



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS – PPGCIFA**

JOSÉ AUGUSTO FIGUEIRA DA SILVA

**EFEITO DA CALAGEM E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NO
DESENVOLVIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas*
L.) EM UM CAMBISSOLO**

MANAUS – AM
2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS – PPGCIFA**

JOSÉ AUGUSTO FIGUEIRA DA SILVA

**EFEITO DA CALAGEM E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NO
DESENVOLVIMENTO INICIAL DO PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas*
L.) EM UM CAMBISSOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração Manejo e Tecnologia de Recursos Florestais Tropicais.

Orientador: Dr. Antenor Francisco de Figueiredo

MANAUS – AM
2011

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

S586e Silva, José Augusto Figueira da

Efeito da calagem e disponibilidade de nutrientes no desenvolvimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em um Cambissolo / José Augusto Figueira da Silva.- Manaus: UFAM, 2011.

62f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) — Universidade Federal do Amazonas, 2011.

Orientador: Dr. Antenor Francisco de Figueiredo

1. Pinhão-manso – Nutrição 2. Pinhão-manso – Adubos e fertilizantes 3. Calagem dos solos I. Figueiredo, Antenor Francisco de (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU (1997) 633.85(043.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS - PPGCIFA



PARECER

Defesa nº 112

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir do mestrando **JOSÉ AUGUSTO FIGUEIRA DA SILVA**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado **"Efeito da calagem e disponibilidade de nutrientes no desenvolvimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em Cambissolo"**, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do acadêmico habilitando-o ao título de Mestre "*Magister Scientiae*" em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **Manejo e Tecnologia de Recursos Florestais Tropicais (MTRF)**.

Dr. Antenor Francisco de Figueiredo
Professor e Pesquisador do Departamento de Produção Animal e Vegetal da UFAM
Orientador e Presidente da banca examinadora

Dr. Carlos Alberto Franco Tucci
Professor e Pesquisador do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UFAM
Primeiro examinador

Dr. José Zilton Lopes Santos
Professor e Pesquisador do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UFAM
Segundo examinador

Manaus, 30 de setembro de 2011.

Prof. Dr. Julio César Rodríguez Tello
Coordenador do Programa de Pós Graduação em
Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA

OFEREÇO...

Aos meus pais, José Maria Aguiar da Silva e Maria da Paz Carvalho Figueira e irmãos Ellen Barbara Figueira da Silva e Roberto Allan Figueira da Silva, pelo carinho, amor, compreensão e incentivo.

A minha querida e amada esposa Adriana Lúcia Leal da Silva e filhas, Letícia Lúcia Leal da Silva e Ludmila Lúcia Leal da Silva em parte, como justificativa das minhas faltas, no todo, pelo Amor que sinto por vocês.

Não posso dizer que sem vocês eu não conseguiria, mas com vocês foi mais fácil continuar.

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo. Pela vida, proteção, chance, entendimento e vontade de vencer.

A minha esposa, Adriana Lúcia por Deus ter colocado em minha vida de uma forma tão especial juntamente com minhas filhas Letícia Lúcia e Ludmila Lúcia.

À minha mãe, Maria da Paz e meu pai José Maria Aguiar, pelo exemplo de fé e perseverança.

A todos meus familiares da família Silva e Leal pelos momentos felizes.

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de ingressar no Programa de Pós-Graduação e pela infra-estrutura oferecida para realização da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais – PPGCIFA, e seu corpo docente pela formação profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Dr. Antenor Francisco de Figueiredo pela amizade e Orientação.

Ao professor Dr. Carlos Alberto Franco Tucci, e José Zilton Lopes Santos pela co-orientação, ensinamentos e confiança.

Ao meu Amigo Silvio Vieira pelo apoio amizade e convivência.

Aos amigos do curso de Pós-graduação, Silvio Vieira, Aldilane Silva, Marcely, Weslei, Iza, Tainah, Jaisson e Jolemia pela amizade e convivência.

Aos demais colegas da turma de 2009, pela convivência e apoio.

A toda família CED - Laboratório de Ciências Agrárias em nome da Sr^a. Rosilene Tucci, obrigado pela amizade e companheirismo. Felicidades a todos.

A secretaria Municipal de Educação do município de Humaitá pelo apoio.

Ao gestor da Escola Agrícola de Humaitá Sr^o. Margenaldo Tavares de Sá, pelo apoio e amizade, obrigado compadre e amigo.

Ao ex-aluno da Escola Agrícola de Humaitá Deyvid por ajudar na coleta das amostras de solo.

Aos amigos e companheiros Wilson, Moacir e Gaudêncio pelo apoio na coleta e logística de transporte do solo de Humaitá até Manaus.

A todos o meu muito Obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	07
LISTA DE FIGURAS	09
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Bioenergia.....	15
3.2 A cultura do pinhão manso	16
3.3 Características do solo de terra firme de Humaitá.....	19
3.4 Fatores que afetam a disponibilidade dos nutrientes no solo	22
3.5.1 Importância e efeitos da calagem	23
3.6 Importâncias dos nutrientes no desenvolvimento das plantas.....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Local de condução do experimento	30
4.2 Características químicas e físicas do solo	31
4.3 Delineamento experimental e tratamentos	31
4.4 Obtenção das mudas.....	33
4.5 Condução do experimento	33
4.6 Características avaliadas.....	34
4.7 Análise estatística.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Variáveis biométricas.....	35
5.1.1 Altura	35
5.1.2 Diâmetro caular.....	37
5.1.3 Número de folhas	38
5.1.4 Comprimento da raiz.....	39
5.1.5 Matéria seca da parte aérea.....	41
5.1.6 Matéria seca da raiz	43
5.1.7 Matéria seca total	44
5.1.8 Relação raiz parte aérea.....	46
5.2 Conteúdo de nutrientes	47
5.2.1 Conteúdo de macronutrientes.....	47
5.2.2 Conteúdo de micronutrientes.....	50
6. CONCLUSÃO.....	52
7. REFERÊNCIAS	53
ANEXOS	58

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Principais atributos químicos e físicos do solo (0-30 cm de profundidade), antes da aplicação dos tratamentos.....	32
2 Altura de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	36
3 Diâmetro caulinar de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	38
4 Número de folhas de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	39
5 Crescimento da raiz de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	40
6 Matéria seca da parte aérea de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	42
7 Matéria seca do sistema radicular de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	44
8 Matéria seca total de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	45
9 Relação raiz parte aérea de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	47
10 Conteúdos de nitrogênio e fósforo na MSPA de plantas de pinhão manso (<i>Jatropha curcas</i> L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.....	49

- 11 Conteúdos de potássio e enxofre na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio..... 49
- 12 Conteúdos de cálcio e magnésio na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio..... 50
- 13 Conteúdos de zinco, cobre e manganês na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio..... 51
- 14 Conteúdos de ferro e boro na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio..... 51

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Perfil esquemático mostrando a vegetação, relevo e as classes de solos em topossequência típica da transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.....	21
2 Área da coleta do solo, campos naturais da Escola Agrícola de Humaitá.....	30

RESUMO

SILVA, José Augusto Figueira da. Efeito da calagem e disponibilidade de nutrientes no desenvolvimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em um Cambissolo. 2011. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.

O uso de biocombustíveis apresenta-se hoje como fonte de energia alternativa. Dentre as vantagens do emprego dos biocombustíveis, há a diminuição da emissão de gases poluentes e diminuição do efeito estufa. Para a produção de biocombustível, a cultura do pinhão manso apresenta-se como alternativa viável, devido a sua rusticidade, resistência à seca e por ser adaptável a uma gama de ambientes. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito das limitações nutricionais no desenvolvimento inicial de plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), na ausência e na presença de calagem. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola e solos da Universidade Federal do Amazonas, em Manaus/AM. Utilizaram-se amostras de um Cambissolo, coletado da camada de 0-30 cm de profundidade, sob vegetação de campos naturais. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizados com cinco repetições, distribuído em arranjo fatorial (2 x 7), combinando duas condições de acidez do solo (solo não corrigido e corrigido) e sete condições de fertilização do solo, os quais foram: T-1 Controle (solo natural); T-2 Controle + micronutrientes (solo natural adubado com micronutrientes); T-3 Completo (solo adubado com N,P,K,S e micronutrientes); T-4 Completo -N (solo adubado com P,K,S e micronutrientes); T-5 Completo -P (solo adubado com N,K,S e micronutrientes); T-6 Completo -K (solo adubado com N,P,S e micronutrientes); T-7 Completo -S (solo adubado com N,P,K e micronutrientes), totalizando 70 unidades experimentais. Aos 70 dias de condução do experimento as plantas foram colhidas e avaliadas as seguintes características: altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas, comprimento de raiz, produção de matéria seca da parte aérea e da raiz, matéria seca total, relação raiz parte aérea e conteúdo de nutrientes na matéria seca da parte aérea. Os resultados obtidos nas condições do presente estudo permitiram concluir que: faz-se necessária a correção conjunta da acidez e da fertilidade do solo, pois o mesmo foi classificado de baixa fertilidade natural. Dentre os nutrientes usados o P foi o que mais limitou o desenvolvimento das plantas e o acúmulo de nutrientes.

Palavras-chave: Desenvolvimento vegetativo, Fertilização, Calagem, Oleaginosa.

ABSTRACT

The biofuels use comes today as alternative source of energy. Among the advantages of the job of the biofuels, there are the decrease of the emission of pollutant gases and decrease of the greenhouse effect. For the biofuels production, the culture of the tame physic comes as viable alternative, due to his rusticity, resistance to the drought and for being adaptable to a range of atmospheres. Before that, it was aimed at to evaluate the effect of the nutritional limitations in the initial development of plants of physic nut (*Jatrophas curcas* L.), in the absence and in the liming presence. The research was carried in the greenhouse of the Department of Agricultural Engineering and soils of the Federal University of Amazon, in Manaus/AM. Used samples of a Cambisol, collected of the layer of 0-30 cm of depth, under vegetation of natural fields. The treatments were disposed in design entirely randomozed with five repetitions, distributed in factorial arrangement (2 x 7), combining two conditions of acidity of the soil (I not sole corrected and corrected) and seven conditions of fertilization of the soil, which were: T-1 Controls (I sole natural); T-2 Controls with micronutrients (I sole natural fertilized with micronutrients); T-3 Complete (soil fertilized with N,P,K,S and micronutrients); T-4 Complete - N (soil fertilized with P,K,S and micronutrients); T-5 Complete - P (soil fertilized with N,K,S and micronutrients); T-6 Complete - K (soil fertilized with N,P,S and micronutrients); T-7 Complete - S (soil fertilized with N,P,K and micronutrients), totaling 70 experimental units. To the 70 days of transport of the experiment the plants were picked and appraised the following characteristics: height of plants, diameter stem, number of leaves, root length, production of dry matter of the aerial part and of the root, matter total drought, relationship root leaves aerial and content of nutrients in the matter dries of the aerial part. The results obtained in the conditions of the present study allowed to end that: It is done necessary the united correction of the acidity and of the fertility of the soil, because the same was classified of low natural fertility. Among the used nutrients P was what more limited the development of the plants and the accumulation of nutrients.

Keywords: Vegetative development, Fertilization, Liming, Oleaginous.

1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

O pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) pertence à família das Euforbiáceas e é considerada uma planta perene, robusta e adaptada as mais diversas condições edafoclimáticas (COSTA et al, 2009). A cultura também apresenta importância socioeconômica, por ser facilmente inserida na agricultura familiar podendo, assim, criar melhores condições de vida em regiões carentes, valorizando a potencialidade de cada região e oferecendo opções para enfrentar os problemas econômicos e socioambientais (RAMOS et al, 2003).

Essa espécie 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. No momento, estas informações são escassas, principalmente, em razão do número reduzido de pesquisas o que tem dificultado o conhecimento dos hábitos da espécie.

Esta oleaginosa é tida como de baixa exigência quanto aos tratos culturais, baixo custos de produção, rusticidade, resistência à seca, além de ser adaptável a uma gama de ambientes (BELTRÃO et al, 2003).

No Brasil, a principal matéria-prima para produção de biodiesel se encontra entre plantas oleaginosas como a mamona (*Ricinus communis* L.), soja (*Glycine max* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), dendê (*Elaeis guineensis* L.), macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lood. Ex Mart), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), entre outras (BILICH; SILVA, 2006).

Apesar do potencial agrícola da espécie na produção de biocombustível, são escassos os estudos com a mesma, principalmente quanto aos aspectos nutricionais. Segundo Epstein & Bloom, (2006), o estado nutricional de uma planta altera a sua taxa de desenvolvimento, a intensidade de crescimento das plantas ocorrerá quando o solo for fértil e apresentar concentrações adequadas principalmente de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), além de outros elementos que são indispensáveis para a saúde e vigor das mudas, como: manganês, enxofre, ferro, cobre, zinco, cloro e boro (DIAS et al, 2006). No entanto, a exigência pode ser variável entre as espécies e mesmo dentro da própria espécie.

No caso específico do pinhão-mansão, além de serem escassos os trabalhos quanto à exigência nutricional da espécie os resultados obtidos em algumas vezes

são até certo ponto contraditório. Gusmão et al (2007), trabalhando com diagnose por subtração em solução nutritiva, observaram que a ausência de Zn causou redução nos internódios e maior número de folhas nas plantas. Por outro lado, Andrade et al. (2007) observaram que a omissão de Cu e Zn no cultivo do pinhão-mansão não provocou sintomas de deficiência nas plantas. Enquanto que Laviola e Dias (2008), verificaram que estes elementos foram os que menos se acumularam nas folhas das plantas.

