeiras e em motores de ignição por compressão, automotivos, transportes e estacionários. A utilização dos biocombustíveis, com destaque ao biodiesel, além de ser um potencial substituinte do diesel de petróleo, é também uma alternativa para utilização de sementes de oleaginosas (ARAÚJO et al., 2010).

O biodiesel é fabricado através de transesterificação, na qual a glicerina é separada da gordura ou óleo vegetal. O processo gera dois produtos: ésteres (o nome químico do biodiesel) e glicerina (produto valorizado no mercado de sabões); além de coprodutos (torta, casca de frutos etc.) que podem constituir outras fontes de renda importantes para os produtores. (ABDALLA et al., 2008).

Segundo Souza et al. (2009), os resíduos de oleaginosas que são gerados na cadeia produtiva do biodiesel merecem investigações mais aprofundadas, já que muitas cadeias só serão viáveis economicamente quando esses resíduos agregarem valor ao sistema de produção.

Geralmente, a torta ou farelo gerado na extração do óleo não passam por processo de agregação de valor porque são desconhecidas as suas potencialidades nutricionais e econômicas, salvo algumas exceções como soja, algodão e girassol (ABDALLA et al., 2008). Para Gomes (2007), os resíduos gerados pela extração de óleo de oleaginosas, os quais são compostos principalmente pela torta, farelo e casca, que, com a expansão da cadeia produtiva do biodiesel, necessitarão de uma destinação, que não resulte em poluição ambiental e possa trazer retorno econômico.

Há um grande interesse sobre o aproveitamento de coprodutos originados na produção agrícola e agroindústria na alimentação animal, mais especificamente na inclusão em rações concentradas, podendo suprir esses requisitos, aproveitando a capacidade dos ruminantes de transformar resíduos vegetais em nutrientes para a sua utilização e também na nutrição de plantas (CARVALHO et al., 2009).

A maioria das tortas ou farelos das oleaginosas que vêm sendo utilizados para a produção de biodiesel no Brasil é passível de utilização na alimentação animal, porém cada uma com suas particularidades no que diz respeito a cuidados antes de serem fornecidas aos animais devido a alguns fatores tóxicos ou antinutricionais que possuem quantidades

máximas dentro da formulação das dietas dos animais e práticas de armazenamento (ABDALLA et al, 2008).

Segundo Beltrão e Oliveira (2009), as tortas de oleaginosas que apresentam características tóxicas, em especial a mamona e o pinhão-manso, devem ser submetidas a estudos profundos de desintoxicação e desalergenização para que possam servir de alimentos para os animais.

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; espera-se que a mesma possa se tornar um excelente fertilizante (SAMAKE,1996).

A torta de pinhão-manso é rica em nitrogênio, sendo utilizada como adubo orgânico, podendo também ser utilizada como ração animal, porém, devido à sua toxidez, não só a torta, mas a planta toda apresenta diversos compostos tóxicos, tanto para os animais como para o homem (SATO et al., 2007). As sementes de pinhão-manso também apresentam toxidez por ésteres de forbol. Para inclusão desses alimentos alternativos na dieta de ruminantes, é importante a avaliação do valor nutritivo quanto à composição bromatológica e ao aproveitamento dos nutrientes pelos animais (GOMES et al., 2009).

A toxicidade das sementes deve-se à presença de uma proteína tóxica (curcina), ésteres diterpenos, lectinas e fatores antitripsínicos. A curcina apresenta características similares à ricina. Estas substâncias são umas das mais potentes toxinas do reino vegetal. (PEREIRA et al., 2007).

Por ser lipossolúvel, grande parte dos ésteres de forbol é extraída juntamente com o óleo. No entanto, essas substâncias permanecem também na torta devido ao fato de a extração mecânica não retirar totalmente o óleo dos grãos (residual de aproximadamente 6-14%) (LAVIOLA; MENDONÇA; RIBEIRO, 2010).

Por essa razão, o uso da torta para alimentar animais ainda não é possível devido à presença de fatores tóxicos, alergênicos e antinutricionais. Os ésteres de forbol são os principais componentes tóxicos presentes na torta de pinhão-manso e, quando ingeridos, podem agir no organismo de forma aguda (resposta inflamatória intensa) ou crônica (indução de tumor) (MAKKAR et al., 1997, apud LAVIOLA; MENDONÇA; RIBEIRO, 2010).

Alguns trabalhos de desintoxicação de tortas de oleaginosas já vêm sendo realizados, como, por exemplo, o trabalho realizado por Ávila et al. (2006); porém, não é possível destruir os ésteres de forbol por tratamento térmico, pois são estáveis e podem suportar

temperaturas de até 160 °C durante 30 minutos (MAKKAR et al., 1997, apud LAVIOLA; MENDONÇA; RIBEIRO, 2010).

Para Openshaw (2000), a ineficiência dos processos de desintoxicação e o elevado teor de lignina da casca limitam a utilização da torta de pinhão-mansão para a alimentação animal, podendo ser utilizada *in natura* apenas como fertilizante.

A torta resultante da extração do óleo das sementes de pinhão-mansão constitui excelente adubo orgânico, rico em nitrogênio, fósforo e potássio (MENDONÇA; LAVIOLA, 2009), podendo voltar ao solo como adubação orgânica de alta qualidade (CARVALHO et al., 2009). 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 CaO/MgO (ARRUDA et al., 2004).

Atualmente a utilização da torta de pinhão-mansão já é uma realidade como adubo orgânico e tem apresentado bons resultados. Segundo Pereira et al. (2007), a torta apresenta teores de nitrogênio similares aos da torta de mamona e da cama de frango.

2.4 Aspectos nutricionais do pinhão-mansão

Segundo Arruda et al. (2004), o pinhão-mansão é considerado uma opção agrícola para a região semiárida por ser uma cultura rústica, que se adapta às mais diversas condições edafoclimáticas e que sobrevive bem em solos com baixa fertilidade natural. Porém, Laviola e Dias (2008) defendem que, apesar de os resultados de pesquisas com a cultura do pinhão-mansão serem ainda incipientes e preliminares, para que se obtenha alta produtividade de frutos, é necessário o cultivo em solos férteis e com boas condições físicas.

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).

Segundo Dias et al. (2007), o solo para cultivo do pinhão-mansão deve conter elevado teor de nutrientes, já que, na fase de mudas, o sistema radicular do pinhão-mansão tem baixa eficiência de absorção, e um melhor estabelecimento inicial no campo determinará uma boa produtividade da cultura.

De acordo com Silva et al. (2009), a omissão de macro e micronutrientes em plantas de pinhão-mansão provocam sintomas visuais de deficiência nutricional, que também são comuns a outras espécies.

Maia et al. (2011) relatam que, dentre os macronutrientes os que mais limitam as plantas de pinhão-manso são N, P e K, e a ausência de calagem também compromete o crescimento das plantas.

O nitrogênio é um macronutriente primário essencial às plantas em razão de participar da formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas. Sua deficiência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução no tamanho e, conseqüentemente, redução da produção econômica das sementes (ALBUQUERQUE, 2008).

Na maioria das plantas, a deficiência de nitrogênio 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).

Tanure (2009) defende que, por ser uma planta perene e com alta taxa de crescimento vegetativo, o pinhão-manso apresenta elevada exigência em nutrientes, demonstrando grande habilidade de absorção do N presente no solo.

Avaliando o teor e acúmulo de nutrientes em pinhão-manso, Laviola e Dias (2008) verificaram que o N foi o nutriente requerido em maior quantidade para a formação das folhas, bem como para suprir as demandas metabólicas dos frutos. Na fase em que a planta entra em produção, há aumento do seu requerimento por K. Este nutriente possui papel importante na formação dos frutos, atuando no transporte de fotoassimilados no floema (MARSCHNER, 1995).

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). Segundo Borges et al. (2005), sua deficiência provoca redução no tamanho dos frutos e na área foliar, comprometendo a fotossíntese nas plantas e o conteúdo de sólidos solúveis nos frutos. 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).

Estudando o efeito da adubação fosfatada no crescimento inicial do pinhão-manso, Nascimento et al. (2010) verificaram que doses elevadas de P são desnecessárias e podem ser prejudiciais ao crescimento das plantas. Apesar de o P estar entre o quarto e o quinto nutriente

mais requerido pela cultura, ele é muito limitante, sobretudo na fase inicial de crescimento do pinhão-mansão (LAVIOLA; DIAS, 2008).

O fornecimento de P para o pinhão-mansão, sobretudo nos primeiros anos de cultivo, deve ser em maior quantidade que o acumulado pela planta. À medida que a planta cresce, a área de exploração do sistema radicular se expande, e a eficiência de recuperação de P no solo aumenta (PREZOTTI, 2001, apud LAVIOLA; DIAS, 2008).

Segundo Raij (1991), o P é utilizado na formação de proteínas, que participam dos processos metabólicos, junto com as enzimas, tendo grande função estrutural e promovendo elevado crescimento vegetativo no estágio inicial de seus ciclos.

Para Negreiros et al. (2003), o P é um nutriente de grande importância para o desenvolvimento das plantas devido a sua influência na fase reprodutiva da planta, aumentando o número de frutos e o teor total de sólidos solúveis.

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). Guilherme et al. (2000) afirmam que esse comportamento está associado à tendência do fósforo em 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.

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; VITTI; OLIVEIRA. 1997).

Trabalhando com diagnose por subtração, Gusmão et al. (2007) observaram que a omissão dos macronutrientes, principalmente o fósforo o cálcio e o magnésio, reduziram o crescimento e a área foliar do pinhão-mansão.

A omissão do Ca provoca distúrbios significativos junto ao pinhão-mansão, por ser o macronutriente mais proeminente no apoplasto, atuando na interligação das cadeias pécticas, a exemplo do boro, ajudando a sua estabilidade e afetando as propriedades mecânicas do gel

péctico (MATOH; KOBAYASHI, 1998, apud TANURE, 2009). Para Laviola e Dias (2008), o fato do Ca ter sido o segundo nutriente mais exigido para a formação das folhas e o terceiro mais acumulado pelos frutos demonstra que a cultura é exigente em Ca, sendo importante que o solo apresente teores adequados desse nutriente para não limitar seu crescimento e sua produção.

Ainda segundo o trabalho de Laviola e Dias (2008), os micronutrientes mais limitantes para o pinhão-mansão são (B, Zn, Cu), sendo o B mais requerido, e o fornecimento inadequado deste nutriente pode contribuir para uma redução de produtividade, devido a um menor pagamento da florada. Para Marschner (1995), o Zn e o Cu são nutrientes essenciais para o crescimento das plantas quando em níveis adequados, sendo conhecidos por desenvolverem importante papel na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas, uma vez que são grupos prostéticos de enzimas ou fazem parte da estrutura de moléculas importantes.

Para Andrade et al. (2007), a cultura do pinhão-mansão não é exigente em Cu, mas, para Chaves et al. (2009), o elemento não deixa de ser essencial para o seu desenvolvimento, sendo necessário que as plantas tenham à sua disposição, pelo menos, o teor mínimo necessário para tal.

Avaliando as limitações nutricionais em mudas de pinhão-mansão, Tanure (2009) verificou que a omissão do fornecimento de Mg foi uma das que mais limitou o crescimento em altura e diâmetro de mudas de pinhão-mansão, indicando a importância da calagem para essa espécie, sendo o uso de calcários dolomíticos ou magnesianos possivelmente mais indicado que o de calcários calcíticos. O Mg apresenta importante papel na composição da clorofila e como ativador de diversas enzimas, sendo várias delas envolvidas na transferência de fosfatos. O fosfato atua como componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas como o ATP e no DNA e RNA (MALAVOLTA, 2006).

Tanure (2009) observou que o acúmulo de macronutrientes ocorre nas partes das mudas de pinhão-mansão na seguinte ordem: limbo foliar – N>K>Ca>P>Mg>S; pecíolo – N>Ca>P>K>Mg>S; folha completa – N>Ca>K>P>Mg>S; caule – K>N>Ca>P>S>Mg; parte aérea – N>K>Ca>P>Mg>S e raízes – N>K>Ca>S>P>Mg. E, em relação aos micronutrientes, a ordem de acúmulo foi: limbo foliar – Fe>Mn>Cu>B>Zn; pecíolo – Fe>B>Mn>Zn>Cu; folha completa – Fe>Mn>Cu>B>Zn; caule – Cu>Fe>Mn>B>Zn; parte aérea – Fe>Cu>Mn>B>Zn e raízes – Fe>Cu>Zn>Mn>B.

Para Tanure (2009), uma das condições para se cultivar o pinhão-mansão é conhecer as suas reais exigências nutricionais, pois, a partir dessa compreensão, tornar-se-á possível

racionalizar o plantio, principalmente no que se refere aos programas de adubação para a cultura. Entretanto, Beltrão (2006) ressalta que se conhece muito pouco a respeito da bioquímica e da fisiologia dessa planta e que não existem cultivares definidas e alguns aspectos agronômicos ainda carecem de investigação, como, por exemplo, a população de plantas ideal e a configuração de plantio.

2.5 Compostos orgânicos

A compostagem vem sendo uma prática utilizada desde muito tempo, em que o agricultor utiliza restos de produtos orgânicos, tanto de origem animal como vegetal, para incorporação ao solo, objetivando melhorar suas capacidades físicas e químicas em busca de melhores produções (DINIZ FILHO et al., 2007).

Os adubos orgânicos são produtos de cor escura, consistência friável, ricos em húmus, originados da ação fermentativa e digestiva de micro-organismos e de pequenos animais, em ambiente aeróbico, sobre matéria morta vegetal (PRIMO et al., 2010). A riqueza de um adubo orgânico em nutrientes depende do material de origem e do processo de produção. Os adubos orgânicos, além de fornecerem nutrientes, destacam-se por seu significativo papel, isto é, pelo fornecimento de matéria orgânica, visando melhorar as propriedades físicas e biológicas do solo. Neste caso, o efeito é o de condicionador do solo considerando-se a matéria orgânica um produto que melhora os atributos físicos do solo (RAIJ, 1991).

Alguns resíduos necessitam de uma prévia decomposição antes de serem incorporados ao solo, a fim de reduzir possíveis efeitos adversos à saúde humana, às plantas e ao solo. Dentre estes efeitos, citam-se: a contaminação com organismos patogênicos (fungos, bactérias, vírus e helmintos), a imobilização de N decorrente da elevada relação C/N de alguns materiais, as possíveis alterações no pH do solo decorrentes da elevada acidez ou alcalinidade dos resíduos (CASTILHOS et al., 2008).

Na natureza, a estabilização dos restos orgânicos dá-se em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que eles se encontram. A técnica de compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições, a mineralização da matéria orgânica, além de promover a higienização de resíduos orgânicos contaminados por patógenos, eliminando-os através da elevação da temperatura durante o processo de fermentação. O processo de transformação da matéria orgânica é realizado por micro-organismos e alguns fatores como relação C/N, umidade, temperatura e aeração, os

quais interagem entre si e favorecem o desenvolvimento da população microbiana que atua na humificação da matéria orgânica, reduzindo o tempo de compostagem (PANDOVANI, 2006).

De acordo com Diniz Filho et al. (2007), a metodologia para transformar os resíduos orgânicos em compostos consiste, de um modo geral, em observar a relação Carbono/Nitrogênio da matéria prima escolhida, realizar o processo em local adequado de acordo com a fermentação, controlar a umidade, aeração, temperatura e demais fatores conforme o objetivo de utilização do composto.

O composto ou fertilizante orgânico pode ser obtido a partir de diversos resíduos, tais como: esterco de animais, capins, bagaço de cana, cascas de árvores, serragens, resíduos de agroindústrias e outros. Os resíduos urbanos, como lixo e lodo de esgoto, possuem características físicas e químicas adequadas para o desenvolvimento de plantas e recuperação de solos, mas necessitam ser tratados antes de sua utilização (PANDOVANI, 2006).

A compostagem é uma importante técnica para o aproveitamento de resíduos orgânicos, muitas vezes obtidos como subproduto da atividade agrícola. Quando adequadamente produzido e aplicado, o composto orgânico pode se constituir material de boa qualidade para melhorar as características físicas e físico-químicas do solo (CORRENTE; NOGUEIRA; COSTA, 2001).

O uso agrônômico de resíduos é uma alternativa bastante interessante, uma vez que é possível promover seu tratamento, como forma de retornar o material orgânico ao meio ambiente (MALHEIROS, 1996).

Segundo Primo et al. (2010), o aproveitamento agrícola de resíduos agroindustriais, na forma de composto orgânico, pode resultar em maior sustentabilidade dos sistemas agrícolas devido, sobretudo, ao fato de possibilitar a reciclagem de nutrientes no sistema e à redução da contaminação ambiental, decorrente de uma disposição inadequada. Além disso, Fermino (1996) ressalta que a utilização de resíduos da agroindústria, disponíveis regionalmente como componentes para substratos, pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na minimização da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente.

3 Metodologia

3.1 Localização do experimento

A pesquisa foi conduzida em viveiro telado, com luminosidade de 50%, no período de agosto a novembro de 2011, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *campus* de Patos – PB, com coordenadas geográficas de 7°01'00'' de latitude Sul e 37°17'00'' de longitude Oeste. O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Bsh, ou seja, semiárido quente. A precipitação média anual é de 700 mm.

3.2 Material vegetal

As sementes de pinhão-mansão utilizadas na pesquisa foram coletadas na Fazenda Tamanduá, município de Santa Teresinha, PB, e foram esterilizadas em uma solução de hipoclorito de sódio 5% (v/v), seguida por lavagem com água destilada para retirada do excesso da substância esterilizante.

3.3 Substratos utilizados

O substrato utilizado na pesquisa (areia e barro) foi retirado de solos provenientes da cidade de Patos-PB, aparentemente de boa drenagem. Em seguida, foram secos ao ar e passados por uma peneira com malha de 6 mm de abertura. Uma amostra composta deste substrato foi coletada e passada em peneira com malha de 2 mm de abertura e analisada quimicamente pelo LASAG -Laboratório de Solos e Água da UFCG de Patos-PB.

Tabela 1 - Resultado da análise química do substrato utilizado na pesquisa

pH	M.O	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	T	V
CaCl ₂ 0,01M	g dm ⁻³	μ g cm ⁻³	-----			cmol dm ⁻³	-----		%
5,9	-	30,7	7,8	3,2	0,23	1,13	3,1	15,5	80

3.4 Instalação e condução do experimento

Cinco sementes foram colocadas para germinar, em uma profundidade de 2,0 cm, em recipientes plásticos (capacidade para 4 litros), contendo substrato composto de areia e barro na proporção em massa de 1/1, e os respectivos tratamentos (% de composto orgânico).

A água utilizada para a irrigação foi a de abastecimento da UFCG, sendo as irrigações realizadas manualmente, com regadores, duas vezes ao dia (pela manhã e ao final da tarde) e em quantidade suficiente para manter a umidade do solo próxima a sua capacidade de campo.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, no esquema fatorial 6x2, com 5 repetições, totalizando 60 parcelas independentes.

Foram estudados os efeitos de dois tipos de compostos orgânicos considerando a proporção, em cada um dos compostos, dos coprodutos casca e torta: composto 1 (20% de torta de pinhão-manso e 80% de casca de pinhão-manso); composto 2 (60% de torta de pinhão-manso e 40% de casca de pinhão-manso) (TABELA 1), e de seis doses de cada composto (0, 10, 20, 30, 40, 50% v/v), misturados homogeneamente ao substrato original (areia + barro na proporção 1/1). Os dados obtidos foram submetidos a análises de regressão pelo programa SISVAR, a 5 e 1% de probabilidade.

Tabela 2 - Composição nutricional dos compostos orgânicos utilizados na pesquisa

Compostos orgânicos	N	P	K	Ca	Mg	Na	Z	Cu	Fe	Mn	Relação C/N
	----- %-----						-----ppm-----				
C - 1	1,60	0,68	0,78	0,84	0,23	0,098	70	80	98	140	16/1
C - 2	3,33	1,57	2,20	2,26	0,72	0,12	232	200	302	397	30/1

Análises realizadas no LABFERT, Recife-PE; C - 1 = composto orgânico 1(20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso); C - 2 = composto orgânico 2 (60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso)

3.5 Variáveis analisadas

3.5.1 Altura de planta (AP) e número de folhas (NF)

A altura da planta foi mensurada desde a base do caule (rente ao solo) até a altura da folha mais jovem (ápice foliar) aos 30, 60 e 90 DAS (dias após o semeio), com auxílio de uma régua graduada (MORAIS, 2010). Na contagem das folhas, em cada planta, não foram consideradas aquelas que brotaram na axila de um pecíolo (folhas drenos); as medições para esta variável foram efetuadas a cada intervalo de trinta dias.

3.5.2 Massa seca das raízes e da parte aérea

No final do experimento, aos 90 DAS (dias após o semeio), as plantas foram cortadas rente ao solo, separadas em raízes e parte aérea, secadas em estufa de circulação de ar e mantidas a uma temperatura de 70 °C, até peso constante, após o que foram pesadas em balança de precisão e imediatamente trituradas em moinho tipo Willey, armazenadas adequadamente e preparadas para análises químicas.

3.5.3 Concentração de nutrientes na parte aérea

A concentração de macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e de micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn, B) na parte aérea das plantas foi determinada segundo metodologias utilizadas por Fullin-Laboratório de Análise Agronômica e Consultoria em Linhares – ES.

4 Resultados e discussão

4.1 Variáveis de crescimento

4.1.1 Altura da planta (AP)

Os resultados evidenciaram que, aos trinta (30), sessenta (60) e noventa (90) dias após a semeadura (DAS), a variável altura das plantas foi influenciada significativamente ($P < 0.05$ ou $< 0,01$) pela interação composto orgânico x doses aplicadas (FIGURA 1).