Diante do exposto, a obtenção de informações com relação à exigência nutricional do pinhão manso, torna-se indispensável para o sucesso em programas de produção de biocombustível. Pois através desses estudos é possível determinar os nutrientes limitantes para o desenvolvimento e crescimento das plantas. Possibilitando corrigir as deficiências através da adição de nutrientes pela prática da adubação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito das limitações nutricionais no desenvolvimento inicial de plantas de pinhão manso.

2.2 Objetivos específicos

Identificar os nutrientes limitantes ao desenvolvimento do Pinhão manso em solo predominante na região de Humaitá-AM.

Avaliar a exigência do pinhão manso quanto às condições de acidez do solo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Bioenergia

No Brasil, o incremento no uso de bioenergia (biodiesel e etanol) de origem vegetal é uma realidade. A Petrobrás, nos últimos anos, tem se esforçado em alcançar a auto-suficiência do Brasil em produzir petróleo e agora com a descoberta de grandes quantidades de óleo no pré-sal este objetivo fica mais próximo. Contudo, o petróleo é uma fonte não renovável de energia e isto torna-se preocupante uma vez que, muitos problemas ainda persistem especialmente no tocante à emissão de CO₂ (MUSHAKA, 1998).

O uso de biocombustíveis apresenta várias justificativas econômicas, sociais e ambientais. Dentre essas, a preocupação ambiental ganha destaque, resultando na diminuição das emissões pelos veículos automotores, de gases e partículas prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, como o monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de enxofre e principalmente na redução da emissão do dióxido de carbono, principal responsável pelo efeito estufa (MIRAGAYA, 2005).

Biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, o qual pode ser obtido por diferentes processos, tais como craqueamento, esterificação ou pela transesterificação; pode, também, ser produzido de uma grande variedade de matérias-primas, que incluem a maioria dos óleos vegetais, como óleo de mamona (*Ricinus communis* L.), soja (*Glycine max* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.), dendê (*Elaeis guineenses* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), colza (canola) (*Brasica napus* L.), girassol (*Helianthus annus* L.), açafrão (*Crocus sativus* L.), coco (*Cocos mucifera* L.), babaçu (*Orbygnya phalerata* L.) e pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), dentre outros, além de gorduras de origem animal (usualmente sebo), e óleos de descarte (óleos usados em frituras) (PARENTE, 2003). Este produto possui forte apelo ambiental, especialmente por diminuir as emissões de gases como CO₂ e partículas de hidrocarbonetos durante a combustão, quando comparado com os combustíveis fósseis (PIRES et al, 2004).

Por outro lado a Petrobrás e o mundo como um todo está investindo em pesquisas na busca por fontes alternativas de energia renovável, uma forma de energia limpa, que ajudará a reduzir os problemas ambientais atualmente

enfrentados pela população mundial. Para alcançar tais objetivos as pesquisas no Brasil vêm avançando vertiginosamente com espécies de plantas produtoras de grãos oleaginosos (MORAIS et al, 2009). Dentre estas espécies vegetais, com grande potencial para a produção de biodiesel, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L) (CARNIELLI, 2003) tem sido uma das mais indicadas.

Esta espécie está sendo considerada uma forte opção agrícola para a região nordeste do Brasil por ser exigente em insolação e resistente à seca. As perspectivas favoráveis da implantação desta cultura decorrem não somente dos baixos custos de sua produção agrícola, conforme se deve esperar diante das vantagens anunciadas, mas, sobretudo porque ela poderá ocupar os solos pouco férteis e arenosos e de modo geral causar impactos sociais, econômicos e ambientais favoráveis à agricultura de subsistência (ARRUDA et al, 2004). Não há dúvida de que o cultivo desta espécie desenvolvida com o emprego de melhores técnicas de manejo deverá transformá-la em uma das mais promissoras fontes de grãos oleaginosos para fins energéticos (HELLER, 1996).

3.2 A cultura do pinhão manso

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), pertence à família Euforbiáceae, conhecida e cultivada no continente americano desde a época anterior ao descobrimento da América (TOMINAGA et al, 2007). É um arbusto de crescimento rápido, que pode atingir três a cinco metros de altura, com diâmetro do tronco de aproximadamente 20 cm. O caule é liso de lenho mole, e exsuda um látex (leite) cáustico, quando sofre qualquer ferimento. Possui raízes curtas e pouco ramificadas. O tronco é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca (fenômeno da cauducifolia), as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas (DIAS et al, 2007).

Quanto ao centro de origem dessa espécie, há controvérsias, sendo que alguns pesquisadores consideram o Brasil como o país de origem, em virtude de navegantes portugueses terem levado suas sementes colhidas no Brasil para África, Ásia e suas ilhas no Atlântico. No entanto, há indícios de que seja o México o país de origem, sendo a entrada dessa espécie na América do sul (Argentina e Brasil) ocorrida junto com a migração de índios vindos da América do norte para a América do sul há mais de 10.000 anos (TOMINAGA et al, 2007). Embora seja uma planta

conhecida e cultivada no continente americano desde a época pré-colombiana, e esteja disseminada em todas as regiões tropicais e até em algumas regiões temperadas, o pinhão manso ainda encontra-se em processo de domesticação (SARTUNINO et al, 2005).

No Brasil, o pinhão manso adaptou-se as mais variáveis condições edafoclimáticas, sua distribuição geográfica ocorre desde o estado de São Paulo para Norte e Oeste do país, ocorrendo, sobretudo nos estados do Nordeste, em Goiás e Minas Gerais (EPAMIG, 2003). Atualmente o pinhão manso vem sendo cultivado no Brasil, por produtores do Nordeste, Centro Oeste e Sudeste (NUNES, 2007). Na região norte a produção restringe-se aos estados do Para, Tocantins e Rondônia.

Segundo levantamento da safra 2010/2011 feito pela CONAB em dois monitoramentos os principais estados produtores são: Minas Gerais com 20 municípios, Bahia e Goiás com 11 municípios, Rio de Janeiro com 10 municípios, Maranhão e Mato Grosso com sete municípios, São Paulo com quatro municípios e os estados do Pará, Tocantins e Espírito Santos ambos com um município (CONAB, 2010).

A planta do pinhão manso foi muito utilizada desde tempos antigos no emprego medicinal, na iluminação de casas e produção de sabão.

Atualmente, o pinhão manso tem muitas utilidades, dentre elas podemos destacar seu uso na indústria de fiação de lã, fabricação de tintas, óleos, vernizes, também pode substituir parcialmente o arame em cercas vivas (já que os animais evitam tocá-lo devido ao látex cáustico que escorre das folhas feridas), pode ser usado como suporte para plantas trepadeiras (visto que o tronco possui casca lisa e macia) e como fixador de dunas na orla marítima. Na medicina, o látex pode ser utilizado como cicatrizante/hemostático, como purgante, as raízes são consideradas diuréticas e antileucêmicas, as folhas são utilizadas para combater doenças de pele e reumatismo, além de possuir poder anti-sifilítico. As sementes são utilizadas como purgativo em casos de intoxicação (SILVA; PIMENTEL, 2008).

Além dos aspectos econômicos produtivos, o cultivo do pinhão manso possui grande importância sócio econômica, pois se enquadra como atividade fixadora de mão de obra e geradora de empregos na agricultura, principalmente por que inexistente maquinário adequado ao manejo desta oleaginosa, tornando seus tratos culturais integralmente manuais (MARCIEL et al, 2007).

Em diversos países da África (Mali, Sudan, Cabo Verde, Sul da África, Zambia, Zimbabwe, Tanzânia), Ásia (Índia) e América Latina (Nicarágua) já existem programas oficiais ou iniciativas particulares, voltados à agricultura familiar, incentivando o plantio de pinhão-mansão em regiões áridas e semi-áridas, incentivando a ampliação do desenvolvimento rural nessas regiões e permitindo que a população participe dos benefícios econômicos dessa cultura (HENNING, 1999; AUGUSTUS et al, 2002; FORSON et al, 2004). Assim, o rendimento familiar é obtido com a venda de sementes para produção de óleo usado como biocombustível, na fabricação de sabão e tinta, além do uso de várias partes da planta na medicina popular sendo vendida para indústrias farmacêuticas e cosméticas (HENNING, 1999).

Nos últimos anos foi estimulada no Brasil a produção de oleaginosas pela agricultura familiar, através da Instrução Normativa Nº 01 de 05 de julho de 2005 e posterior Nº 02 de 30 de setembro, do mesmo ano, que regulamentou o Selo Combustível Social, do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.

Segundo Nascimento (2006), abre-se espaço para novo modelo de agricultura, não alimentar, responsável pela produção dessas matérias-primas. Essa reconversão, além de gerar trabalho no campo, proporcionará mudança na matriz produtiva rural, alterando o quadro inadequado das monoculturas.

Em relação à produção de biodiesel o pinhão-mansão se destaca como uma planta com grande potencial. Isto se deve ao alto teor de óleo encontrado em suas sementes, até 39,8% (SHAO-CHUN et al, 2007).

Com o incentivo criado pelo governo federal brasileiro a partir do Programa de Biodiesel, o plantio de áreas com essa espécie vem crescendo, tanto por pequenos agricultores, como por empresas agrícolas que buscam explorar novos nichos de mercado; isso se deve principalmente às várias vantagens que o pinhão-mansão apresenta em relação a outras espécies como a mamona (oleaginosa indicada pelo governo como primeira escolha para projetos relacionados à agricultura familiar), entre as vantagens destaca-se: menor exigência hídrica e nutricional, capacidade de recuperação de áreas degradadas em função de suas raízes profundas, além de apresentar maior produtividade média (5 t/ha) (TEIXEIRA, 2005).

Em relação às exigências edafoclimáticas, o pinhão manso pode ser encontrado sob diversas condições climáticas, por causa de sua rusticidade.

Podendo ser cultivado, tanto nas regiões tropicais secas quanto nas equatoriais úmidas, suportando longas estiagens e solo de baixa fertilidade. Entretanto, observa-se que a planta se desenvolve melhor em altitudes de 200 a 800 metros, sob temperaturas médias de 18 a 28 °C e precipitação acima de 800 mm anuais, bem distribuída (DIAS et al., 2007; TOMINAGA et al, 2007). No entanto, essa planta é tolerante à seca, podendo sobreviver com 200 mm de chuvas anuais e até com três anos de secas consecutivas (SATURNINO et al, 2005). Por outro lado Albuquerque et al (2008) afirma que esta cultura apesar de ser considerada resistente a estiagem, a disponibilidade da água é um fator importante na fase inicial do crescimento principalmente na fase emergência das plântulas.

O plantio deve ser feito preferencialmente em áreas planas ou pouco inclinadas, evitando áreas de baixada sujeita a alagamento e terrenos de encosta e morros, pois estas áreas apresentam baixa fertilidade e impedimento à mecanização e é alvo de ventos fortes o que é prejudicial na época da floração (DIAS et al, 2007).

Em relação à nutrição mineral são poucas as informações sobre a exigência da espécie. Embora seja resistente à baixa fertilidade do solo, para alcançar bons índices de produtividade é necessário que o solo tenha fertilidade moderada. Assim, recomenda-se a análise química dos solos, para verificar a necessidade de fertilização e de correção da acidez (DIAS et al, 2007; TOMINAGA et al, 2007).

A planta deve ser cultivada preferencialmente em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados, para que o sistema radicular possa desenvolver adequadamente e explorar um maior volume de solo (ARRUDA et al, 2004).

Portanto, devem-se evitar solos muito argilosos, com umidade constante, pouco arejado e de difícil drenagem, pois a planta não tolera solo encharcado ou alagadiço, devido o aparecimento da podridão de raízes (DIAS et al, 2007; TOMINAGA et al., 2007). Cresce melhor em solos bem drenados, com boa aeração, com tudo bem adaptado a solos marginais com baixo teor de nutrientes, embora em solos pesados, a formação de raízes é reduzida (SEVERINO et al, 2006).

3.3 Características dos solos de terra firme de Humaitá - AM

O município de Humaitá localiza-se ao sul do Estado do Amazonas à cerca de 200 km de Porto Velho e 675 km de Manaus pela Rodovia BR-319 e está situado na zona fisiográfica do Rio Madeira. Limita-se com os municípios de Manicoré ao norte

e ao leste, Tapauá e Canutama a oeste e Estado de Rondônia ao sul. A temperatura média da região varia em torno de 24°C a 26°C. A pluviosidade varia de 2.250mm a 2.750 mm, com período chuvoso iniciando no mês de setembro e estendendo-se até o mês de maio (BRASIL, 1978). Ao longo dos anos se observa que os maiores índices pluviométricos ocorrem nos meses de janeiro a março. O clima é do tipo tropical chuvoso pela escala de Köppen e se enquadra na classe Am, que apresenta um período seco curto (RAMALHO et al, 1994).

De acordo com o Zoneamento Ecológico e Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas (2008), os solos variam com as fisiografias onde os mesmos se encontram. A área localizada no ambiente fisiográfico formado por campo/floresta apresenta três principais classes de solos. Os Plintossolos nas áreas de campos naturais e os Latossolos nas áreas de florestas e Argissolos na transição.