Foi observado, decorridos 30 dias da semeadura, que o aumento da dose do composto orgânico C-1, no substrato de crescimento, influenciou positivamente a altura das plantas de pinhão-manso (FIGURA 1A). Nesse período, os dados de altura das plantas foram ajustados à equação polinomial linear e, na dose 50%, a altura das plantas (17,32 cm) foi, somente, 1,5cm maior que o resultado observado no controle (15,82 cm). De forma geral, tem sido observado que o crescimento inicial do pinhão-manso é bastante lento até 40 dias após a semeadura, a despeito da fertilidade natural do substrato (MORAIS, 2010). Ainda de acordo com os dados apresentados em Morais (2010), o incremento em altura, com ajuste linear ($P < 0.05$), em resposta à fertilidade do substrato, é acelerado após esse período. A partir dos dados apresentados na FIGURA 1B, observa-se que o incremento em altura, das plantas de pinhão-manso foi bem mais intenso no período de 30 a 60 dias após a semeadura, em resposta às doses crescentes do composto C-1; nesse caso, o ganho calculado em altura na dose 50% do composto C-1 (27,66 cm), aos 60 dias, em relação ao respectivo controle experimental (16,77 cm), foi de 10,89 cm, portanto um incremento 1,6 vezes maior que aquele observado no dia 60, após o semeio. No período avaliado de 60 a 90 dias, após o semeio (FIGURA 1C), o incremento em altura, quando se compara o controle experimental (17,71cm) e a dose 50% do composto C-1 (33,76 cm), foi de 16,05 cm; portanto, um valor de 1,9 vezes maior que o observado no controle 90 dias após o semeio (FIGURA 1C).

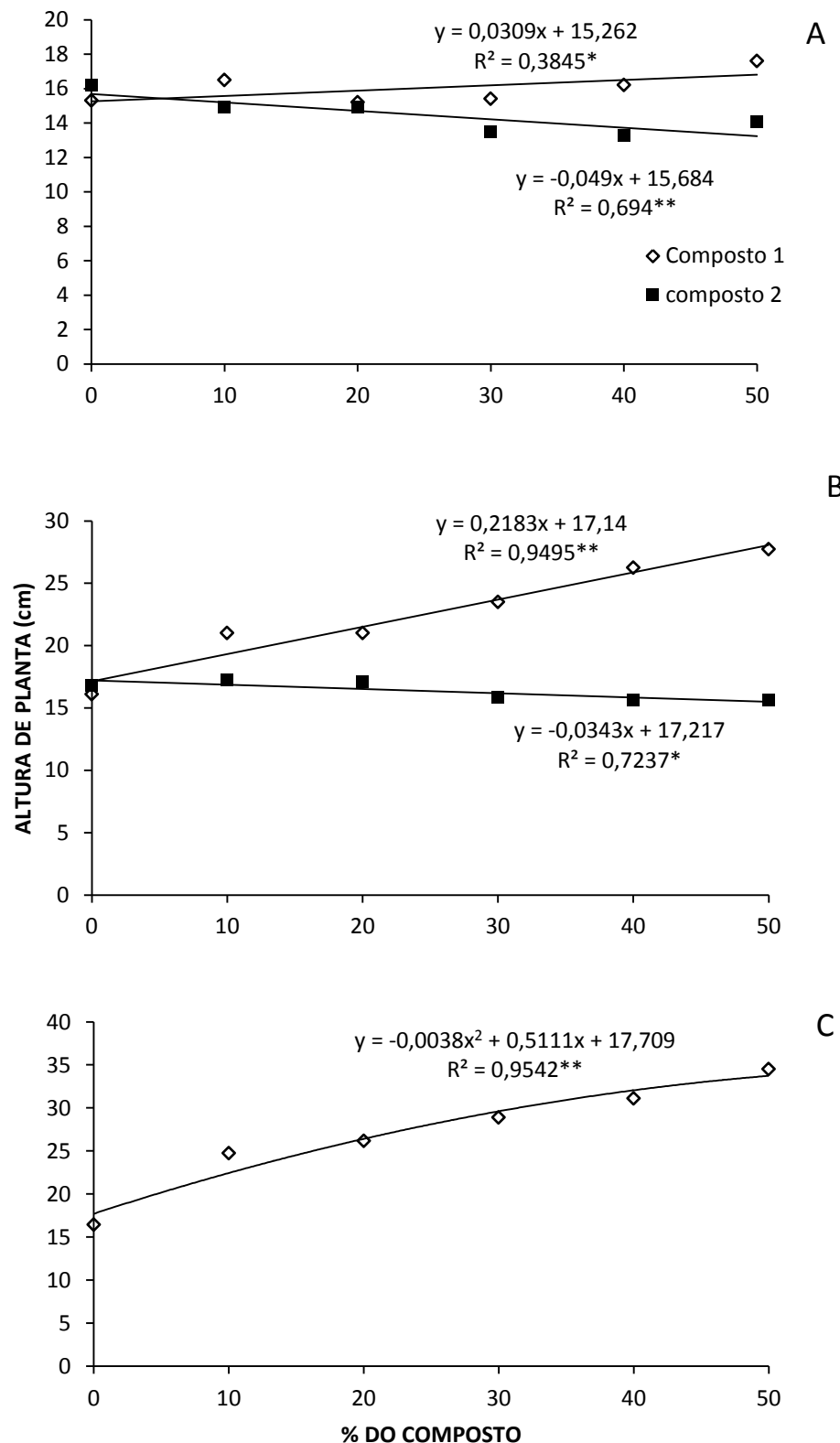


FIGURA 1 - Altura das plantas de pinhão-manso (AP) em cm, aos 30 (A), 60 (B) e 90 (C) dias após o semeio (DAS), cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses; *= significativo a 5% de probabilidade; **= significativo a 1% de probabilidade.

Embora o composto 2 (C-2) apresente uma quantidade maior de nutrientes disponíveis, comparado ao C-1 (TABELA 1), explicado pela maior proporção presente na mistura do composto de torta de sementes, vê-se que o aumento de sua concentração no substrato afetou negativamente o crescimento das plantas de pinhão-manso (FIGURA 1A, B, C). A eficiência da esmagadora utilizada para extração do óleo das sementes de pinhão-manso, de propriedade da Fazenda Tamanduá, é de 75%; considerando que as sementes utilizadas apresentavam teor de óleo de 40%, conclui-se que cerca de 10% do óleo ficou retido na torta. Desta forma, é sugerido que o remanescente quantitativo de óleo, maior no C-2, tenha promovido redução na atividade dos micro-organismos durante a compostagem e que o processo de oxidação biológica tenha continuado durante o cultivo com liberação de calor, o que pode ter causado danos ao sistema radicular; isto é corroborado pela relação C/N, que, no composto-1, foi 16:1, enquanto que, no composto-2, foi de 30:1. Resultados semelhantes foram observados por Lima et al. (2008), que, trabalhando com adubação orgânica em mamoneira, verificaram que altas concentrações de torta de mamona prejudicaram o crescimento das plantas e, nos tratamentos em que o substrato era composto apenas por torta, as sementes não germinaram.

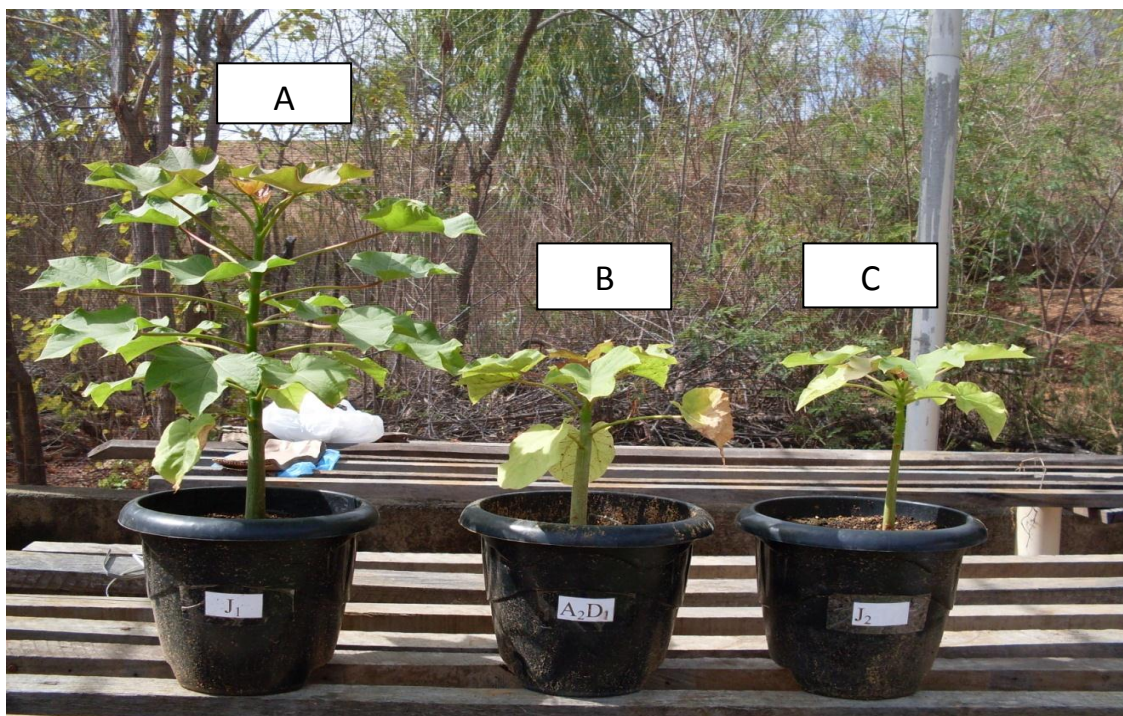


IMAGEM 1 - Plantas de pinhão-manso nutridas com 50% p/p de composto orgânico-1 (20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso) (A), testemunha (0% de composto) (B), e nutridas com 50% p/p de composto orgânico-2 (60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) (C), aos 90 dias após o semeio.

4.1.2 Número de folhas

O incremento no número de folhas (NF), com a utilização do composto-1, a exemplo do observado para a variável altura das plantas, foi lento até 30 dias e mais expressivo aos 60 e 90 dias após o semeio (FIGURA 2A, B, C), sendo os dados ajustados à equação polinomial linear aos 30 DAS, e a equadrática aos 60 e 90 DAS. O incremento absoluto no número de folhas na dose máxima (50%) utilizada para C-1, em relação ao controle, nos dias 30, 60 e 90, após o semeio, foi de, respectivamente, 1,5, 1,9 e 1,9 vezes. De acordo com Oliveira (2009), o crescimento foliar, para plantas de pinhão-manso, foi máximo entre 30 e 60 dias após o plantio e com redução até os 300 dias de cultivo. No caso do composto-2 (FIGURA 2), não houve efeito significativo desta fonte sobre o número de folhas das plantas de pinhão-manso, aos 30 dias após o semeio ($Y=X$). Aos 60 e 90 dias após o semeio, os dados para número de folhas foram ajustados à equação polinomial quadrática; com o aumento da dose do composto-1, o efeito sobre o número de folhas das plantas de pinhão-manso foi negativo, principalmente na maior dose utilizada (50%), a exemplo do que também foi observado para a variável altura da planta (FIGURA 1A, B). Esses dados reforçam a tese de que problemas associados à presença de uma considerável quantidade de óleo, remanescente na torta, tenham provocado distúrbios metabólicos na planta e, provavelmente, com maior intensidade, no sistema radicular da planta.

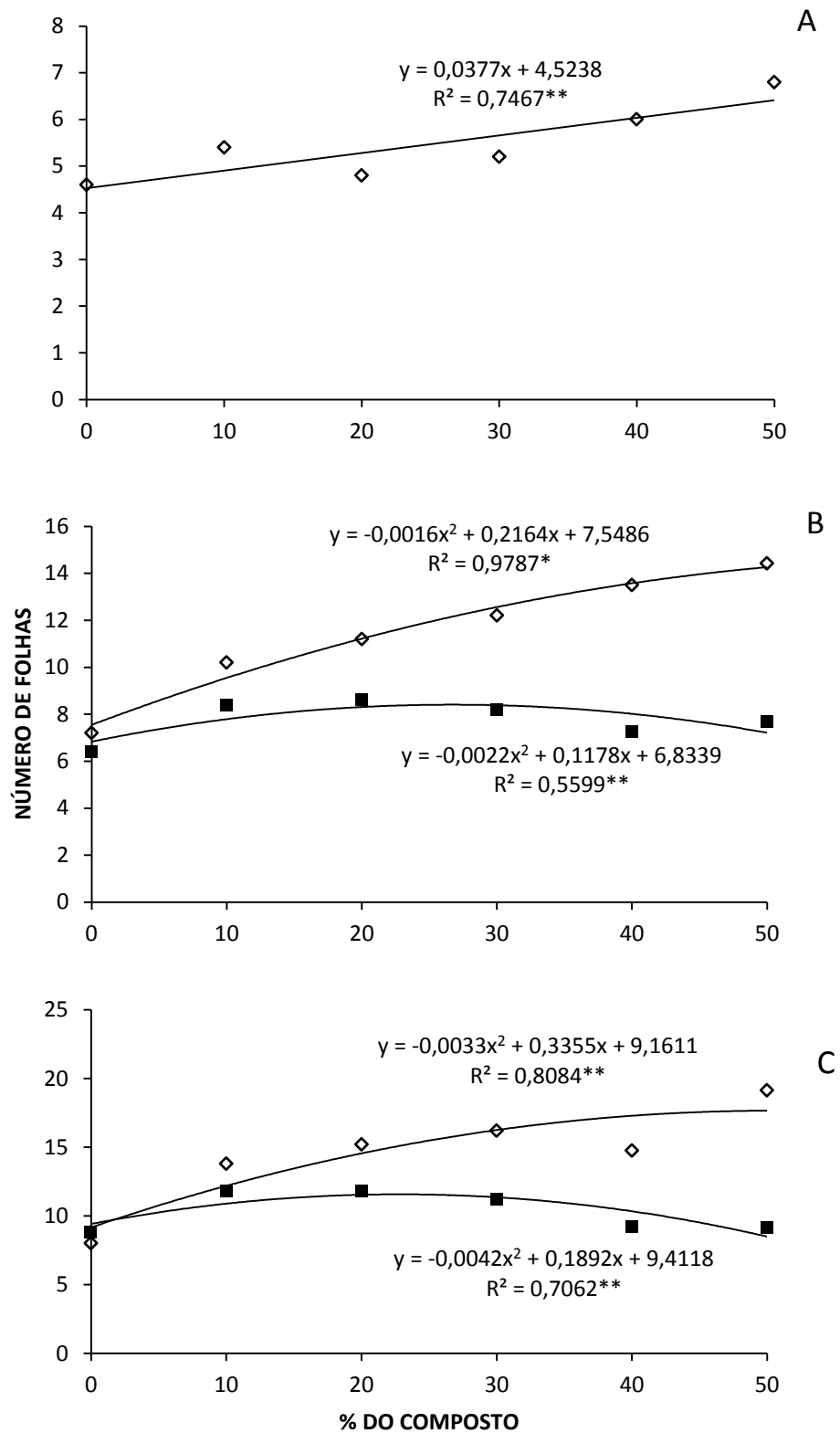


FIGURA 2 - Número de folhas (NF) em plantas de pinhão-manso, aos 30 (A), 60 (B) e 90 (C) dias após o semeio (DAS), cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses; *= significativo a 5% de probabilidade; **= significativo a 1% de probabilidade.



IMAGEM 2 - Plantas de pinhão manso nutridas com composto orgânico-1 (20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso) nas doses (0, 10, 20,30,40 50% p/p) respectivamente (A), e nutridas com composto orgânico-2 (60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) nas doses (0, 10, 20,30,40 50% p/p), respectivamente (B), aos 90 dias após o semeio

4.1.3 Massa seca das raízes e da parte aérea

Os resultados da Figura 3A mostram que os dados de massa seca das raízes das plantas de pinhão-manso ajustaram-se à equação polinomial quadrática e foram influenciados significativamente pelo aumento da dose do composto-1 no substrato de crescimento, principalmente com a dose 10%, em relação ao controle experimental. De forma geral, constata-se uma certa estabilidade no ganho de massa seca das raízes entre as doses 10, 20, 30 e 40% do composto-1 e uma redução, em relação ao controle, na dose 50%; nesse caso, a acumulação de massa seca nas raízes das plantas controle foi de $1,96 \text{ g planta}^{-1}$, enquanto que, nas plantas submetidas a dose de 50%, do composto-1, a massa seca foi de $1,90 \text{ g planta}^{-1}$. Esta redução na acumulação de massa seca nas raízes das plantas de pinhão-manso pode sugerir um certo efeito negativo de uma oferta de nutrientes maior que a demanda da planta. 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, segundo Morais (2010), presumível que uma 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.

Embora tenha sido constatado um certo efeito negativo da maior dose do composto-1 na acumulação de massa seca pelo sistema radicular das plantas de pinhão-manso, observa-se, na FIGURA 3B, que a acumulação de massa seca na parte aérea das plantas de pinhão-manso não seguiu a mesma tendência de queda, particularmente até a dose 30% do composto; é sugerido, portanto, que, a despeito da redução observada da massa seca radicular, as raízes das plantas de pinhão-manso continuaram fisiologicamente íntegras. O maior acúmulo de massa seca pela parte aérea foi registrado na dose 30% do composto-1 (FIGURA 3A) e atingiu $14,07 \text{ g planta}^{-1}$. No caso das plantas fertilizadas com o composto-2, fica mais uma vez evidenciado o efeito negativo provocado pela maior proporção de torta na composição deste biofertilizante (FIGURA 3A, B); os dados de acumulação de massa seca nas raízes e parte aérea foram ajustados à equação polinomial quadrática. O impacto negativo do composto-2 sobre a acumulação de massa seca, tanto nas raízes quanto na parte aérea, fica evidenciado com a forte redução desta variável na menor dose utilizada do biofertilizante, em relação aos respectivos controles experimentais; nas raízes, a redução foi de 29%, enquanto, na parte aérea, foi de 11%.

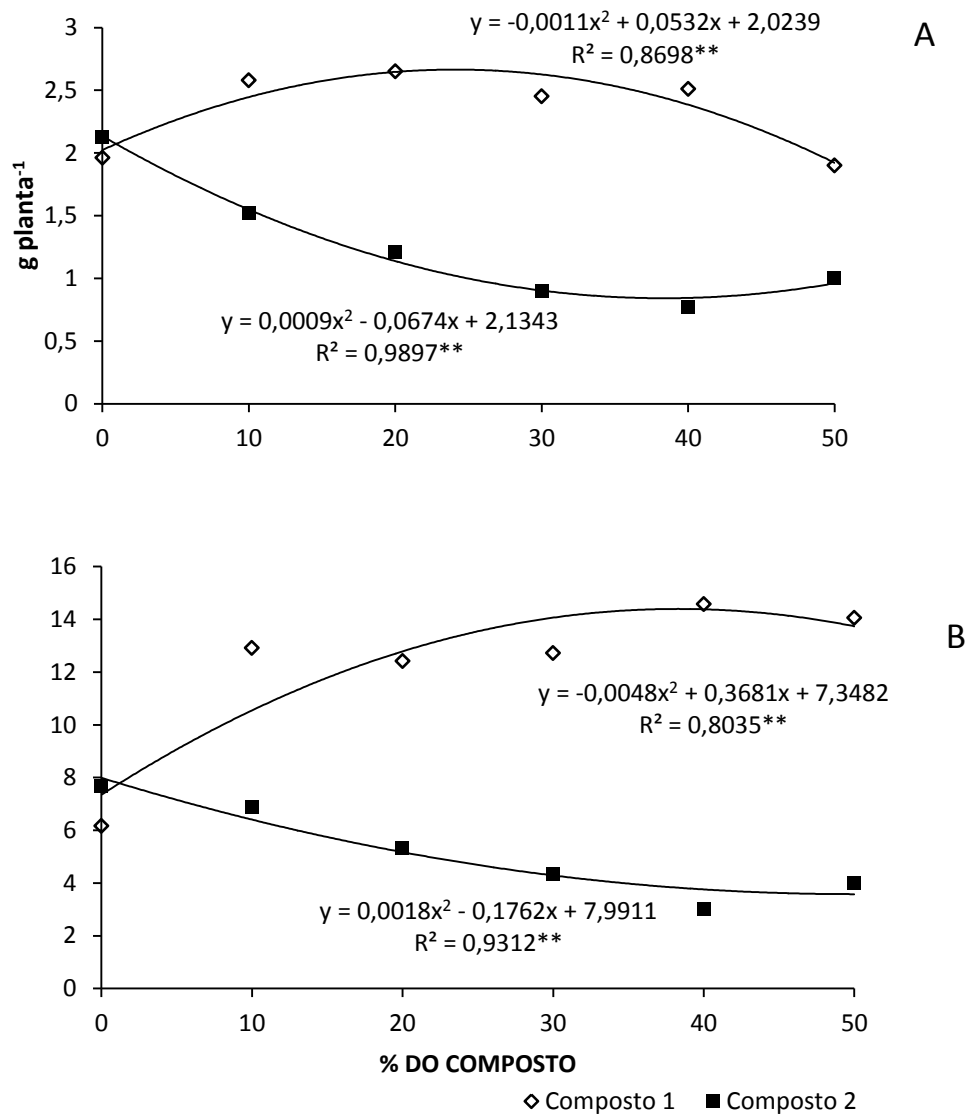


FIGURA 3 - Massa seca em raízes (A) e parte aérea (B) de plantas de pinhão-mansão, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-mansão e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-mansão) em diferentes doses; *= significativo a 5% de probabilidade; **= significativo a 1% de probabilidade.

4.2 Estatus nutricional das plantas

4.2.1 Concentração de N, P e K no tecido foliar

A importância de N para o metabolismo de plantas de pinhão-mansão ainda não tem sido adequadamente investigada (MORAIS, 2010). 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, et al., 2009b). No presente estudo, os dados de acumulação de N, na parte aérea das plantas de pinhão-mansão, foram significativos e ajustaram-se à regressão polinomial quadrática (FIGURA 4A); quando se considera o composto-1, o efeito deste fator sobre a acumulação de N nas plantas foi positivo, contudo, negativo, quando se considera o composto-2. Nas plantas de pinhão-mansão fertilizadas com o composto-1, a acumulação de N, na dose 50% do composto (29,76 g kg⁻¹), foi 2,35 vezes maior que a acumulação observada nas plantas do controle experimental (12,67 g kg⁻¹).

Estudando o teor e o acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão com idade aproximada de um ano, Laviola e Dias (2008) encontraram teor foliar de N de 31,4 g kg⁻¹, portanto uma acumulação similar à encontrada neste estudo na maior dose do composto-1. Morais (2010), analisando o impacto da nutrição mineral sobre o crescimento inicial de plantas de pinhão-mansão cultivadas em areia, irrigada com solução de Hoagland, com 80% de sua força iônica original, observou que nessas condições, a acumulação de N foliar atingiu 35 g kg⁻¹, valor 15% maior que o encontrado no presente estudo. De acordo com esta pesquisadora, foi constatada a presença abundante de folhas axilares, particularmente na maior concentração de N, no tecido foliar, o que pode ser prejudicial ao crescimento futuro da planta por aumentar a demanda por nutrientes.