Martins et al., (2006) descreveram os atributos diferenciais de solos em campo nativo e matas adjacentes na região de Humaitá, sendo em campo nativo o Plintossolo Argilúvico Alumínico típico (FTa) e em mata adjacente como Argissol Vermelho-Amarelo Alumínico típico (PVAa) (EMBRAPA, 1999 apud EMBRAPA, 2006).

De acordo com Freitas et al (2002), esses campos formam alguns mosaicos com as florestas circundantes, sendo o contato entre essas vegetações, em alguns locais, de maneira abrupta, mas em outros, a mudança da vegetação entre a floresta e o campo natural é gradual.

Assim como na maioria dos solos tropicais, na região Amazônica, e especificamente no Estado do Amazonas, em áreas de terra firme, os solos predominantes são Argissolos Vermelho-Amarelos, e também os Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos (LESPSH, 2002; EMBRAPA, 2006a). Esses solos apresentam uma baixa fertilidade natural, além de apresentar uma alta presença de alumínio ativo e consequentemente uma elevada acidez (LUDWIG et al, 2001; LEPSCH, 2002).

Em um levantamento recentemente realizado por Campos (2009), que classificou os solos em ambiente não antropizado localizado em terras do 54º Batalhão de infantaria de Selva do Exército, situado nas coordenadas geográficas de 7° 30' 24" e 63° 04' 56", município de Humaitá-AM, em topossequência como Campo/Floresta subdividida com base na vegetação e no relevo em quatro unidades pedoambientais (Fig. 1): campo alto com posição mais elevada no relevo, campo

baixo em posição mais baixa, zona de ecótono em posição mais rebaixada e floresta nas áreas mais elevadas. Na primeira unidade pedoambiental, campo alto, o solo foi classificado em Cambissolo Háplico Alítico plíntico, textura média, a moderado, apresentando horizonte plíntico a 90cm de profundidade. Na segunda unidade pedoambiental, campo baixo, o solo foi classificado em Gleissolo Háplico Alítico típico, textura siltosa/argilosa, a moderado, restritas as condições de drenagem, com cores de redução a partir dos 27cm. Na terceira unidade pedoambiental, zona do ecótono, o solo foi classificado em Cambissolo Háplico Alítico gleissólico, textura siltosa, a moderado, menos evoluído, com pior condição de drenagem entre os cambissolos, comprovada pela presença de um horizonte glei a 90 cm de profundidade. Na quarta unidade pedoambiental, sob floresta, o solo foi classificado em Argissolo Vermelho Alítico plíntico, textura média leve/média, a moderado, mais bem drenado, contribuindo para um maior desenvolvimento pedogenético, apresentando horizonte plíntico a 130 cm.

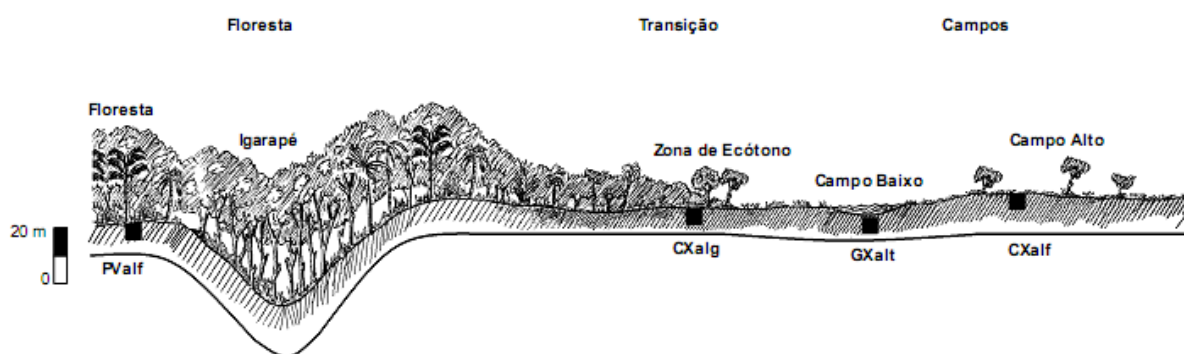


Figura 1. Perfil esquemático mostrando a vegetação, relevo e as classes de solos em topossequência típica da transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM.
Fonte: Campos (2009), adaptado de Braun e Ramos (1959).

Os solos da Fig. 1 são: CXalf - Cambissolo Haplico Alitico plintico; GXalt - Gleissolo Haplico Alitico tipico; CXalg - Cambissolo Haplico Alitico gleissolico; PValf - Argissolo Vermelho Alitico plintico (CAMPOS, 2009).

Os solos dos campos naturais se originam das argilas siltosas da formação Barreiras, num clima quente e úmido, sob uma drenagem deficiente devido o terreno ser bastante plano (BRAUN; RAMOS, 1959).

Embora os dados disponíveis especificamente para a região não permitam uma análise mais precisa, as principais limitações dos solos de Humaitá são baixa fertilidade natural, alta porcentagem de saturação por alumínio e drenagem

deficiente nas áreas de menores cotas, onde predominam texturas que variam de argilosas até siltosa (RAMALHO et al, 1994).

Quanto à mineralogia desses solos, apresenta uma riqueza em minerais silicatados, com pequenas variações nos diferentes pedoambientes em campos naturais (CAMPOS, 2009). Segundo o mesmo autor a fração areia é composta exclusivamente por quartzo. Em relação à fração silte, esta é composta por muscovita. Ainda nesta fração foram encontrados outros componentes mineralógicos, como feldspato, anatásio e quartzo. A fração argila apresentou a seguinte composição, caulinita, mica (ilita), quartzo, feldspatos e anatásio. Ainda na fração argila, foi encontrada em alguns pedoambientes a goethita, pirofilita, vermiculita.

A grande maioria dos solos de terra firme da Amazônia é caracterizada por apresentar solos profundos, pobres e ácidos, em razão da pobreza em bases do material de origem ou de processos pedogenéticos que favoreceram as perdas destas, e onde o P é o elemento mais limitante (TUCCI, 1991; SOUSA, 2001). A baixa fertilidade constitui segundo Paiva e Gomes (2000), talvez o fator de maior limitação regional de desenvolvimento das plantas.

Os solos da região Amazônica só produzem de maneira satisfatória e sustentável se forem realizadas práticas agrícolas de calagem. Essa prática pode ser considerada a que mais contribui para o aumento da eficiência dos fertilizantes, pois aumenta o pH do solo e, conseqüentemente, a produtividade (ANDA, 1981).

3.4 Fatores que afetam a disponibilidade dos nutrientes no solo

Os nutrientes são um dos fatores ambientais que mais influenciam no desenvolvimento das plantas, de maneira especial naquelas de interesse agrícola. Na forma mineral, são absorvidos, primeiramente, pelas plantas na forma de íons inorgânicos, sendo continuamente ciclados entre organismos e o ambiente (FLOSS, 2008).

Os fatores do solo que influenciam a disponibilidade dos nutrientes podem ser classificados quanto a sua natureza em físicos, químicos e biológicos (MUERER, 2007). Dentre os fatores físicos, destacam-se a estrutura e a textura do solo; dentre os fatores químicos temos a composição mineralógica, a reação do solo (pH), o teor de matéria orgânica, a disponibilidade dos nutrientes, a presença de elementos

potencialmente tóxicos e reações de sorção, precipitação, oxidação e redução, e os fatores biológicos destacam-se a atividade dos microrganismos do solo (MUERER, 2007).

Outro fator importante é o tipo de solo, pois latossolo, que é caracterizado por ser um solo profundo, bem drenado e com alta capacidade de ser intemperizado (processo causado por diversos fatores que levam a diminuição da fertilidade do solo por perda de nutrientes) e lixiviado (processo causado pela chuva que ao penetrar no solo, leva consigo elementos químicos essenciais). Muitos nutrientes fundamentais (N, K, P, S, Ca, Mg) para o desenvolvimento das plantas são escassos em solos profundos como o latossolo. Esta escassez de nutrientes se deve ao fato de que os materiais vindos da rocha-mãe são de baixo nível nutricional, e ainda, esses poucos nutrientes são perdidos por meio da ação do intemperismo e da lixiviação.

Outro aspecto que merece atenção é o regime hídrico, ao mesmo tempo em que auxilia na deficiência de nutrientes (uma vez que propicia o processo de lixiviação), também é importante para a eficiência nutricional da planta, uma vez que é no ambiente aquoso que ocorrem vários processos fisiológicos da planta, como transporte de nutrientes, fotossíntese, fixação biológica de nitrogênio, dentre outros. E estudos feitos por Fageria (1998) referente à otimização da eficiência nutricional confirmou que devido à ausência de água (deficiência hídrica), as plantas diminuiram a fixação de nitrogênio, e por consequência, a sua eficiência nutricional, já que esse elemento químico tem um papel importante na nutrição da planta.

3.5 Importância e efeitos da calagem

A variabilidade de comportamento das plantas, em relação aos efeitos da acidez do solo, não permite generalizações e dificulta bastante o estabelecimento de faixas de pH adequadas para as diversas culturas (SOUSA et al, 2007). O comportamento diferencial das culturas quanto ao grau de tolerância às condições de acidez do solo e resposta à calagem deve ser considerado quando se pretende racionalizar o uso dos corretivos (QUAGGIO, 2000). Para fins práticos, considera-se que a faixa de pH entre 6,0 e 6,5 é a mais adequada para a maioria das culturas, entretanto no Brasil, em geral considera-se ideal para maioria das nossas culturas

entre 5,7 a 6,0. Em valores muito baixo ou muito alto de pH, as plantas morrem ou apresentam acentuada diminuição no crescimento (SOUSA et al, 2007).

A redução da acidez do solo promove a insolubilização de Al e Mn, aumenta a disponibilidade de P e Mo e diminui a disponibilidade de micronutrientes, como Zn, Mn, Cu e Fe. A intensidade dessas mudanças na disponibilidade/absorção de elementos químicos do solo pode ser sentida de forma diferenciada entre espécies, cultivares ou variedade de plantas (SOUSA et al, 2007).

A calagem bem feita neutraliza o Al do solo e fornece Ca e Mg como nutrientes. Eleva o pH do solo, promove também o aumento da CTC efetiva, reduzindo a lixiviação de bases. Além disso, possibilita maior crescimento do sistema radicular das plantas, facilitando a absorção e a utilização dos nutrientes e da água (SOUSA et al, 2007).

A calagem combinada com a fertilização mineral dos solos pode elevar a capacidade produtiva de áreas agrícolas, suprimindo as deficiências minerais e ou repondo parte dos nutrientes que são exportados do sistema por lixiviação ou com a biomassa extraída (BARROS, 2001).

Resultados positivos da aplicação de corretivos, em diferentes espécies, têm sido observados em vários trabalhos conduzidos em diferentes regiões do Brasil. Silva (2004) avaliando crescimento de mudas de mogno submetida às doses crescente de calcário, observou crescimento em todas as variáveis de crescimento exceto altura.

Fernandéz et al (1996) avaliando o crescimento de *Mimosa tenuiflora* em função da calagem e adubação com P, K e S, observaram que o crescimento em altura das mudas foi influenciado significativamente pela combinação da calagem e P. Melhor desenvolvimento da mamoneira é obtido quando do cultivo em solo com pH próximo à neutralidade (AMORIM NETO et al, 2001)

Segundo Sousa et al (2001) a região Amazônica é caracterizada por apresentar solos profundos, pobres e ácidos, com fortes limitações quanto à fertilidade natural, onde o P é o elemento mais limitante, seguido do K e N. Segundo Rajj (1991) a respostas de culturas à calagem ocorrerá se o solo for suficientemente ácido.

Em relação ao controle da acidez dos solos tropicais, a calagem mostra-se uma técnica com baixa relação custo/benefício, em diversas espécies, já que a aplicação de calcário reduz a acidez, diminui a concentração de alumínio e

manganês e aumenta a disponibilidade de nutrientes e a atividade da microbiota do solo (ROQUE et al, 2004). Estes efeitos combinados resultam na adequada nutrição da planta, maior crescimento radicular e da parte aérea e, conseqüentemente, maior produção (PRADO, 2003).

Segundo Barros (2001) a calagem combinada com a fertilização mineral dos solos pode elevar a capacidade produtiva de áreas agrícolas e florestais, suprimindo as deficiências minerais e/ou repondo parte dos nutrientes que são exportados do sistema por lixiviação ou com a retirada pela planta.

3.6 Importâncias dos nutrientes no desenvolvimento das plantas

A produção vegetal é um processo extremamente complexo que envolve fatores do solo, clima e genética da planta. Esses fatores interagem de maneira específica para cada ambiente local, determinando o nível de produção da cultura. Em relação ao fator solo a sua fertilidade é um dos atributos mais importantes da produtividade, podendo ter uma participação superior a 50% no crescimento da planta, 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).

Dezessete elementos são considerados essenciais ao crescimento das plantas: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). O critério de essencialidade é satisfatório quando, na ausência ou escassez do elemento, a planta não completa seu ciclo vital, bem como quando a função do elemento é específica e só pode ser evitada ou corrigida pela adição do referido nutriente, não podendo ser substituído por outro (MUERER, 2007). Os mesmos exercem funções de extrema importância dentro da planta, são partes integrais de compostos de carbono (N, S), essenciais para armazenamento e uso de energia no genoma (P), associados com a parede celular (Ca, B, Si), constituintes de enzimas ou outros compostos essenciais do metabolismo (Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Mo), ativadores ou que controlam a atividade de enzimas (K, Na, Cl, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu), e servem como contra-íons para cargas positivas ou negativas (K, Na, NO₃, Cl) (MALAVOLTA, 2005).