Os dados referentes à acumulação de P nas plantas ajustaram-se à equação polinomial quadrática (FIGURA 4B) e apresentaram incremento com o aumento da concentração do composto-1 no substrato de crescimento. No composto-1, a acumulação de P (4,36 g kg⁻¹), na dose 50%, foi 3,8 vezes maior que o observado no controle experimental (1,14 g kg⁻¹). Pode-se, então, afirmar que a acumulação relativa de P foi maior que a de N na dose máxima (50%) do composto-1. Na literatura, as respostas das plantas de pinhão-mansão à adubação fosfatada têm sido dissonantes. Enquanto a aplicação da adubação fosfatada não resultou em incrementos significativos na massa seca de raízes de plantas de pinhão-mansão (MORAIS, 2010), ao contrário tem sido reportado que plantas de pinhão-mansão são responsivas à adubação fosfatada (SANTOS et al, 2007).

Alguns autores afirmam que o fato de o pinhão-mansão não responder positivamente à 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 de pinhão-mansão adultas em fase de produção e com porte similar. Neste caso, aquelas que não foram adubadas com P pouca ou nenhuma

produção de frutos ocorreu, enquanto que as adubadas com uma fonte solúvel de P obtiveram produção esperada (COSTA et al., 2009). Segundo evidências fisiológicas, os efeitos positivos da adubação fosfatada devem-se ao fato de o P promover a formação e o crescimento do sistema radicular e, desta forma, melhorar a eficiência da utilização de água (SOUZA et al., 2007).

A acumulação de K, na parte aérea das plantas de pinhão-mansó, aumentou com o incremento da dose do composto-1 no substrato de crescimento, sendo os dados ajustados à equação polinomial quadrática (FIGURA 4C). No maior nível do composto-1 (50%), a concentração de K atingiu $16,69 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que, no controle, a acumulação de K foi de $5,50 \text{ g kg}^{-1}$.

De acordo com Morais (2010), a acumulação foliar de K em plantas de pinhão-mansó fertilizadas com solução de Hoagland atingiu $16,65 \text{ g kg}^{-1}$; segundo a autora, o K exerce papel fundamental no metabolismo de plantas de pinhão-mansó, particularmente no ajustamento osmótico celular em condições de variados tipos de estresses ambientais, o que corrobora a afirmação de Silva et al. (2009) de que o pinhão-mansó é uma planta incluídora. Lima et al. (2011), estudando o crescimento inicial de mudas de pinhão-mansó em substrato contendo composto de lixo orgânico, observaram que a acumulação de K apresentou crescimento linear significativo, portanto o maior teor deste elemento nutriente foi obtido na dose máxima do composto que correspondeu a 40%.

Tomando como base os teores absolutos correspondentes à concentração foliar dos macronutrientes primários N, P e K (FIGURA 4), tanto nas plantas controles, como nos demais tratamentos utilizadas neste estudo (% do composto-1), pode-se afirmar que a ordem preferencial de acumulação na planta é a que segue: $N > K > P$. Ordem similar de acumulação preferencial para os nutrientes N, P e K, em tecido foliar de plantas de pinhão-mansó, foi encontrada por Laviola e Dias (2008), sendo essa mesma ordem observada nos frutos.

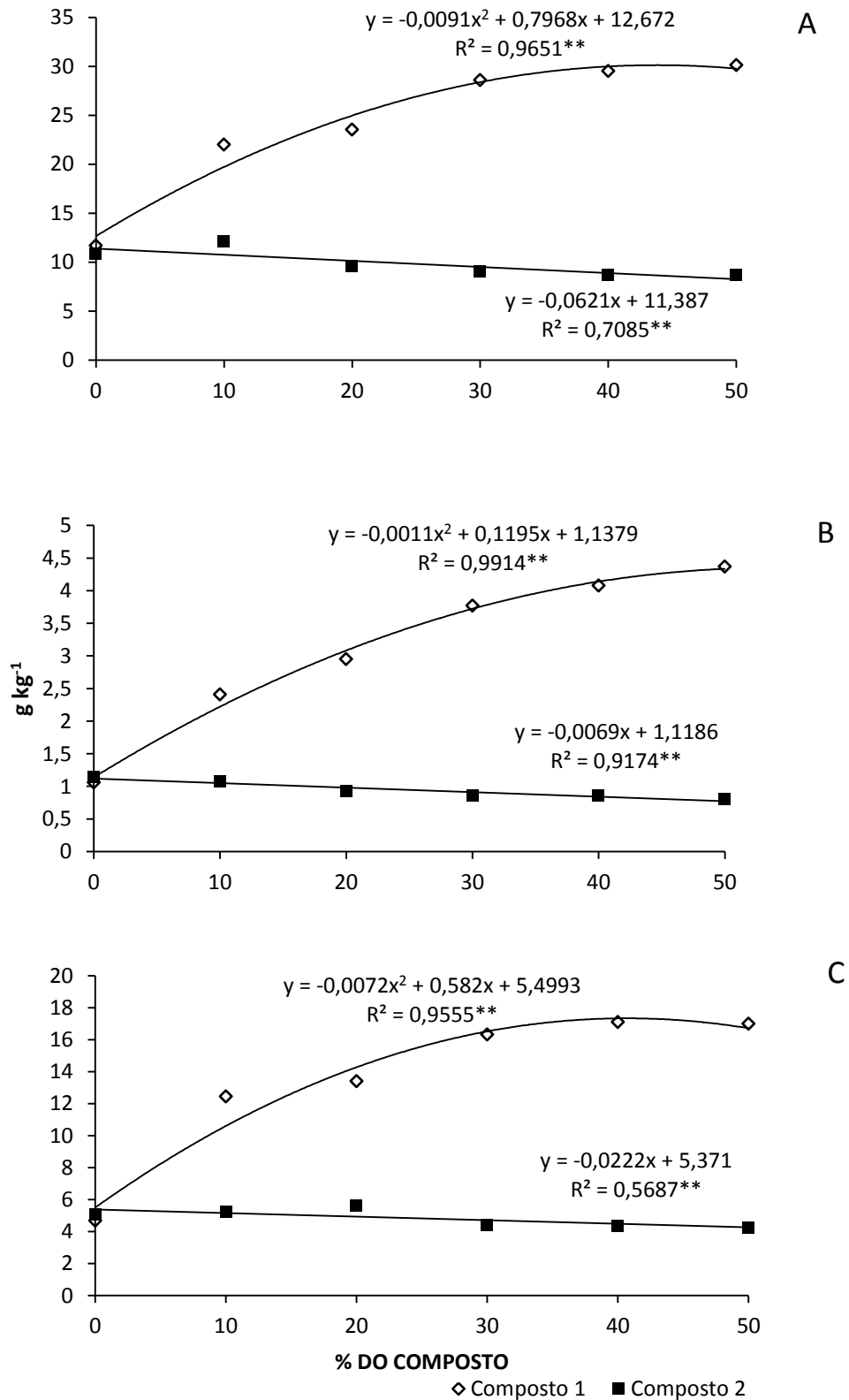


FIGURA 4 - Acumulação de N (A), P (B) e K (C) em plantas de pinhão-mansão, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-mansão e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-mansão) em diferentes doses; *= significativo a 5% de probabilidade; **= significativo a 1% de probabilidade.

4.2.2 Concentração de Ca, Mg e S no tecido foliar

Os dados relativos às concentrações de Ca, Mg e S, na parte aérea das plantas de pinhão-mansão, para o composto-1, foram todos ajustados à equação polinomial quadrática (FIGURA 5A, B e C). Fica evidenciado que a acumulação de Ca nas plantas de pinhão-mansão aumentou rapidamente até a dose 30% do composto-1 e, acima desse valor percentual, manteve-se praticamente estável; a quantidade de Ca acumulada na dose 50% do composto-1 (21,38 g kg⁻¹) foi cerca de 2 vezes maior do que a observada na testemunha (9,97 g kg⁻¹). Na dose 30% do composto-1, a acumulação de Ca nas plantas foi de 20,41 g kg⁻¹, portanto um valor praticamente igual ao encontrado na maior dose do composto-1, utilizada neste estudo.

Com relação ao Mg, a sua acumulação nas plantas de pinhão-mansão foi incrementada com o aumento da dose do composto-1 no solo e, a exemplo do magnésio, esta acumulação foi bem mais acelerada nas doses até 30% do C-1. Na dose máxima do composto, a acumulação de Mg foi 11,76 g kg⁻¹, um valor 2,6 vezes maior que o observado nas plantas controle (4,50 g kg⁻¹). Em termos relativos, conclui-se que a acumulação de Mg foi mais intensa que a de Ca com o aumento da dose do composto-1. Por outro lado, quando se analisa a acumulação de ambos os nutrientes, vê-se que as plantas de pinhão-mansão acumulam Ca, bem mais que Mg, independente da dose do composto-1 considerada.

No que se refere aos teores de S nas plantas de pinhão-mansão, verifica-se que o modelo de acumulação seguiu o mesmo padrão para os nutrientes Ca e Mg; a maior acumulação de S foi na dose máxima do composto-1 e, da mesma forma, há uma certa tendência de desaceleração no padrão de acumulação deste nutriente em valores superiores a 30% da dose do fertilizante. Levando em consideração a acumulação absoluta dos macronutrientes “secundários”, observada nas condições do presente estudo, é sugerido que a ordem decrescente preferencial de acumulação, por plantas de pinhão-mansão, é a que segue: Ca>Mg>S. Esta sequência corresponde à encontrada por Laviola e Dias (2008).

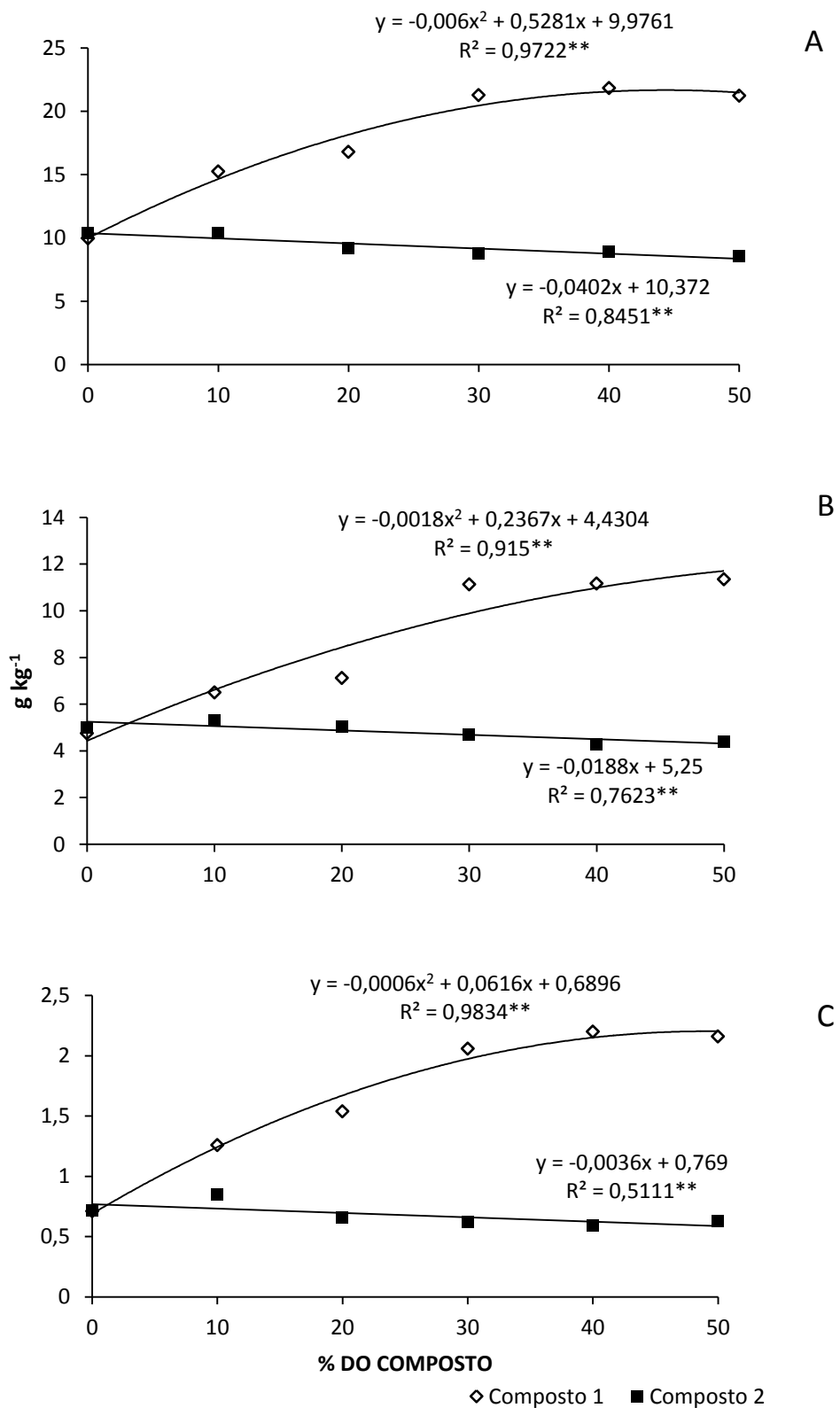


FIGURA 5 - Acumulação de Ca (A), Mg (B) e S (C) em plantas de pinhão-manso, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses; *= significativo a 5% de probabilidade; **= significativo a 1% de probabilidade.

Considerando, agora, as acumulações absolutas de todos os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, e S) em conjunto, a ordem decrescente preferencial de acumulação encontrada neste estudo por plantas de pinhão-manso foi: N>Ca>K>Mg>P>S. Essa foi a mesma ordem encontrada por Laviola e Dias (2008). De acordo com esses autores, o N foi o nutriente requerido em maior quantidade para formação das folhas, bem como para suprir as demandas metabólicas dos frutos. O pinhão-manso é uma planta que apresenta alta taxa de crescimento, sendo o N essencial para a assimilação do C e formação de novos órgãos na planta; com relação a P, citam que, apesar deste nutriente estar entre o quarto (fruto) e o quinto (folhas) nutriente mais requerido pela cultura, ele é muito limitante, sobretudo na fase inicial do crescimento de plantas de pinhão-manso. Por outro lado, a ordem acessada de limitação da produção de matéria seca total (parte aérea + raízes) por planta, em mudas de pinhão-manso, é Ca>Mg>K>N>P>S, para macronutrientes, e Fe>Cu>Zn>Mn>B, para micronutrientes (SILVA et al., 2009b). Assim, embora o N seja o elemento nutriente exigido em maior quantidade por plantas de pinhão-manso, é o S quem mais limita a produção de massa seca da planta.

O efeito negativo do composto-2 sobre as variáveis altura da planta, número de folhas, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes (FIGURAS 1, 2 e 3), induzido por prováveis danos causados pelo composto, ainda não totalmente oxidado, à integridade do sistema radicular, pode ser melhor compreendido pela restrição que este evento aparentemente causou à absorção e, em consequência, à acumulação de nutrientes nas plantas (FIGURAS 4 e 5).

4.2.3 Concentração de Fe, Zn, Cu, Mn e B no tecido foliar

As concentrações de Fe, Zn e Cu nas plantas de pinhão-manso encontram-se na FIGURA 6, onde se observa consistente incremento na acumulação destes nutrientes na medida em que a concentração do composto-1, no substrato, aumentou; em todos os casos, os dados ajustaram-se a equação polinomial quadrática. O teor de Fe observado neste estudo em plantas jovens de pinhão-manso, na maior dose do composto-1, atingiu cerca de 210 mg kg⁻¹ (FIGURA 6A). Em estudo conduzido por Lima et al. (2011), a concentração foliar de Fe em folhas jovens foi 60% menor (70 mg kg⁻¹); estes autores somente encontraram teores de Fe similares aos encontrados no presente estudo, em folhas velhas ou completamente desenvolvidas.

No caso do Zn, o maior teor encontrado foi $23,42 \text{ mg kg}^{-1}$, na maior dose do composto-1 (FIGURA 6B). Este valor corresponde à metade do encontrado por Lima et al. (2011), em folhas jovens de pinhão-manso. Essas discrepâncias entre os teores de Fe e Zn entre os dados da presente pesquisa e o estudo de Lima et al. (2011) podem refletir diferenças nutricionais, ambientais ou até mesmo diferenças inerentes ao genótipo em questão. O Fe e o Zn apresentam comportamento de nutrientes de baixa mobilidade, e os seus teores devem aumentar com a idade da folha; para o crescimento adequado do pinhão-manso, esses nutrientes precisam ser continuamente absorvidos e translocados para as regiões em crescimento, uma vez que, em caso de deficiência, os sintomas surgirão nas folhas mais jovens (LIMA et al., 2011).

Entre os micronutrientes estudados, o Cu foi aquele acumulado em menor quantidade nas plantas de pinhão-manso (FIGURA 6C). Na literatura, há citação de que o pinhão-manso é uma espécie pouco exigente a solos férteis e que a omissão de Zn e de Cu, em trabalhos de diagnose por subtração, não provocou nenhum sintoma de deficiência nas plantas, mostrando que, talvez, as mesmas não sejam exigentes em tais nutrientes (CHAVES et al., 2009). Com o aumento da dose do composto-1 até 50%, a concentração foliar de Cu atingiu 8 mg kg^{-1} ; no controle (solo pobre), a concentração de Cu foi de $2,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Lima et al. (2011) encontraram 16 mg kg^{-1} de Cu em folhas jovens de pinhão-manso e Laviola e Dias (2008), $10 \text{ mg}^{-1}\text{kg}$, ambos em plantas fertilizadas com adubo químico.

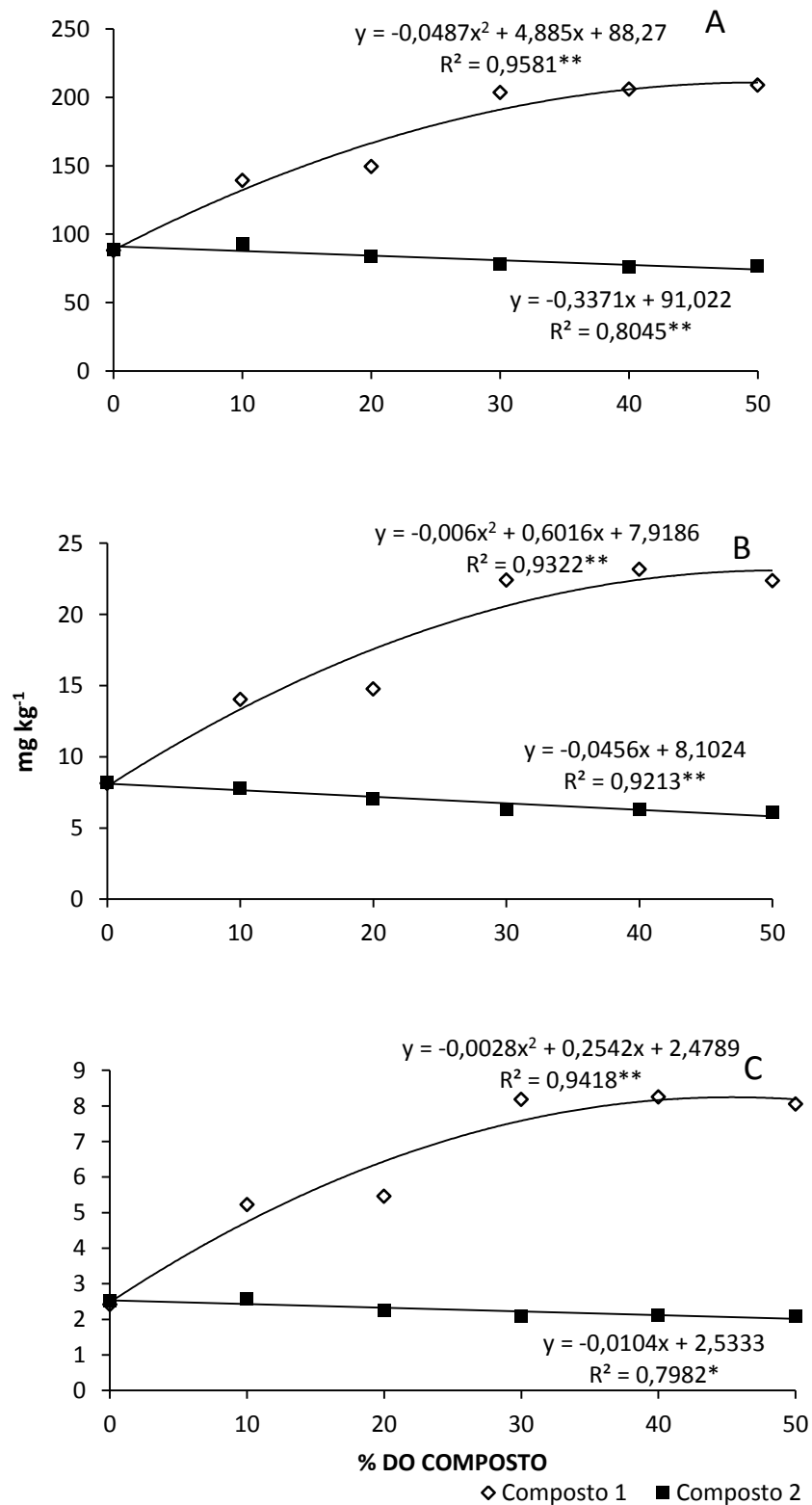


FIGURA 6 - Acumulação de Fe (A), Zn (B) e Cu (C) em plantas de pinhão-mansão, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-mansão e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-mansão) em diferentes doses; **= significativo a 1% de probabilidade.

No que se refere à acumulação de Mn e B nas plantas de pinhão-mansão, os dados ajustaram-se a equação quadrática (FIGURA 7). De forma geral, a acumulação foi mais intensa com o aumento da dose do composto-1 até a dose de 30%. No presente trabalho, a ordem preferencial de acumulação de micronutrientes nas plantas de pinhão-mansão foi a que segue: Fe>Mn>B>Zn>Cu. De acordo Silva et al. (2009a), a omissão de Fe, Cu, Zn, Mn e B reduziu a produção de matéria seca total de plantas de pinhão-mansão em 84, 69, 43, 31 e 17%, respectivamente, em relação ao tratamento completo, ou solução de Hoagland. Uma maior exigência de Fe, entre os micronutrientes, também foi observada por Silva et al. (2009a) e por Lange et al. (2005), em mamoneira cultivar Íris.