O nitrogênio é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade e o que mais limita o crescimento (SOUZA; FERNANDES, 2006). Sua função é participar da constituição de aminoácidos, proteínas, enzimas, DNA e RNA (purinas e piridinas), clorofila, coenzimas, colina e ácido indolilacético (MALAVOLTA, 2008). A sua disponibilidade estimula o crescimento e a atividade do sistema radicular, com reflexos positivos na absorção de outros nutrientes e na quantidade de massa seca produzida (SANTI, 2003).

Em relação ao fósforo este participa de vários processos metabólicos nas plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucléicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de N_2 (VANCE et al, 2003). Sendo o nutriente mais limitante para a produtividade de biomassa em plantas cultivadas em solos tropicais (NOVAIS; SMYTH, 1999). Isto ocorre em decorrência da alta deficiência deste elemento nos solos brasileiros, devido à alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo, através de mecanismos de absorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade às plantas (SANDIM et al, 2008).

Já o potássio é o elemento 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). O K, porém, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável das células ou dos tecidos e com alta mobilidade intracelular (CHAGAS et al, 2007). Suas funções são economia de água, abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, ativação de enzimas e transporte de carboidratos fonte-dreno (MALAVOLTA, 2006).

O enxofre é exigido pelas plantas em quantidades aproximadamente iguais ao fósforo. O enxofre encontra-se presente em todas as proteínas enzimáticas ou não, e em coenzimas: CoA (respiração, metabolismo de lipídeos); biotina (assimilação de CO_2 e descarboxilação); tiamina (descarboxilação do piruvato e oxidação de alfacetoácidos, componente da glutatona e de hormônios). Em pontes de bissulfato, -S-S-, participa de estruturas terciárias de proteínas. Atua também na formação de óleos glicosídicos e compostos voláteis, e na ferredoxina (na assimilação de CO_2 , na síntese da glicose e do glutamato, na fixação de N_2 , e na redução do nitrato) (MALAVOLTA, 2007- 2008).

O cálcio é um elemento essencial absorvido e transportado no xilema e em parte no floema (NACHTIGALL, 2007). Ele é responsável pelo crescimento dos meristemas e particularmente, para o crescimento e funcionamento apropriado dos ápices radiculares. Impede danos à membrana, pois evita a saída de substâncias intracelulares, influi indiretamente, no rendimento das culturas, ao melhorar as condições de crescimento das raízes, bem como por estimular a atividade microbiana, auxilia na disponibilidade do Mo e na absorção de outros (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O magnésio é essencial para o metabolismo de plantas e animais. Grande parte de Mg está, ligada a polifosfatos, como o Mg-ATP. O Magnésio pode contribuir para neutralizar os fosfoaçúcares, açúcares-nucleotídios, ácidos orgânicos e aminoácidos. Sua abundância sugere uma multiplicidade de funções, principalmente como ativador de reações enzimáticas. Dentre as reações das quais participa o Mg, estão as de transferência de fosfato ou nucleotídios (fosfatase, kinases, ATPases, síntese, nucleotídeo-transferase), de grupos carboxílicos (carboxilases decarboxilase). Tem papel estrutural como componente da molécula de clorofila, é requerido para manter a integridade dos ribossomos. Influencia o movimento de carboidratos das folhas para outras partes da planta e estimula a captação e transporte do P na planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Em relação aos micronutrientes, os mesmos são elementos essenciais ao crescimento das plantas e se caracterizam por serem absorvidos em pequenas quantidades (da ordem de alguns miligramas por quilogramas de matéria seca da planta). No entanto a deficiência de qualquer micronutriente pode provocar problemas no crescimento e desenvolvimento das plantas, repercutindo na qualidade e quantidade da produção (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O boro é responsável pelo desenvolvimento de raízes e transporte de açúcares. Entre as principais funções atribuídas a este micronutriente está o metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares através das membranas; síntese de ácidos nucléicos (DNA e RNA) e de fitohormônios; formação de paredes celulares e divisão celular (DECHEN et al, 1991). O boro está diretamente relacionado ao metabolismo do cálcio, ou seja, para formação adequada da parede celular é necessária a presença desse nutriente.

O cloro é um elemento essencial, as plantas absorvem tanto pela raiz, como pela parte aérea, na forma de anion cloreto (Cl⁻). Sua principal função conhecida é

no processo da liberação de O_2 por cloroplastos isolados, no fotossistema II da fotossíntese (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Existem outras funções nas quais também poderia ser essencial. Experimentos demonstraram que ele é essencial na fotossíntese via regulação estomática. O incremento na concentração de Cl provoca abertura dos estômatos, produzindo as trocas gasosas e, portanto, para a assimilação do CO_2 na fotossíntese (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O cobre é elemento importante na fotossíntese, atuando no transporte eletrônico via plastocianina. Na respiração atua na oxidação terminal pela oxidase do citocromo. Também aumenta a resistência às doenças e age na síntese protéica. É componente do ácido ascórbico oxidase, tirosinase, monoamina oxidase, uricase, citocromo oxidase, fenolase, lacase e plastocianina (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O ferro é considerado metal chave para as transformações energéticas necessárias para síntese e outros processo vitais das células. As principais funções atribuídas ao ferro segundo Dechen et al (1991) são: ocorre em proteínas dos grupos heme e não heme e encontra-se principalmente nos cloroplastos; complexos orgânicos de ferro estão envolvidos no mecanismo de transferência de elétrons; Fe-proteínas do grupo não heme estão envolvidas na redução de nitritos e de sulfatos; a formação de clorofila parece ser influenciada por esse elemento; está diretamente implicado no metabolismo de ácidos nucléicos; exerce funções catalíticas e estruturais.

O manganês atua na fotossíntese, sendo envolvido na estrutura, funcionamento e multiplicação de cloroplastos, também realiza o transporte eletrônico. O manganês é requerido para a atividade de algumas desidrogenases, descarboxilases, quinases, oxidases e peroxidases. Está envolvido com outras enzimas ativadas por cátions e na evolução fotossintética de oxigênio (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O molibdênio aumenta a eficiência da nutrição nitrogenada e a produção de sacarose. É essencial para o metabolismo do nitrogênio em plantas que utilizam como fonte deste nutriente o nitrato do solo e/ou o nitrogênio atmosférico proveniente do processo de fixação biológica por bactérias diazotróficas associadas à planta. Nos sistemas biológicos o molibdênio é constituinte de pelo menos cinco enzimas catalisadoras de reações. Três destas enzimas (redutase do nitrato,

nitrogenase e oxidase do sulfito) são encontradas em plantas (GUPTA; LIPSETT, 1981 citados por DECHEN et al, 1991).

O níquel faz parte da metaloenzima uréase, a qual participa da decomposição da uréia para amônio e CO₂. Deste modo, este elemento é importante para as plantas que recebem adubações com uréia ou com seus derivados, exerce papel importante no metabolismo do N. O níquel pode aumentar a atividade da uréase foliar, impedindo a acumulação de quantidades tóxicas de uréia (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O zinco potencializa a produção do hormônio de crescimento (auxina) sintetase do triptofano e metabolismo de triptamina. O zinco é constituinte do álcool desidrogenase, desidrogenase glutâmica, anidrase carbônica, etc. (TAIZ; ZEIGER, 2004). Este elemento se concentra nas zonas de crescimento devido à maior concentração auxínica.

Por conta disso são importantes estudos que venham trazer informações sobre o efeito dos nutrientes no desenvolvimento do pinhão manso, pois futuramente essas informações poderão ajudar os produtores de pinhão manso a uma recomendação ajustada a uma economia e conseqüentemente melhores produtividades com a espécie e melhores lucros.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS) da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, em Manaus/AM.

O solo utilizado foi um Cambissolo Háplico Alítico plíntico, textura média, a moderado (CAMPOS, 2009), coletado na região de Humaitá/AM em área pertencente à Escola Agrícola de Humaitá localizada sobre as coordenadas de 07° 33' 06,9" de latitude sul e 63° 03' 38,5" de longitude oeste, a uma altitude média de 58 m e com precipitação média anual de 2250 a 2750 mm.

A amostra foi retirada da camada subsuperficial de 0 a 30 cm de profundidade. A área encontrava-se no momento da coleta sob vegetação nativa (campos naturais).



Figura 2. Área da coleta do solo, campos naturais da Escola Agrícola de Humaitá.

4.2 Caracterizações químicas e granulométricas do solo

Após a secagem ao ar, a porção de solo foi destorroado, homogeneizado, e passados em peneira de 4 mm e acondicionado em vasos plásticos de 7 dm³. Parte das amostras do solo foram passadas em peneira de 2 mm de malha e submetidas às análises químicas e granulométricas.

As análises químicas de rotina foram realizadas de acordo com as metodologias descritas em EMBRAPA (1999) que englobaram pH em água, determinação de Ca, Mg e Al extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e P e K pelo extrator Mehlich-1. Os micronutrientes: Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos com DTPA e B com água quente. A acidez potencial (H+Al) foi determinada conforme Raij et al. (1987). O fósforo também foi determinado por extração com resina de troca iônica, (Raij et al., 1987).

Foi realizada análise granulométrica pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1999), utilizando-se NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação rápida (20 minutos), sendo a fração areia (2-0,053 mm) separada através de tamisagem.

A caracterização química e granulométrica do solo, previamente à implantação do experimento, é apresentada na tabela 1. Observou-se que o solo usado no presente experimento apresentava baixa disponibilidade de nutrientes, conforme interpretação feita pela CFESMG (1999).

4.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições em um arranjo fatorial (2 x 7), combinando duas condições de acidez do solo (solo sem calagem e solo com calagem) e sete condições de fertilização do solo, os quais foram: T-1 Controle (solo natural); T-2 Controle + micro (solo natural adubado com micronutrientes); T-3 Completo (solo adubado com N, P, K, S e micronutrientes); T-4 Completo -N (solo adubado com P, K, S e micronutrientes); T-5 Completo -P (solo adubado com N, K, S e micronutrientes); T-6 Completo -K (solo adubado com N, P, S e micronutrientes); T-7 Completo -S (solo adubado com N, P, K e micronutrientes).

TABELA 1. Atributos químicos e granulométricos do solo, 0-30 cm de profundidade, antes da aplicação dos tratamentos*.

Características		Solo natural
pH (H ₂ O)		4,7
P - Mehlich1	(mg dm ⁻³)	1,2
K	(mg dm ⁻³)	20,0
Ca	(cmol _c dm ⁻³)	0,3
Mg	(cmol _c dm ⁻³)	0,2
Al	(cmol _c dm ⁻³)	5,6
H+Al	(cmol _c dm ⁻³)	21,4
SB	(cmol _c dm ⁻³)	0,6
t	(cmol _c dm ⁻³)	6,2
T	(cmol _c dm ⁻³)	21,9
V	(%)	2,5
m	(%)	91,0
SO ₄ ²⁻	(mg dm ⁻³)	2,1
B	(mg dm ⁻³)	0,1
Cu	(mg dm ⁻³)	0,4
Fe	(mg dm ⁻³)	55,8
Mn	(mg dm ⁻³)	0,4
Zn	(mg dm ⁻³)	0,1
P – remanescente	(mg L ⁻¹)	25,1
Matéria orgânica	(dag kg ⁻¹)	2,1
Análise granulométrica		
Areia	(dag kg ⁻¹)	8,0
Silte	(dag kg ⁻¹)	53,0
Argila	(dag kg ⁻¹)	39,0

*Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da UFLA.

Cada unidade experimental foi composta por uma planta, totalizando 70 unidades experimentais. Como recipientes foram usados vasos de polietileno com capacidade para 7 dm³ de solo.

No caso dos tratamentos que recebeu calcário, o cálculo da dose foi baseado na curva de incubação realizada antes da montagem da pesquisa com o solo em estudo, procurando atingir a saturação por bases, em torno de 60%, utilizando com isso uma dosagem de 4,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com 95% de PRNT. Posteriormente o calcário foi misturado homogeneamente ao substrato e incubado por um período de 30 dias, sendo a umidade mantida próximo a capacidade de campo (TUCCI, 1996), e aferida diariamente por meio de pesagem das unidades experimentais com auxílio de uma balança eletrônica e completando o peso com água destilada quando necessária.

Decorrido o período de incubação com corretivo, foi realizada aplicação dos nutrientes, sendo os mesmos aplicados na forma de reagentes p.a., diluídos em água destilada e misturado ao volume do solo, exceto o enxofre e o fósforo que foram fornecidos na forma sólida.

O tratamento completo teve a seguinte composição: 100 mg de N; 200 mg de P; 100 mg de K; 45 mg de S; 0,5 mg de B; 5 mg de Zn; 1,5 mg de Cu; 3,6 mg de Mn e 0,15 mg de Mo, omitindo-se, quando era o caso, o nutriente pertinente ao tratamento. Foram utilizados como fontes de nutrientes: uréia; superfosfato triplo; cloreto de potássio; enxofre elementar; ácido bórico; cloreto de zinco; cloreto de cobre; óxido de manganês e ácido molíbdico. Após a homogeneização dos nutrientes com o solo, foi realizada uma nova incubação permanecendo por um período de dez dias.

4.4 Obtenção das mudas

As sementes que deram origem às mudas foram obtidas com um produtor de pinhão manso na cidade de Itacoatiara-AM.

Quanto à formação das mudas, visando prevenção contra o ataque de patógenos, as sementes de pinhão manso foram tratadas com uma solução do fungicida Thiabendazol na concentração de 0,5 g L⁻¹ conforme Filgueira (2000), posteriormente foram postas para germinar em vermiculita expandida média em bandejas plásticas com dimensão de 0,40 x 0,60 x 0,12 m. Quando as mudas atingiram 12 cm de altura, foi feito o transplântio definitivo das mesmas para as unidades experimentais.

4.5 Condução do experimento

Passado o período de incubação com o calcário que foi de 30 dias e com os nutrientes por mais dez dias, foram realizadas coleta de subamostras do solo em todas as unidades experimentais, as quais foram analisadas quimicamente para avaliação da disponibilidade atual de nutrientes, antes do transplântio das mudas de pinhão manso (Tabela 1A e 2A).

Depois de retirada as subamostras procederam-se a uniformização do solo dentro das unidades experimentais e iniciou-se o transplântio das mudas de pinhão manso. Durante toda a fase vegetativa a umidade do solo foi mantida próxima a capacidade de campo. A reposição de água perdida pela evapotranspiração foi realizada pela aferição diariamente por meio de pesagem das unidades

experimentais com auxílio de uma balança eletrônica e completando com água destilada quando necessária.

Durante a condução do experimento foram realizadas duas adubações de cobertura, fornecendo um total de 200 mg de N dm^{-3} e 100 mg de K dm^{-3} . A adubação foi parcelada em duas aplicações, sendo uma feita aos 20 dias após o transplante e a outra aos 40 dias, sendo que 50% da dose foram aplicadas na primeira adubação e os outros 50% na segunda.

4.6 Características avaliadas

Passados 70 dias de permanência nas unidades experimentais as plantas foram colhidas e avaliadas as seguintes variáveis: altura da parte aérea (H), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), matéria seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST), relação raiz e parte aérea (R/PA) e conteúdo de nutrientes da matéria seca da parte aérea.

O sistema radicular foi separado do solo com a utilização de jatos de água e peneira. Após a separação das plantas do solo, as mesmas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 70 °C até a obtenção de massa constante, sendo, posteriormente, pesadas e trituradas em moinho tipo Willey e submetidas à análise química, para determinação dos teores totais de nutrientes (MALAVOLTA et al, 1997). Com base nos teores dos nutrientes e na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), foi calculado o acúmulo do nutriente na parte aérea.

4.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000), e para as diferenças significativas identificadas pelo teste F, foi aplicado o teste de médias de (Tukey, ao nível de 5% de probabilidade).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis Biométricas

Houve efeito significativo da correção da acidez do solo e da aplicação de nutrientes sobre a variável altura (cm), diâmetro caular (mm), número de folhas (und), comprimento da raiz (cm), matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e relação raiz/parte aérea, para a maioria dos tratamentos, (Tabela 3A). No entanto, o comportamento observado em função da omissão dos nutrientes foi específico para cada variável analisada.

5.1.1 Altura

Em relação à variável altura de planta, a calagem superou a sua ausência, exceto para o tratamento controle (Tabela 2). Vários estudos têm demonstrado que a correção da acidez do solo propicia melhoria no desenvolvimento do sistema radicular, maior absorção de nutrientes e com isto há maior desenvolvimento em altura. Tucci et al (2002) avaliaram o efeito da calagem e da adubação com N, P e K sobre o crescimento de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra*), em condições de viveiro. Concluíram que o substrato corrigido pela calagem proporcionou aumento em todas as variáveis (altura, diâmetro do colo e matéria seca) e atribuíram tais resultados a redução do Al trocável e a elevação dos teores de Ca e Mg, trocáveis. Para Rocha et al (1996) observaram que a aplicação de calcário no plantio de fava-d'anta (*Dimorphandra spp*), em condições de campo, proporcionou um aumento no crescimento em altura e diâmetro do colo de 28,14 e 18,6%, respectivamente, em relação a testemunha e uma tendência de aumento da produtividade com a adição de corretivo.

Com relação ao tratamento controle, observou-se que apenas a correção da acidez, sem a adição de nutrientes (N, P, K, S) os resultados em altura de planta foram estatisticamente iguais (Tabela 2), isto demonstrou que para a característica em questão a adição dos nutrientes é prática necessária como ficou comprovado no tratamento completo na presença de calagem. Segundo Marschner (1991), espécies de crescimento rápido apresentam elevada resposta ao fornecimento de nutrientes, sendo menos adaptadas a solos de baixa fertilidade. Segundo Tanure (2009), as

mudas de pinhão manso submetidas ao tratamento completo foi superior aos demais tratamentos.

Os resultados também evidenciaram que não há necessidade de adição de S, pois o tratamento completo e completo-S foi estatisticamente igual (Tabela 2), provavelmente o teor de S disponível (Tabela 1) estava em níveis adequados (CFSEMG, 1999).

Considerando que há necessidade da correção da acidez e que há necessidade de adição de N, P, K fica também evidente que o nutriente mais limitante para altura foi o P, pois seus valores (Tabela 2) foram estatisticamente iguais ao completo-N e completo-K, demonstrando assim que o P é o nutriente mais limitante nesse solo. Os resultados demonstraram que a deficiência nutricional observada no pinhão-manso refere-se basicamente aos macronutrientes N, P, K e à calagem concordando com Arruda et al (2004) que afirmam que em solos ácidos o pinhão manso não se desenvolve, sendo necessário a correção pela calagem com base na análise química do solo. De acordo com Saturnino et al (2005), a correção do solo, quanto ao teor de alumínio livre, pela calagem, possui efeito satisfatório sobre o desenvolvimento do pinhão manso.

Esse comportamento confirma a importância dessa prática para este tipo de solos, pois a mesma atua de forma a promover a diminuição da acidez do solo, com insolubilização de elementos tóxicos, principalmente alumínio e manganês; juntamente com a elevação dos teores de cálcio e magnésio disponíveis na solução do solo (RAIJ, 1991).

Tabela 2. Altura de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio.

Tratamentos	Altura (cm)	
	Sem calagem	Com calagem
Controle	14,76 bc A	16,08 c A
Controle + micro	14,44 c B	16,38 c A
Completo	17,06 a B	23,56 a A
Completo -N	16,00 abc B	21,06 b A
Completo -P	15,18 abc B	17,80 c A
Completo -K	15,96 abc B	21,22 b A
Completo -S	16,78 abB	23,08 ab A
Média	15,74 B	19,88 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Para o crescimento em altura, nota-se que o comportamento dos nutrientes foi dependente da condição de acidez do solo, por esta razão a ordem de exigência dos macronutrientes avaliados foi: condição de substrato não corrigido $P > K > N > S$, enquanto na condição de substrato corrigida foi $P > N > K > S$.

5.1.2 Diâmetro caulinar

De maneira analógica à variável altura, o comportamento da variável diâmetro caulinar foi influenciado pela condição de fertilidade do substrato e também pela condição de acidez do mesmo (Tabela 3). Verifica-se que a condição de solo corrigido foi superior a condição não corrigida em todos os tratamentos, mostrando o quanto se faz necessário a realização da prática da calagem para este tipo de solo. Segundo Raij (1991), a correção da acidez dos solos tem efeitos benéficos, que influem na produção das culturas.

Em relação ao tratamento completo-S com omissão de calagem, houve maior valor para a variável em questão. Nota-se que este comportamento é um pouco inusitado, pois, esperavam-se respostas positivas para o tratamento completo, isso nos mostra que a adição de S para esta variável não se faz necessária (Tabela 3).

Assim como observado na variável altura, a omissão de P resultou em decréscimo no desenvolvimento caulinar quando comparados aos tratamentos que não receberam este elemento na ausência da calagem (Tabela 3), a causa pode esta relacionada à baixa disponibilidade de fósforo no solo ou a elevada capacidade de fixação que esse solo exerce sobre o P quando não corrigido. Considerando que as variáveis altura e diâmetro são as mais influenciadas pela omissão de nutrientes, os resultados obtidos sugerem que a adubação com este nutriente é de suma importância ao manejo nutricional dessa espécie. Tal fato foi encontrado por Silva et al, (2010), que trabalhando com a técnica do nutriente faltante observaram menores valores em altura e diâmetro em mudas de pinhão manso.

Por outro lado, quando se avalia o comportamento das diferenças nutricionais dentro da condição solo corrigido, visualiza-se que o tratamento completo só superou os tratamentos controle e o controle + micro, mostrando com isso a importância da combinação dos macronutrientes para a fertilização desse tipo de substrato.

Quanto à sequência de limitação apresentada pelas plantas de pinhão manso, cultivadas em relação às omissões dos macronutrientes avaliados, nota-se que o comportamento dos nutrientes foi também bastante dependente da condição de acidez do solo, de modo que na condição não corrigida a ordem foi $P > N > K > S$. Enquanto que na condição corrigida foi $P > K > S > N$.

Em relação ao desdobramento da condição nutricional dentro do fator correção do solo, percebe-se que o desenvolvimento da espécie foi afetado pelo não fornecimento do corretivo (Tabela 3). De acordo com os dados, os maiores valores de variável diâmetro caulinar foram proporcionados pelos tratamentos onde ocorreu o fornecimento do corretivo, independente da condição nutricional do substrato. Esses resultados indicam a importância da prática da calagem para este tipo de solo.

Tabela 3. Diâmetro caulinar de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.

Tratamentos	Diâmetro caulinar (mm)	
	Sem calagem	Com calagem
Controle	8,33 d B	13,73 b A
Controle + micro	8,75 d B	13,68 b A
Completo	12,18 bc B	16,43 a A
Completo -N	10,99 c B	16,41 a A
Completo -P	7,58 d B	14,47 ab A
Completo -K	13,05 b B	15,66 ab A
Completo -S	15,70 a B	15,83 a A
Média	10,94 B	15,17 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.1.3 Número de folhas

Com relação ao número de folhas das plantas de pinhão manso, foram influenciadas pela condição de fertilidade do substrato, pois a presença de calagem superou a sua ausência (Tabela 4). Na presença da calagem o tratamento completo superou os demais, exceto para o tratamento completo-K e completo-S, cujos valores foram estatisticamente iguais. Arruda et al (2004) afirma que em solos ácidos o pinhão manso não se desenvolve, sendo necessário a correção pela calagem com base na análise química do solo. Na ausência de calagem o tratamento completo também superou os demais, exceto os tratamentos completo-N,

completo-K e completo-S (Tabela 4). Por outro lado, os menores valores foram observados para os tratamentos controle não diferindo estatisticamente dos tratamentos controle+micro e completo-P, tanto na presença quanto na ausência de calagem (Tabela 4). Tal comportamento indica que a espécie é bastante exigente quanto à questão nutricional, pois, os nutrientes N, P, K, S são os nutrientes requerido em maior quantidade pelas plantas.

Para o número de folhas à ordem de preferência dos nutrientes pela espécie foram $P > N > K > S$, tanto na condição de substrato não corrigido, quanto na condição de substrato corrigido.

Em relação ao desdobramento da condição nutricional dentro da questão acidez do solo, detecta-se que os maiores números de folhas foram encontrados na condição dos substratos que receberam a calagem (Tabela 4). Tal comportamento deve-se ao fato de que a calagem neutraliza o Al do solo e fornece Ca e Mg como nutrientes. Eleva o pH do solo, promove também o aumento da CTC efetiva, reduzindo a lixiviação de bases. Além disso, possibilita maior crescimento do sistema radicular das plantas, facilitando a absorção e a utilização dos nutrientes e da água (SOUSA et al, 2007).

Tabela 4. Número de folhas de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.

Tratamentos	Número de folhas (und)	
	Sem calagem	Com calagem
Controle	6,20 c B	9,20 c A
Controle + micro	6,20 c B	8,20 c A
Completo	11,20 a B	15,40 a A
Completo -N	9,00 ab B	12,80 b A
Completo -P	8,00 bc A	8,80 c A
Completo -K	10,00 ab B	13,60 ab A
Completo -S	10,80 a B	14,60 ab A
Média	8,77 B	11,80 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.1.4 Comprimento da raiz (cm)

Em geral para o crescimento da raiz a correção da acidez proporcionou valores superiores quando comparado a sua ausência (Tabela 5), exceto para o tratamento completo-S. A prática da calagem favoreceu o crescimento da raiz. Efeito

positivo da calagem no desenvolvimento da raiz e da parte aérea também foi observado em plantas de algodão, por Rosolem et al (1999). No caso específico do comportamento dos tratamentos na condição de substrato corrigido, deve-se ao fato do fornecimento do nutriente cálcio através da calagem, pois o mesmo desempenha função importante no estímulo ao crescimento das raízes. Este resultado comprova a afirmação de Lopes (1990), que a calagem melhora as propriedades físicas do solo, favorecendo o desenvolvimento das raízes.

Considerando apenas essa característica, a calagem em si parece ser a única responsável, pois todos os tratamentos foram estatisticamente iguais.

Para a condição de solo não corrigido, o tratamento completo-S foi superior aos demais, exceto para os tratamentos completo-N e completo-K, mostrando que a adubação com estes elementos não se faz necessária.

Quanto à ordem de exigência dos macronutrientes avaliados, percebe-se que o comportamento dos nutrientes foi dependente da condição de acidez do solo, de modo que na condição sem calagem os nutrientes apresentaram a seguinte ordem $P > K > N > S$. Enquanto que na condição com calagem a ordem foi $N > S > K > P$.

Por outro lado, quando desdobra-se a condição da acidez do solo dentro da condição nutricional do substrato, percebe-se que a condição de substrato corrigido proporcionou os maiores valores dessa variável (Tabela 5). Tal comportamento deve-se ao fato da calagem promover a diminuição da acidez do solo, com insolubilização de elementos tóxicos, principalmente alumínio e manganês (RAIJ, 1991).

Tabela 5. Comprimento da raiz de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.

Tratamentos	Comprimento da raiz (cm)	
	Sem calagem	Com calagem
Controle	9,02 bc B	24,50 a A
Controle + micro	6,86 c B	32,30 a A
Completo	14,44 bc B	31,56 a A
Completo –N	18,94 ab A	26,00 a A
Completo –P	10,14 bc B	30,30 a A
Completo –K	17,70 abc B	28,12 a A
Completo –S	28,60 a A	27,64 a A
Média	15,10 B	28,63 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.1.5 Matéria seca da parte aérea

Houve interação entre nutrição e acidez do solo para a variável matéria seca da parte aérea, pois a presença de calagem superou a sua ausência (Tabela 6).

Quando a aplicação dos tratamentos se deu na condição de substrato corrigido, o tratamento com omissão de P foi o mais limitante não diferindo estatisticamente do tratamento controle e ao controle mais micro. Apesar de não haver diferenças estatísticas, houve uma tendência do tratamento controle mais micro ser o que proporcionou menor produção de matéria seca da parte aérea, haja vista que esse comportamento esteja ligado à omissão dos macronutrientes nesse tratamento (Tabela 6). Tal comportamento foi também encontrado por Maia et al (2011), que trabalhando com efeito da omissão de macro e micronutrientes no crescimento de pinhão manso, constatou que a omissão de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e de calagem comprometeu a produção de matéria fresca e seca da parte aérea com menores valores para o tratamento.

O nutriente P tem sido apontado como o mais limitante da produtividade de biomassa em solos tropicais (NOVAIS; SMYTH, 1999). Os solos brasileiros são carentes neste elemento em consequência do material de origem e da forte absorção com o solo (RAIJ, 2001).

Em relação à condição de substrato não corrigido, nota-se também que o tratamento com omissão de P foi o que mais limitou a variável em questão, porém foi estatisticamente igual aos tratamentos completo menos nitrogênio, controle mais micro e controle. Tal fato tanto na presença quanto na ausência de calagem pode estar diretamente relacionado à omissão do nutriente em questão, pois se entende que o fósforo desempenha papel como fonte de energia para a síntese de proteínas, sendo que sua falta se reflete no menor crescimento da planta (MALAVOLTA, 1980).

Resultado semelhante foi observado na ausência de calagem com omissão de P, por Fernandes et al (2005) trabalhando com maxixe-do-reino (*Cyclanthera pedata*) em que o tratamento completo com omissão de P, foi que mais promoveu redução significativa na produção de matéria seca. Enquanto que para Costa et al (2007), os nutrientes que mais limitaram a massa seca da parte aérea e raiz em fava-d`anta (*Dimorphandra mollis* Benth) foram P e K.

Por outro lado, avaliando-se o comportamento na condição de substrato com calagem, observa-se que o tratamento completo proporcionou os maiores valores

para a variável MSPA, porém não diferindo estatisticamente dos tratamentos completo sem nitrogênio, completo sem potássio e completo sem enxofre (Tabela 6).

Para os substratos sem calagem, a mesma situação ocorrida na variável diâmetro caulinar, ocorreu na variável em questão, pois os maiores valores foram proporcionados pelo tratamento completo com omissão de enxofre, sendo que não houve diferenças significativas quando comparado aos tratamentos completo sem potássio e completo. Nota-se que para o tratamento com omissão de enxofre este comportamento é um pouco atípico, pois se esperava que os maiores valores fossem proporcionados ao tratamento completo como observado na condição de substrato com calagem (Tabela 6).

As plantas de pinhão manso apresentaram a seguinte ordem de exigências dos nutrientes para a produção de matéria seca da parte aérea, substrato sem correção $P > N > K > S$, substrato corrigido $P > N > S > K$.

Quanto ao desdobramento do efeito da condição nutricional dentro do fator condição de acidez do solo, observa-se que os maiores valores da variável altura foram proporcionados quando houve o fornecimento do corretivo (calcário), em todos os tratamentos (Tabela 6). Esse comportamento confirma a importância dos corretivos de solos, pois os mesmos atuam como promovedores da diminuição da acidez do solo, e aumento nos teores de cálcio, principal nutriente responsável pelo crescimento das raízes (RAIJ, 1991).

Tabela 6. Matéria seca da parte aérea de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio.

Tratamentos	Matéria seca da parte aérea (g)	
	Sem calagem	Com calagem
Controle	1,53 b B	5,39 b A
Controle + micro	1,60 b B	5,18 b A
Completo	3,98 a B	9,23 a A
Completo –N	2,41 b B	8,68 a A
Completo –P	1,48 b B	5,90 b A
Completo –K	5,21 a B	8,86 a A
Completo –S	5,22 a B	8,70 a A
Média	3,06 B	7,42 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.1.6 Matéria seca da raiz

Avaliando a variável matéria seca da raiz, observa-se que o comportamento dos tratamentos variou em função da condição nutricional do substrato e da correção da acidez. A correção da acidez produziu cerca de três vezes mais matéria seca quando comparado a sua ausência (Tabela 7). Efeito positivo da calagem sobre a variável em questão foi apontado por Saturnino et al (2005), a correção do solo, quanto ao teor de alumínio livre, pela calagem, possui efeito satisfatório sobre o desenvolvimento do pinhão manso.

A calagem aumentando o pH do solo (tabela 1) reduz o teor de Al^{3+} apontado por ser o causador do pouco crescimento do sistema radicular das plantas (Tabela 7).

De acordo com os valores, nota-se que na condição de substrato sem calagem, a maior produção de matéria seca da raiz foi alcançada pelo tratamento completo-S, não diferindo estatisticamente dos tratamentos completo e completo-K, mostrando que a adubação em condições de substrato sem correção, o uso destes elementos não se faz necessário. Já a menor produção foi observada nos tratamentos completo-P, completo-N, controle+micro e controle. Apesar de não haver diferenças significativas entre esses tratamentos, houve uma tendência do tratamento completo-P proporcionar a menor produção de matéria seca da raiz (Tabela 7). Resultados semelhantes foram encontrados por Siqueira e Franco (1988), que verificaram que a omissão de P limitou o crescimento em altura e diâmetro, e a produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total, no crescimento da espécie *Acacia mangium*.

Quanto às condições de substrato corrigido, o tratamento completo-N foi superior aos demais. Por outro lado os menores valores foram observados nos tratamentos completo-P e tratamento controle, sendo que estes dois tratamentos não diferiram significativamente entre si (Tabela 7).

Quanto à ordem preferencial de exigência dos nutrientes para a produção de matéria seca da raiz foi a seguinte $P > N > K > S$, para substrato não corrigido, e $P > K > S > N$ para substrato corrigido.

Quanto ao desdobramento do efeito da condição nutricional dentro da condição de acidez do solo, observa-se que os maiores valores da variável altura foram proporcionados quando houve o fornecimento do corretivo (calcário), em

todos os tratamentos (Tabela 7). Esse comportamento confirma a importância dos corretivos de solos, pois os mesmos atuam de forma a promover a diminuição da acidez do solo, com insolubilização de elementos tóxicos, principalmente alumínio e manganês (RAIJ, 1991).

Tabela 7. Matéria seca da raiz de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio.

Tratamentos	Matéria seca da raiz (g)	
	Sem calagem	Com calagem
Controle	0,18 c B	1,17 c A
Controle + micro	0,21 c B	1,35 bc A
Completo	0,63 ab B	1,65 b A
Completo –N	0,49 bc B	2,15 a A
Completo –P	0,16 c B	1,12 c A
Completo –K	0,75 ab B	1,38 bc A
Completo –S	1,01 a B	1,59 b A
Média	0,49 B	1,48 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.1.7 Matéria seca total

A variável matéria seca total foi influenciada pela condição de correção da acidez do solo e também pela condição de fertilidade do substrato (Tabela 8).

De maneira analógica à variável matéria seca da parte aérea a matéria seca total dos tratamentos que receberam calagem foi também superior aos tratamentos onde não houve correção do substrato. A prática da calagem favoreceu a produção de matéria seca total de todos os tratamentos (Tabela 8). Resultados semelhantes foram observados por Tucci et al (2004) e Silva et al (2008), quando avaliaram o efeito da prática da calagem no substrato sobre a altura, diâmetro de colo e matéria seca de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn).

Verifica-se que o comportamento da variável matéria seca total na condição de solo não corrigido que o tratamento completo-S foi o que proporcionou os maiores valores para a variável em questão, no entanto não houve diferenças significativas quando comparado ao tratamento completo-K e completo (Tabela 8). Em relação ao enxofre fica evidente mais uma vez que o uso destes elementos não se faz necessário, caso o plantio seja realizado em condições de solo natural.

Em relação aos menores valores, não houve diferenças significativas entre os tratamentos completo-P, controle e controle+micro. Porém, houve uma tendência do tratamento completo-P ter proporcionado uma menor produção de matéria seca total (Tabela 8).

Por outro lado na condição de solo corrigido, nota-se que o tratamento completo proporcionou os maiores valores, porém não diferindo estatisticamente dos tratamentos completo-N, completo-S e completo-K (Tabela 8).

Em relação aos menores valores, não houve diferenças significativas entre os tratamentos completo-P, controle+micro e controle. Apesar de não haver diferenças estatísticas entre os tratamentos, houve uma tendência do tratamento controle+micro proporcionar uma menor produção de matéria seca total, tal comportamento pode está relacionado à omissão dos macronutrientes deste tratamento (Tabela 8). Concordando com Silva et al. (2009), que trabalhando com plantas de pinhão manso constatou que a ausência de macronutrientes afetou de forma significativa a massa seca total de plantas de pinhão-manso, sendo o Ca, Mg e K os mais limitantes.

Quanto à ordem preferencial de exigência dos macronutrientes para variável em questão, nota-se que os nutrientes mais limitantes foram $P > N > K > S$ na condição de solo não corrigido, enquanto que na condição de solo corrigido a ordem foi $P > K > S > N$.

Tabela 8. Matéria seca total de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.

Tratamentos	Matéria seca total (g)	
	Sem calagem	Com calagem
Controle	1,71 c B	6,56 b A
Controle + micro	1,81 c B	6,53 b A
Completo	4,61 ab B	10,88 a A
Completo –N	2,90 bc B	10,83 a A
Completo –P	1,65 c B	7,03 b A
Completo –K	5,96 a B	10,24 a A
Completo –S	6,23 a B	10,29 a A
Média	3,55 B	8,90 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Quanto ao desdobramento do efeito da condição nutricional dentro da condição de acidez do solo (Tabela 8), observa-se que os maiores valores da

variável altura foram proporcionados quando houve a correção da acidez do substrato através da calagem (calcário), em todos os tratamentos.

5.1.8 Relação raiz parte aérea (R/PA)

Para todas as condições nutricionais do substrato, houve diferenças significativas, independente da condição da acidez do substrato corrigido ou não corrigido (Tabela 9). De acordo com os resultados, nota-se que a correção da acidez proporcionou valores superiores quando comparado a sua ausência, exceto para o tratamento completo-S e completo-K, onde a prática da calagem favoreceu a relação raiz parte aérea. Esses resultados diferem dos encontrados por SILVA et al (2008) que trabalhando com doses crescentes de corretivo na produção de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn) encontrou valores estatisticamente equivalentes entre todos os tratamentos, inclusive na ausência de calagem.

Na condição de substrato não corrigido, os maiores valores da relação raiz parte aérea foi observada para o tratamento completo-N, não diferenciando estatisticamente do tratamento completo-S, apresentando uma tendência do tratamento completo-N ser melhor (Tabela 9). Em relação aos menores valores, nota-se que o tratamento controle proporcionou o menor valor não diferindo estatisticamente do tratamento completo-P.

Por outro lado, na condição de substrato corrigido, os maiores valores foram observados para os tratamentos controle+micro não diferindo significativamente do tratamento completo-N (Tabela 9), tal comportamento indica que a espécie seja eficiente na extração dos macronutrientes. Entretanto os menores valores para a relação raiz parte aérea foram alcançados pelo tratamento completo-K, não diferindo estatisticamente do completo (Tabela 9).

Quanto à ordem de limitação dos macronutrientes para relação raiz parte aérea, observa-se que para a condição de substrato sem correção os nutrientes mais limitantes foram $P > K > S > N$, enquanto que na condição de substrato corrigido, a ordem foi $K > S > P > N$.