A ordem de acumulação de micronutrientes em folhas de pinhão-mansão encontrada por Laviola e Dias (2008) diferiu da encontrada nesta pesquisa pelo fato de que o Mn apresentou maior acumulação que o elemento Fe; para os demais micronutrientes estudados, a sequência encontrada pelos respectivos pesquisadores foi a mesma.

É também interessante ressaltar que a ordem de limitação de produção de massa seca para plantas de pinhão-mansão associada aos micronutrientes, encontrada por Silva et al. (2009), ou Fe>Cu>Zn>Mn>B, não corresponde, na integralidade, à ordem aqui encontrada para acumulação na parte aérea, ou Fe>Mn>B>Zn>Cu; por exemplo, a restrição de Cu, que é o micronutriente mais acumulado por plantas de pinhão-mansão, foi capaz de provocar, nesta planta, uma redução na acumulação de massa seca total de cerca de 69% (SILVA et al., 2009a).

A exemplo do que ocorreu para os macronutrientes estudados, as concentrações dos micronutrientes em plantas de pinhão-mansão foram também afetadas negativamente à medida em que a concentração do composto-2 aumentava no substrato de cultivo (FIGURAS 6 e 7).

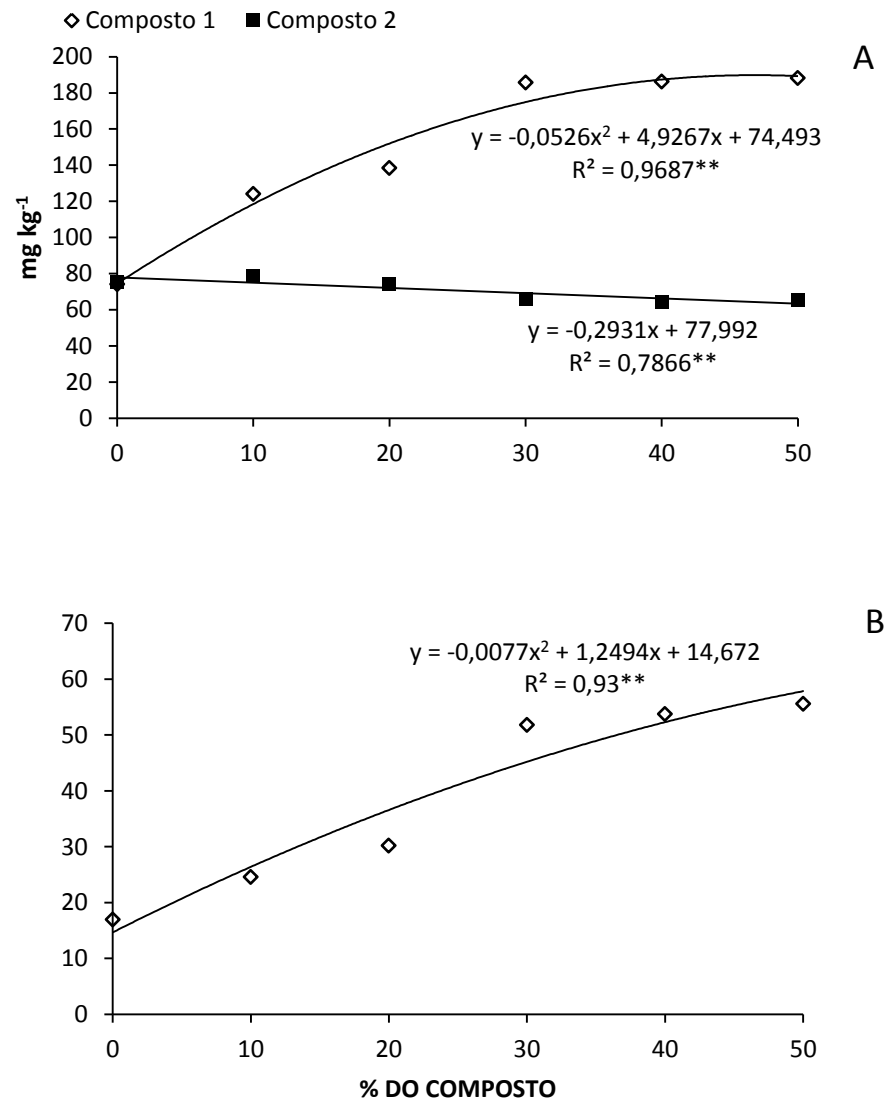


FIGURA 7 - Acumulação de Mn (A) e B (B) em plantas de pinhão-manso, 90 dias após o semeio, cultivadas com dois tipos de compostos orgânicos (composto 1 = 20% de torta e 80% de casca de pinhão-manso e composto 2 = 60% de torta e 40% de casca de pinhão-manso) em diferentes doses; **= significativo a 1% de probabilidade.

5 Conclusões

1 – O composto orgânico-1 (20% torta e 80% casca de pinhão-manso) influenciou positivamente as variáveis de crescimento (altura de plantas, número de folhas, massa seca das raízes e massa seca da parte aérea), enquanto que o aumento da concentração do composto-2 (60% torta e 40% casca de pinhão-manso) no substrato afetou negativamente todas as variáveis de crescimento;

2 – O aumento da concentração do composto-1 no substrato promoveu maior acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de plantas de pinhão-manso, enquanto que a acumulação de macro e micronutrientes em plantas de pinhão-manso foi negativamente afetada com o respectivo aumento da concentração do composto-2 no substrato;

3 – O efeito negativo do composto-2 sobre as variáveis de crescimento (altura de plantas, número de folhas, massa seca das raízes e da parte aérea) pode estar relacionado com os danos causados pelo composto, ainda não totalmente oxidado, à integridade do sistema radicular, restringindo a absorção e, conseqüentemente, a acumulação de nutrientes nas plantas;

4 - A ordem decrescente preferencial de acumulação de nutrientes encontrada neste estudo por plantas de pinhão-manso foi: N>Ca>K>Mg>P>S, para macronutrientes, e Fe>Mn>B>Zn>Cu, para micronutrientes;

5 - A partir dos resultados encontrados na presente pesquisa, pode ser sugerido que a dose correspondente a 30% do composto-1 é suficiente para produção de mudas de pinhão-manso de qualidade.

Referências

- ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Vol. 37. N° spe. Viçosa, julho, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982008001300030&script=sci_arttext>. Acesso em: 1 mai. 2011.
- ALBUQUERQUE, W. G. et al. Crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de níveis de água e adubação nitrogenada. In: **Anais III Congresso Brasileiro de Mamona**. Salvador, 2008. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/277501/1/PM09.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2012
- ANDRADE, T. M. et al. Deficiência de macronutrientes em mudas de *Jatropha curcas* L. (Nota prévia). In: **Anais II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**. Brasília, 2007.
- ARAÚJO, V. L. et al. Inclusão de casca de pinhão-manso em dietas de ovinos: consumo voluntário e caracterização de quadro toxicológico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Vol. 62. N° 5. Belo Horizonte, outubro, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352010000500031&script=sci_arttext>. Acesso em: 1 mai. 2011.
- ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Vol. 8, N° 1, p. 789-799. 2004.
- ÁVILA, S. et al. Métodos para desintoxicação de tortas de oleaginosas. In: **Anais I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**. Brasília, 2006.
- BELTRÃO, N. E. M. **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras**. Campina Grande, PB, 2006.
- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. Direcionamento dos resíduos e coprodutos da fabricação do biodiesel a partir de mamona e pinhão manso. In: **Bahia análise & dados**. Vol. 18. N° 14. Salvador, 2009.
- BORGES, A. L. et al. 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.
- CARVALHO, B. C. L. et al. **Informações técnicas para o cultivo do pinhão-manso no estado da Bahia**. Salvador: EBDA, 2009.
- CASTILHOS, R. M. V. et al. Distribuição e caracterização de substâncias húmicas em vermicompostos de origem animal e vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.32,

Nº spe Viçosa outubro/dezembro, 2008. Disponível em: <G:\compostagem\Revista Brasileira de Ciência do Solo - Distribuição e caracterização de substâncias húmicas em vermicompostos de origem animal e vegetal.mht>. Acesso em: 22 abr. 2011.

CHAGAS, E. et al. 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.

CHAVES, L. H. G. et al. Zinco e cobre em pinhão manso. II. Teores dos elementos em folhas e caule. **Revista Catinga**. Vol. 22. Nº 3. Mossoró, julho-setembro, 2009. Disponível em:< <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/941>>. Acesso em: 06 jan. 2012

CORRENTE, J. E.; NOGUEIRA, M. C. S.; COSTA, B. M. Contrastes ortogonais na análise do controle de volatilização de amônia em compostagem. **Revista Scientia Agricola**. Vol. 58. Nº 2. Piracicaba, abril/junho, 2001. Disponível em: <G:\compostagem\Scientia Agricola - Contrastes ortogonais na análise do controle de volatilização de amônia em compostagem.mht>. Acesso em: 22 abr. 2011.

COSTA, M. J. C. **Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): aspectos sócio-econômicos e a fisiologia de sementes**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2009. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraDownload.do?select_action=&co_obra=153027&co_midia=2>. Acesso em: 20 ago. 2010.

COSTA, N. V. et al. **Crescimento de plantas de pinhão-manso em resposta à adubação fosfatada: 1º ano de avaliação**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

DIAS, L. A. S. et al. **Cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): para produção de óleo combustível**. Viçosa – MG, 2007. 40p.

DINIZ FILHO, E. T. et al. A prática da compostagem no manejo sustentável de solos. **Revista Verde**. Vol. 2. Nº 2, p 27-36. Mossoró, Julho/Dezembro, 2007. Disponível em: <<http://gvaa.dominiotemporario.com/revista/index.php/RVADS/article/view/41/41>>. Acesso em 22 abr. 2011.

DOURADO, F. W. N. **Avaliação da qualidade de sementes e plântulas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia com área de concentração em Fitotecnia) - Universidade Estadual do sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2009. Disponível em: <[http://www.uesb.br/mestradoagronomia/dissertacoes/2009/AVALIA%C3%87%C3%83O%20DA%20QUALIDADE%20DE%20SEMENTES%20E%20PL%C3%82NTULAS%20DE%20PINH%C3%83O%20MANSO%20\(Jatropha%20curcas%20L.\).pdf](http://www.uesb.br/mestradoagronomia/dissertacoes/2009/AVALIA%C3%87%C3%83O%20DA%20QUALIDADE%20DE%20SEMENTES%20E%20PL%C3%82NTULAS%20DE%20PINH%C3%83O%20MANSO%20(Jatropha%20curcas%20L.).pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2011.

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

FERMINO, M. H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativa de substratos hortícolas**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós

Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FREIRE, E. A. et al. Importância do cultivo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para uso do biodiesel. In: **Anais IV Congresso brasileiro de mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, 2010, João Pessoa. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 118-121. Disponível em: <www.cbmamona.com.br/pdfs/BID-25.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2010.

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

GOLDFARB, M.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. Cavalcanti. Armazenamento criogênico de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) Euphorbiaceae. **Revista Biotemas**. Vol. 23. Nº 1. [S. l.: s. n.], março, 2010. Disponível em: <<http://www.biotemas.ufsc.br/volumes/pdf/volume231/27a33.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2010.

GOMES, F. H. T. **Composição químico-bromatológica e degradação *in situ* de nutrientes de co-produtos da mamona e do pinhão-manso da cadeia produtiva do biodiesel**. Monografia (Curso de Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: <www.neef.ufc.br/pinhaomanso2007.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2010.