Quando se desdobra a condição de acidez do substrato dentro da condição nutricional, verifica-se que exceto os tratamentos completo-S e completo-K, os demais apresentaram maiores valores da variável relação raiz parte aérea quando houve o fornecimento do calcário. Tal comportamento pode estar relacionado tanto

ao controle de pH, quanto ao fornecimento de Ca e Mg. A nutrição com cálcio e magnésio não se constitui, geralmente em grande preocupação nos programas de adubação, tendo em vista que a prática da calagem ainda é a maneira mais usual de fornecimento destes nutrientes às plantas (LOPES; GUILHERME, 1992).

Tabela 9. Relação raiz parte aérea de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplântio.

Tratamentos	Relação raiz parte aérea	
	Sem calagem	Com calagem
Controle	0,10 d B	0,22 b A
Controle + micro	0,13 bc B	0,26 a A
Completo	0,15 b B	0,18 cd A
Completo -N	0,20 a B	0,25 a A
Completo -P	0,11 cd B	0,19 c A
Completo -K	0,14 b A	0,16 d A
Completo -S	0,19 a A	0,18 c A
Média	0,14 B	0,20 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.2 CONTEÚDO DE NUTRIENTES

A absorção de nutrientes pelas mudas de pinhão manso foi influenciada significativamente pelos fatores correção da acidez e fertilização do solo (Tabelas 4A e 5A).

5.2.1 Conteúdos de macronutrientes

Em relação aos macronutrientes, o comportamento quanto ao acúmulo de modo geral foi específico para cada nutriente. Independente da condição de correção do solo houve diferenças significativas para cada tratamento (Tabela 10, 11 e 12). De acordo com os dados, vê-se que para o acúmulo de N a calagem superou sua ausência exceto os tratamentos controle e completo-K. Na condição de substrato corrigido, os maiores acúmulos foram proporcionados pelo tratamento completo e o menor acúmulo proporcionado pelo tratamento controle porém não diferindo estatisticamente do completo-P e completo-K (Tabela 10).

Para condição de substrato não corrigido, os maiores acúmulos foram observados para o tratamento completo-S não diferindo estatisticamente do completo-K e completo, já os menores acúmulos foram observados no tratamento controle+micro, controle e completo-P com tendência do tratamento controle+micro ser o mais limitante (Tabela 10).

Para acúmulo de P a ausência de calagem favoreceu a sua absorção, pois em sua presença o conteúdo de P foi menor, caso atípico, pois esperava-se que a correção da acidez favorecesse sua absorção (Tabela 10). Tal situação pode ser atribuída ao teor de P que foi 9,5 vezes menor na presença de calagem quando comparado a sua ausência, porém sem a adição de P a produção de matéria seca da parte aérea foi 3,5 vezes maior isto sugere que a presença desta pratica aumentou a sua diluição devido ao aumento de matéria seca.

Em relação ao conteúdo de K e S na omissão de calagem, verificou-se que não houve diferenças significativas exceto para o tratamento controle (Tabela 11). Os valores de K foram estatisticamente equivalentes entre todos os tratamentos, inclusive na presença de calagem (Tabela 11). Enquanto que para o S o tratamento completo e completo-K não foi estatisticamente igual. Para o potássio na omissão da calagem o tratamento completo-K superou os demais e na presença o tratamento controle foi o que mais acumulou não diferindo significativamente do completo-K.

Em relação ao enxofre na ausência de calagem, o maior acúmulo foi observado no tratamento completo-K, enquanto que na presença o tratamento completo foi o que proporcionou o maior acúmulo, não diferindo estatisticamente dos tratamentos controle, completo-K, completo-S e completo-N (tabela 11).

De modo geral a calagem favoreceu a absorção de cálcio e magnésio, pois, na sua presença, os conteúdos de Ca e Mg foram superiores quando comparados com a sua ausência, o que pode ser atribuído ao calcário que após reação de solubilização aumenta os teores trocáveis desses nutrientes no solo.

Em relação ao desdobramento do fator condição de acidez do solo dentro da condição nutricional do substrato, verifica-se que no caso dos nutrientes, nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio os acúmulos de modo geral foram proporcionados pela condição de correção do substrato (Tabela 10, 11 e 12). No entanto, no caso do enxofre não houve diferenças entre as condições de omissão e presença de calagem (Tabela 11). No entanto para absorção de fósforo a condição de substrato corrigido não favoreceu o seu acúmulo (Tabela 11).

Tabela 10. Conteúdos de nitrogênio e fósforo na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio.

ausência de calagem, 70 dias após transplante:				
Nutrientes	N		P	
Tratamentos	----- mg/unidade experimental -----			
	s/ calag	c/ calag	s/ calag	c/ calag
Controle	27,20 c A	89,47 d A	4,37 ab A	4,01 a A
Controle + micro	25,65 c B	240,26 bc A	4,61 ab A	2,00 b B
Completo	123,85 abc B	515,34 a A	5,17 ab A	4,07 a B
Completo -N	39,08 bc B	202,48 bc A	4,13 b A	3,31 a B
Completo -P	30,30 c B	153,14 cd A	4,65 ab A	1,97 b B
Completo -K	133,53 ab A	179,79 bcd A	5,43 a A	3,73 a B
Completo -S	159,34 a B	267,28 b A	5,13 ab A	3,66 a B
Média	77,00 B	235,39 A	4,78 A	3,25 B

Médias seguida de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 11. Conteúdos de potássio e enxofre na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio.

ausência de calagem, 70 dias após transplante:				
Nutrientes	K		S	
Tratamentos	----- mg/unidade experimental -----			
	s/ calag	c/ calag	s/ calag	c/ calag
Controle	53,65 b B	148,64 a A	1,89 c B	4,01 a A
Controle + micro	61,14 b A	70,38 b A	1,28 c A	2,00 b A
Completo	12,27 c A	15,80 c A	6,10 ab A	4,07 a B
Completo -N	8,14 c A	13,33 c A	2,32 c A	3,31 ab A
Completo -P	2,95 c A	7,14 c A	1,43 c A	1,97 b A
Completo -K	117,15 a A	127,64 a A	6,91 a A	3,73 ab B
Completo -S	16,67 c A	12,85 c A	4,62 b A	3,66 ab A
Média	38,85 B	56,54 A	3,50 A	3,25 A

Médias seguida de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 12. Conteúdos de cálcio e magnésio na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio.

Nutrientes	Ca		Mg	
Tratamentos	----- mg/unidade experimental -----			
	s/ calag	c/ calag	s/ calag	c/ calag
Controle	3,85 b B	47,41 a A	9,57 a B	43,18 a A
Controle + micro	1,97 b B	23,69 b A	6,28 a B	23,40 b A
Completo	10,77 ab B	43,93 a A	10,29 a B	42,92 a A
Completo -N	8,07 ab B	46,25 a A	7,17 a B	40,25 a A
Completo -P	2,33 b B	22,27 b A	7,27 a B	17,24 b A
Completo -K	7,30 b B	42,87 a A	9,10 a B	43,61 a A
Completo -S	16,72 a B	43,69 a A	10,03 a B	36,09 a A
Média	7,28 B	38,58 A	8,53 B	35,24 A

Médias seguida de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.2.2 Conteúdo de micronutrientes

Em relação aos micronutrientes, o comportamento quanto ao acúmulo de modo geral foi específico para cada nutriente. Independente da condição de correção do solo houve diferenças significativas para cada tratamento (Tabela 13 e 14).

Observa-se que na condição de substrato não corrigido os maiores valores para acúmulos de zinco, manganês, ferro e boro foram proporcionados para o tratamento completo com omissão de enxofre. No entanto, os menores valores para acúmulos foram observados nos tratamentos controle para os elementos zinco, cobre e manganês, controle+micro para o nutriente ferro e completo-P para o nutriente boro (Tabela 13 e 14).

No caso de substrato corrigido, os maiores acúmulos do nutriente zinco, cobre, manganês e ferro foram proporcionados pelo tratamento completo-S (tabela 13 e 14). Já para o boro, o maior acúmulo foi proporcionado pelo tratamento completo. Enquanto o menor acúmulo dos seguintes nutrientes zinco, cobre, manganês foram observados para o tratamento controle+micro (Tabela 13 e 14). No caso específico do boro, o menor acúmulo foi proporcionado para o tratamento controle (Tabela 14).

Quando se desdobra a condição de acidez do solo dentro da condição nutricional do solo, verifica-se que excerto no caso cobre em que não houve diferenças significativas, os maiores acúmulos, de modo geral foram proporcionados

pela condição de correção do solo (Tabela 13 e 14). No entanto, no caso do nutriente zinco, os maiores valores foram proporcionados na condição de não correção da acidez do solo. Tal comportamento pode estar relacionado à correção do pH do substrato, pois sua disponibilidade estava bem maior quando o solo não recebeu correção (tabela 2A). Segundo Dynia e Barbosa Filho citado por Abreu et al (2007), avaliando os efeitos da calagem sobre a dinâmica do Fe, Mn, Cu e Zn e a disponibilidade desses nutrientes para a cultura do arroz irrigado, observaram que a calagem reduziu a solubilidade de todos os micronutrientes no solo, sendo o Fe e o Zn, os mais afetados.

Tabela 13. Conteúdos de zinco, cobre e manganês na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio.

Nutrientes	Zn		Cu		Mn	
Tratamentos	----- µg/unidade experimental -----					
	s/ calag	c/ calag	s/ calag	c/ calag	s/ calag	c/ calag
Controle	44 d A	74 c A	7 b	15 abc	26 cB	151 cdA
Controle + micro	71 cd A	71 c A	9 ab	8 c	31 cA	90 dA
Completo	259 b A	99 bc B	19 a	16 abc	191 abB	318 bA
Completo –N	143 c A	81 c B	8 ab	13 bc	98 bcB	224 bcA
Completo –P	47 d A	81 c A	8 ab	15 abc	32 c B	259 bcA
Completo –K	234 b A	155 abB	17 ab	24 ab	144 b B	440 aA
Completo –S	389 a A	183 a B	18 ab	25 a	276 a B	502 aA
Média	170 A	106 B	12	16	114 B	283 A

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 14. Conteúdos de ferro e boro na MSPA de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, 70 dias após transplantio.

Nutrientes					Fe		B	
Tratamentos	----- µg/unidade experimental -----							
	s/ calag	c/ calag	s/ calag	c/ calag				
Controle	101 c B	330 abA	50 bB	104 dA				
Controle + micro	50 c A	132 cA	70 bB	227 cA				
Completo	390 a A	311 abA	201 aB	325 aA				
Completo –N	205 bcA	251 bcA	108 bB	312 aA				
Completo –P	69 c B	302 abA	48 bB	247 bcA				
Completo –K	325 abA	391 abA	211 aB	302 abA				
Completo –S	448 a A	459 aA	220 aB	310 aA				
Média	227 B	311 A	130 B	261 A				

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

6 CONCLUSÃO

- ✓ Faz-se necessário a correção da acidez do solo utilizado na pesquisa, pois o mesmo apresenta baixa fertilidade natural e elevada concentração de alumínio tóxico;
- ✓ Entre os nutrientes usados na fertilização do substrato, o P foi o que mais limitou o crescimento das plantas de pinhão-mansão;
- ✓ A ordem decrescente do requerimento nutricional das plantas de pinhão manso em macronutrientes foi: $P > N > K > S$.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. M. et. al. **Deficiência de micronutrientes em mudas de *Jatropha curcas* L.:** resultados preliminares. 2007. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/agricultura>> Acesso em: 18 maio 2011.

ARAÚJO, M. M. **Melhoramento de plantas visando à produção de biodiesel,** 2007. Disponível em: www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/2007/Resumo.pdf. Acessado em 18 de maio de 2011.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

AZEVEDO, H. **Pinhão manso é lançado pelo presidente Lula como opção para o biodiesel** – Vegetal é de fácil cultivo. Hoje em Dia, 8 a 14/01/2006, Brasília-DF, 2006.

BARROS, A. R. **Estudo Biodiesel.** Relatório setorial integrante do Projeto “Economia de Pernambuco”. Secretaria de Planejamento, 2006. Disponível em: www.datametrica.com.br Acessado em: 16 de novembro de 2010.

BELTRÃO, N. E. M.; MELO, F. B.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. **Mamona:** árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semi-árido brasileiro. Campina Grande: Embrapa-Algodão, 2003. 19p. (Circular Técnica).

BILICH, F.; SILVA, R. **Análise do potencial brasileiro na produção de biodiesel.** Disponível em <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura.pdf>>

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará.** 3 ed. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORESTAS TROPICAIS, 2., 1976, Mossoró. Anais... Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1976. p. 412-413 (Coleção Mossoroense, v. XLII).

BRANDENBURG, W. A; BINDRABAN, P. S; CORRÉ, W.J. Claims na facts on *Jatropha curcas* L. **Plant Research International**, October, 2007, 66p.

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

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel PNPB (2008) Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/programa.html>. Acessado em junho de 2011.

BIODIESELBR. **Pinhão manso, *Jatropha curcas*, uma planta de futuro.** Disponível no em:<<http://www.pinhaomanso.com.br>>. Acessado em: 16 de novembro de 2010.

CAMPOS, M. C. C. **Pedogeomorfologia aplicada à ambientes amazônicos do médio Rio Madeira**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco.

CARMÉLIO, Edna de Cássia. **Considerações sobre o vínculo do pinhão-mansão à agricultura familiar e ao Programa Nacional de Biodiesel**. 2006
www.mda.gov.br/saf/arquivos/0705910896.doc. Acessado em 08/01/2009.

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

DAEY OUWENSK; G. FRANCIS, Y. J. FRANKEN. **Position paper on Jatropha curcas. State of the art, small and large scale project development**. Expert seminar on Jatropha curcas L. Agronomy and genetics, 26-28, March. Wageningen. Published by FACT Foundation, 2007. 7 p.

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

DIVAKARA, B. N.; UPADHYAYA, H. D.; WANI, S. P.; GOWDA LAXMIPATHI, C. L. **Biology and genetic improvement of Jatropha curcas L.: A review**. Applied Energy, Singapura, v. 87, p. 732–742, 2010.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília. 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2003. Núcleos temáticos de gestão e uso de recursos naturais. Texto Informativo.

FAGERIA, Kumar Nand, Otimização da Eficiência Nutricional na Produção das Culturas. **Revista Bras. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande, v.2, p. 6-16, 1998.

FERNANDES, L. A. et al. Nutrição mineral de plantas de maxixe-do-reino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 719-722, 2005.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa - MG: UFV, 402p, 2000.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das Plantas Cultivadas: O estudo do que está por trás do que se vê**. 4ª ed. Passo Fundo, RG. Universidade de Passo Fundo. 2008. 733 p.

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**. Disponível em

<http://www.biodise.gov.br/docs/congresso2007/agricultura/56.pdf>. Acessado em: 16 de novembro de 2010.

JOKER, D. F. S. C.; JEPSEN, J. *Jatropha curcas* L. **Seed Leaflet**, Humlebaek, n. 83. 2003.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. **Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 05, p. 1969-1975, 2008.

LIMA, P. C. R. **Biodiesel: um novo combustível para o Brasil**. Câmara dos Deputados. Brasília, 2005.

LOPES, A. S., SILVA, M. de C. e GUILHERME, L.R. G. **Acidez do solo e calagem** - São Paulo: ANDA 1990. 22 p. (Boletim Técnico, 1).

MACIEL, F. Z. A; Rocha, D. S; Paro P; Botrel, M. M. C. **Produção de mudas de *Jatropha curcas* L. em diferentes substratos**. Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel, PR, Brasil. 2007.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. **Plant Soil** , The Hague, v.134, n.1, p.1-20, 1991.

MAIA, J. T. L. S. et. al. EFEITO DA OMISSÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES NO CRESCIMENTO DE PINHÃO-MANSO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 174-179, abr.-jun, 2011

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3 ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres p.15-16. 1989

MELLO, F.A, F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S. 1989. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Editor Nobel, 3 ed. 400 p.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: Novais, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**. 1ª ed. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. 1017 p.

NOVAIS, F. R.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

PARENTE, E. J. de S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003. 66p.

PIRES, M. M.; ALVES, J. M; ALMEIDA;NETO, J.A; ALMEIDA, C. M.; SOUSA, G. S.; CRUZ, R.S.; MONTEIRO, R.; LOPES, B. S.; ROBRA, S. **Biodiesel de mamona uma avaliação econômica**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DA MAMONA**, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

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

RAIJ, B. van. et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 170p.

RAIJ, B. van. et al. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAO, G. R.; KORWAR, G. R.; SHANKER, A. K.; RAMAKRISHNA, Y. S. **Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions**. *Trees-Structure and Function*, Berlim, v.22, p.697-709, 2008.

ROCHA, R. C.; TECHEIRA, W. G.; SENA, J. S. de P. **Aplicação de corretivos e fertilizantes no plantio de fava d'anta (*Dimorphandra* spp.). efeito de doses de calcário**. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas XXII. Manaus, 1996, p.134-135, 1996.

ROSOLEM, C. A.; WITACKER, P.T.; VANZOLINI, S.; RAMOS, V. J. 1999. **The significance of root growth on cotton nutrition in an acidic low-P soil**. *Plant and Soil*, 212:185-190.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. **Cultura do pinhão. Informe Agropecuário**, v.26, n. 229, 2005, p. 44-78.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA N.; GONÇALVES, N. P. **Produção de oleaginosas para o biodiesel**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.26 n.229 p.44-74. 2005.

SILVA, E. B. et al. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 392-397, 2009.

SILVA, A. R. M. da; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; SOUZA, P. A. de; VENTURIN, N. **Efeitos de doses de calcário na produção de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn)**. *Floresta*, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 295--302, abr./jun. 2008.

SILVEIRA, J. C. **Contribution a l'étudedupulghéreauxilesduCapVert**. In: INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA (Campinas, SP). Anais. Campinas, 1934. v. 6, p. 116-126.

SINGH, B.; SWAMINATHAN, R.; PONRAJ, V. (eds.). **Biodiesel conference towards energy independence – focus on *Jatropha***. Rashtrapati Bhawan, New Delhi, 2006. 382p.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnology of soil: fundamentals and prospects**. Brasília: Ministério da Educação.1988. 235pp (in Portuguese).

TANURE, L. P. P. **Avaliação das limitações nutricionais em mudas de pinhão manso cultivadas em casa de vegetação**./Luís Paulo Patente Tanure. - Diamantina: UFVJM, 2009. 76 p. Dissertação (Mestrado/Produção Vegetal)- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/Faculdade de Ciências Agrárias.

THOMAS, M. D.; HENDRICKS, R. H.; COLLOI, T. R.; HILL, G. R. The utilization of sulfate and sulfur dioxide for the sulfur nutrition of alfafa. **Plant Physiol**, Londrina, v. 18, p.345-371.1943.

TUCCI, C. A. F. **Seleção de métodos de laboratório para estimativa da necessidade de calagem em alguns solos da Amazônia**. Revista da Universidade do Amazonas: Série Ciências Agrárias, Manaus, v. 8, n. 1/2, 1996. p. 1-19.

TUCCI, C. A. F; HARA, F. A. S; FREITAS, R. O. de. **Adubação e calagem para a formação de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn)**. Manaus, Rev. da Universidade do Amazonas: Série C. Agrárias, v. 10, n.1-2 , p.29-31, 2002.

TUCCI, C. A. F., HARA, F. A. dos S., FREITAS, R. O. de. 2004. **Adubação e calagem para a formação de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn)**. *Revista de Ciências Agrárias e Ambientais da UFAM*, 11(2/2).

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BOODEY, R. M. **Produção de biocombustíveis, a questão do balanço energético**. Revista de Política Agrícola, v. 14, n. 5, p. 42-46, 2005.

ANEXOS

Tabela 1A: Características químicas do solo (0 – 30 cm de profundidade), após aplicação dos tratamentos e incubado por 40 dias.

Tratamentos	pH (H ₂ O)	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al	H+Al	SB	(t)
		mg/dm ³		cmol/dm ³				cmol _c /dm ³	
	Sem calagem								
Controle	5,0	1,2	23	0,1	0,1	4,7	19,1	0,3	5,0
Controle + micro	4,8	1,2	25	0,1	0,2	5,2	21,4	0,4	5,6
Completo	4,6	91,4	108	0,8	0,2	3,4	15,3	1,3	4,7
Completo -N	4,3	99,4	106	0,7	0,2	4,6	17,1	1,2	5,8
Completo -P	4,5	1,0	101	0,1	0,1	3,9	15,3	0,5	4,4
Completo -K	4,9	96,7	30	0,6	0,2	3,9	15,3	0,9	4,8
Completo -S	4,4	79,1	115	0,7	0,1	3,7	15,3	1,1	4,8
Com calagem									
Controle	5,5	1,0	22	2,2	1,8	0,4	3,2	4,1	4,5
Controle + micro	5,6	1,2	22	2,7	2,1	0,5	3,2	4,9	5,4
Completo	5,3	61,6	106	3,1	2,1	0,2	2,9	5,5	5,7
Completo -N	5,3	76,8	103	3,3	2,1	0,4	3,6	5,7	6,1
Completo -P	5,6	1,0	100	2,6	2,0	0,3	2,6	4,9	5,2
Completo -K	5,8	86,3	28	3,4	2,7	0,3	2,9	6,2	6,5
Completo -S	5,7	86,3	105	3,0	1,9	0,2	2,6	5,2	5,4

Controle (solo natural); Controle+micro (solo natural + micronutrientes); Completo (solo + N,P,K,S + micronutrientes); Completo-N (solo + P,K,S + micronutrientes); Completo-P (solo + N,K,S + micronutrientes); Completo-K (solo + N,P,S + micronutrientes); Completo-S (solo + N,P,K + micronutrientes).

Tabela 2A: Características químicas do solo (0 – 30 cm de profundidade), após aplicação dos tratamentos e incubado por 40 dias.

Tratamentos	(T)	V	M	MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	cmol _c /dm ³	%		dag/kg	mg/L	mg/dm ³					
	Sem calagem										
Controle	19,4	1,3	94,8	1,6	14,1	0,4	38,5	0,7	0,4	0,1	27,0
Controle + micro	21,8	1,7	93,5	1,9	17,1	4,6	50,5	1,7	1,6	0,2	12,3
Completo	16,6	7,7	72,7	1,5	21,5	4,3	51,0	2,0	1,3	0,2	17,7
Completo -N	18,3	6,4	79,7	1,8	37,4	4,9	60,3	2,0	1,4	0,1	17,1
Completo -P	15,8	2,9	89,4	1,8	21,3	3,6	69,2	1,3	1,3	0,1	17,1
Completo -K	16,2	5,4	81,7	1,8	23,5	4,6	68,4	2,0	1,6	0,1	22,7
Completo -S	16,4	6,7	77,1	1,6	25,1	4,7	71,1	4,0	1,2	0,1	12,3
Com calagem											
Controle	7,3	55,6	9,0	1,4	29,3	0,3	89,5	0,7	0,3	0,2	20,1
Controle + micro	8,1	60,0	9,3	1,6	38,6	1,7	96,5	2,4	1,2	0,1	10,3
Completo	8,4	65,4	3,5	1,5	37,4	1,4	60,5	1,4	1,0	0,1	20,1
Completo -N	9,3	61,0	6,6	1,4	35,2	1,7	51,4	2,1	1,2	0,1	16,0
Completo -P	7,4	65,2	5,8	1,8	35,2	1,2	59,5	2,2	1,0	0,1	12,8
Completo -K	9,1	68,1	4,6	1,8	38,6	1,7	58,2	2,4	1,0	0,1	24,8
Completo -S	7,8	66,6	3,7	1,9	39,8	1,4	46,9	1,8	1,2	0,2	21,4

Controle (solo natural); Controle+micro (solo natural + micronutrientes); Completo (solo + N,P,K,S + micronutrientes); Completo-N (solo + P,K,S + micronutrientes); Completo-P (solo + N,K,S + micronutrientes); Completo-K (solo + N,P,S + micronutrientes); Completo-S (solo + N,P,K + micronutrientes).

Tabela 3A: Resumo da análise de variância para crescimento em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, após 70 dias de cultivo em casa de vegetação.

F.V	G.L	Quadrado Médio							
		Altura	Diâmetro	N.F	C.R	MSPA	MSR	MST	R/PA
Calagem (C)	1	300,36**	313,51**	160,51*	3204,24**	332,18**	17,39**	501,60**	0,51E ^{-1**}
Tratamento (T)	6	41,81**	37,69**	62,25*	126,43**	28,58**	0,82**	37,56**	0,73E ^{-2**}
C x T	6	11,43**	12,43**	3,71*	193,33**	2,73**	0,32**	4,55**	0,59E ^{-2**}
Resíduo	56	1,24	1,08	1,46	33,26	0,61	0,43E ⁻¹	0,92	0,53E ⁻³
C.V. (%)		6,26	7,95	11,76	26,38	14,92	20,88	15,38	13,03

* ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. NF=Número de Folhas; CR=Comprimento da raiz; MSPA=Matéria seca da parte aérea; MSR=Matéria seca da raiz; MST=Matéria seca total; R/PA=Relação raiz parte aérea.

Tabela 4A: Resumo da análise de variância do conteúdo de macronutrientes em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, após 70 dias de cultivo em casa de vegetação.

F.V	G.L	Quadrado Médio					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Calagem (C)	1	439084,20**	41,26**	5473,67**	17146,52**	12489,54**	1,16 ^{ns}
Tratamento (T)	6	75814,34**	3,24**	23611,37**	528,81**	349,20**	22,66**
C x T	6	34642,85**	1,90**	2958,76**	191,13**	231,97**	8,77**
Resíduo	56	2674,08	0,34	125,97	23,07	15,77	0,94
C.V. (%)		33,11	14,53	23,53	20,94	18,15	28,70

^{ns} Não-significativo. ** Significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 5A: Resumo da análise de variância do conteúdo de micronutrientes em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), em função de diferentes condições nutricionais, na presença e ausência de calagem, após 70 dias de cultivo em casa de vegetação.

F.V	G.L	Quadrado Médio				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Calagem (C)	1	302182,10**	311,47**	123393,10**	501684,30**	70259,37**
Tratamento (T)	6	53143,41**	279,40**	152926,90**	139207,70**	73007,01**
C x T	6	8244,31**	45,20 ^{ns}	32142,54**	16916,15**	21820,09**
Resíduo	56	1055,55	34,91	7589,26	3297,14	1449,56
C.V. (%)		16,64	41,44	32,40	28,92	27,06

^{ns} Não-significativo. ** Significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.