GOMES, F. H. T. et al. Composição Bromatológica e Degradação *In Situ* de Subprodutos da Cadeia do Biodiesel. **Revista Científica de Produção Animal**. Vol. 11, Nº 2. p. 144-156, 2009.

GUILHERME, L. R. G. et al. Adsorção de fósforo em solos de várzea do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 27-34, 2000.

GUSMÃO, C. A. G. et al. Modificações no crescimento e na área foliar de plântulas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) ocasionadas por distúrbios nutricionais. In: **Anais II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**. Brasília, 2007.

LANGE, A. et al. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.61-67, 2005.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Vol. 32. Nº 5. Viçosa, setembro/outubro, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000500018&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 19 ago. 2010.

LAVIOLA, B. G.; MENDONÇA, S.; RIBEIRO, J. A. A. Caracterização de acessos de pinhão-manso quanto a toxidez. In: **Anais IV Congresso brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, 2010, João Pessoa. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1617-1622.

LIMA, R. L. S. et al. Combinação de casca e torta de mamona como adubo orgânico para a mamoneira. In: **Anais III Congresso Brasileiro de Mamona**. Salvador, 2008.

LIMA, R. L. S. de et al. Crescimento e nutrição de mudas de pinhão manso em substrato contendo composto de lixo orgânico. **Revista Caatinga**. Vol. 24. N° 3. Mossoró, julho-setembro, 2011. p. 167-162.

MAIA, J. T. L. S. et al. Efeito da omissão de macro e micronutrientes no crescimento de pinhão-manso. **Revista Caatinga**. Vol. 24. N° 2. Mossoró, abril-junho, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/1395>>. Acesso em: 06 jan. 2012.

MALAVOLTA, E. Diagnose foliar. In: MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

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

MALHEIROS, S. M. P. **Avaliação do processo de compostagem utilizando resíduos agroindustriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1996. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000116365&opt=1>>. Acesso em: 22 abr. 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995.

MENDONÇA, S.; LAVIOLA, B. G. **Uso potencial e toxidez da torta de pinhão-manso**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009. p.8 (Embrapa Agroenergia. Comunicado técnico, 001).

MORAIS, D. L. **Impacto da nutrição mineral no crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2010.

NASCIMENTO, J. J. V. et al. Adubação fosfatada no crescimento inicial do pinhão-manso. In: **Anais IV Congresso brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, 2010, João Pessoa. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 425-429. Disponível em: <<http://www.cbmamona.com.br/pdfs/FER-54.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2012.

NEGREIROS, M. Z. et al. Cultivo do melão no pólo Rio Grande do Norte-Ceará. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.3, 2003.

OLIVEIRA, S. J. C. **Componentes de crescimento de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação mineral e da poda**. Tese (Doutorado em Agronomia com área de concentração em Agricultura Tropical) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2009. Disponível em: <www.cca.ufpb.br/ppga/pdf/doutorado/Suenildo%20Josemo-dr09.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2010.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**. Vol. 19. N° 1. [S. l.: s. n.], Julho, 2000, P. 1-15. Disponível em: <linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0961953400000192>. Acesso em: 6 set. 2010.

PACHECO, D. D. et al. **Produção de massa vegetal e composição mineral de plantas de pinhão-manso**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

PANDOVANI, V. C. R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola com área de concentração em Águas e Solos) - Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000419533>>. Acesso em: 22 abr. 2011.

PAULINO, J. **Crescimento e qualidade de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) produzidas em ambiente protegido**. Dissertação (Mestrado em Ciências com área de concentração em Irrigação de Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

PEREIRA, G. R. L. et al. Manejo Nutricional de Ovinos e Caprinos em Regiões Semi-Áridas. In: **Anais XI Seminário Nordeste de Pecuária**. Fortaleza, 2007.

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

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. **Acta Scientiarum Agronomy**. Vol. 28, N° 4, Maringá, outubro-dezembro, 2006. p. 527-533.

PRIMO, D. C. et al. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Vol. 14. N° 7. Campina Grande, julho, 2010. Disponível em: <G:\compostagem\Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo.mht>. Acesso em: 22 abr. 2011.

QUINTILIANO, A. A. et al. Avaliação do teor de óleo de pinhão-manso extraído em lotes de baixa qualidade física. In: Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 3, 2006. **Anais**, Varginha. Revista de Resumos. Lavras - MG :UFLA, 2006.

RAIJ, B. V.. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991.

SALÉ, N. A. C. **Oportunidades e desafios para o comércio internacional de biocombustível da *Jatropha curcas* (pinhão-manso) produzido em países em desenvolvimento**. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/12765>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

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

SANTOS, S. et al. **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.

SATO, M. et al. A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): uso para fins combustíveis e descrição agrônômica. **Revista Varia Scientia**. Vol. 7. N° 13, Jan-jul, 2007.

SILVA, E. B. et al. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Vol. 44. N° 4. Brasília, abril, 2009a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000400009>. Acesso em: 06 jan. 2012.

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

SOUZA, A. D. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Vol. 44. N° 10. Brasília, outubro, 2009. Disponível em: <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/pab2009/10/44n10a17.pdf>>. Acesso em: 1 mai. 2011.

SOUZA, P. T. et al. Resposta do pinhão-manso à adubação NPK em duas condições edafoclimáticas. In: **Anais I Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão manso**. Brasília-DF, 2009. p. 293-296.

TANURE, L. P. P. **Avaliação das limitações nutricionais em mudas de pinhão manso cultivadas em casa de vegetação**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vale do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, 2009. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp107341.pdf>>. acesso em: 06 jan.2012.

Anexos

Resumos das análises de variância para altura de plantas (AP) aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) em plantas jovens de pinhão-manso nutridas com composto orgânico

FV	GL	AP (30 DAS)	AP (60 DAS)	AP (90 DAS)
Composto	1	39,04 ^{**}	593,33 ^{**}	1084,85 ^{**}
Dose	5	3,50 ^{ns}	33,85 ^{**}	106,00 ^{**}
C x D	5	7,05 ^{**}	59,42 ^{**}	104,25 ^{**}
Erro	48	1,47	1,90	2,57
Total	59			
CV%	-	7,93	7,07	7,02
Regressão CO1	-			
Efeito linear	1	8,48 [*]	411,21 ^{**}	886,30 ^{**}
Efeito quadrático	1	4,96 ^{ns}	2,18 ^{ns}	26,77 ^{**}
Desvio	3	2,59	6,56	14,60
Regressão CO2	-			
Efeito linear	1	20,69 ^{**}	10,26 [*]	2,75 ^{ns}
Efeito quadrático	1	5,47 ^{ns}	0,41 ^{ns}	8,25 ^{ns}
Desvio	3	1,21	0,14	10,77

** = efeito significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Resumos das análises de variância para o número de folhas (NF) aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) em plantas jovens de pinhão-manso nutridas com composto orgânico

FV	GL	NF (30 DAS)	NF (60 DAS)	NF (90 DAS)
Composto	1	11,26 ^{**}	207,20 ^{**}	280,58 ^{**}
Dose	5	1,69 [*]	22,70 ^{**}	45,58 ^{**}
C x D	5	2,80 ^{**}	14,84 ^{**}	36,08 ^{**}
Erro	48	0,66	1,08	2,17
Total	59			
CV%	-	16,11	10,80	11,80
Regressão CO1	-			
Efeito linear	1	12,58 ^{**}	155,51 ^{**}	249,20 ^{**}
Efeito quadrático	1	1,95 ^{ns}	4,98 [*]	20,14 ^{**}
Desvio	3	0,78	1,07	21,29
Regressão CO2	-			
Efeito linear	1	0,13 ^{ns}	0,43 ^{ns}	2,90 ^{ns}
Efeito quadrático	1	0,61 ^{ns}	9,19 ^{**}	31,64 ^{**}
Desvio	3	1,01	2,42	4,82

** = efeito significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Resumos das análises de variância para a massa seca das raízes (MSRA) e da parte aérea (MSPA) aos 90 dias após a semeadura (DAS) em plantas jovens de pinhão-manso nutridas com composto orgânico

FV	GL	MSRA	MSPA
Composto	1	15,36**	713,52**
Dose	5	0,73**	9,64**
C x D	5	1,04**	51,39**
Erro	48	0,11	1,73
Total	59		
CV%	-	19,51	8,68
Regressão CO1	-		
Efeito linear	1	0,66 ^{ns}	141,06**
Efeito quadrático	1	1,54**	42,47**
Desvio	3	0,35	14,95
Regressão CO2	-	MSRA	MSPA
Efeito linear	1	15,36**	713,52**
Efeito quadrático	1	0,73**	9,64**
Desvio	3	1,04**	51,39**

** = efeito significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Resumos das análises de variância para a concentração de macronutrientes em plantas jovens de pinhão-manso nutridas com composto orgânico

FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
Composto	1	3027,15**	70,74**	1173,86**	1042,75**	228,15**	14,23**
Dose	5	108,99**	3,11**	49,06**	38,58**	16,50**	0,70**
C x D	5	175,74**	4,77**	63,75**	72,96**	26,33**	1,11**
Erro	48	0,68	0,03	0,17	0,29	0,22	0,00
Total	59						
CV%	-	4,88	9,24	4,63	4,02	7,10	7,95
Regressão CO1	-						
Efeito linear	1	1109,85**	35,27**	434,41**	457,32**	182,74**	7,94**
Efeito quadrático	1	189,04*	2,24**	94,22**	65,61**	6,14**	0,73**
Desvio	3	18,13	0,10	8,18	4,99	5,86	0,04
Regressão CO2	-						
Efeito linear	1	29,97**	0,41**	3,20**	13,86**	3,01**	0,12**
Efeito quadrático	1	0,44 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Desvio	3	4,70	0,00	0,19	1,90	0,27	0,03

** = efeito significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Resumos das análises de variância para a concentração de micronutrientes em plantas jovens de pinhão-mansó nutridas com composto orgânico

FV	GL	Fe	Zn	Cu	Mn	B
Composto	1	103979,25 ^{**}	1657,95 ^{**}	238,08 ^{**}	93121,90 ^{**}	6993,00 ^{**}
Dose	5	46,20 ^{**}	68,31 ^{**}	11,50 ^{**}	4185,72 ^{**}	683,71 ^{**}
C x D	5	7577,71 ^{**}	121,16 ^{**}	15,90 ^{**}	6620,35 ^{**}	758,22 ^{**}
Erro	48	32,02	0,30	0,15	22,09	10,39
Total	59					
CV%	-	4,55	4,50	9,20	4,27	11,47
Regressão CO1	-					
Efeito linear	1	51906,15 ^{**}	794,63 ^{**}	112,40 ^{**}	45491,93 ^{**}	6432,77 ^{**}
Efeito quadrático	1	4357,60 ^{**}	65,51 ^{**}	14,43 ^{**}	5096,11 ^{**}	109,69 ^{**}
Desvio	3	819,29	20,88	2,62	544,19	163,97
Regressão CO2	-					
Efeito linear	1	980,39 ^{**}	18,01 ^{**}	0,93 [*]	741,37 ^{**}	4,60 ^{ns}
Efeito quadrático	1	7,40 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	8,29 ^{ns}
Desvio	3	77,04	0,18	0,05	67,08	1,48

** = efeito significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste