

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL – PPG-AT

EFEITO DA CALAGEM E DA CORREÇÃO DOS TEORES DE  
Ca E Mg DO SOLO SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS  
DE ANGELIM-PEDRA (*Dinizia excelsa* Ducke), CEDRO  
(*Cedrela odorata* L.) E MOGNO (*Swietenia macrophylla* King)

JULIANA DOS SANTOS SENA

MANAUS  
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL – PPG-AT

JULIANA DOS SANTOS SENA

EFEITO DA CALAGEM E DA CORREÇÃO DOS TEORES DE  
Ca E Mg DO SOLO SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS  
DE ANGELIM-PEDRA (*Dinizia excelsa* Ducke), CEDRO  
(*Cedrela odorata* L.) E MOGNO (*Swietenia macrophylla* King)

Orientador: Dr. Carlos Alberto Franco Tucci

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia Tropical  
da Universidade Federal do Amazonas,  
como requisitos parcial para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia Tropical,  
área de concentração em Agroecologia.

MANAUS  
2008

Ficha Catalográfica  
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Sena, Juliana dos Santos

S474e Efeito da calagem e da correção dos teores de Ca e Mg do solo sobre o crescimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke), cedro (*Cedrela odorata* L.) e mogno (*Swietenia macrophylla* king) / Juliana dos Santos Sena. - Manaus: UFAM, 2008.

85 f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) — Universidade Federal do Amazonas, PPGAT, 2008.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci

1. Produção de mudas 2. Calagem dos solos 3. Mogno 4. Cedro 5. Angelim-pedra I. Tucci, Carlos Alberto Franco II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 631.53.03:582.752.3

JULIANA DOS SANTOS SENA

EFEITO DA CALAGEM E DA CORREÇÃO DOS TEORES DE Ca E Mg DO SOLO SOBRE O CRESCIMENTO DE MUDAS DE ANGELIM-PEDRA (*Dinizia excelsa* DUCKE), CEDRO (*Cedrela odorata* L.) E MOGNO (*Swietenia macrophylla* KING)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Agroecologia.

**Aprovado em 27 de março de 2008.**

### **BANCA EXAMINADORA**

Dr. Carlos Alberto Franco Tucci  
Professor e pesquisador do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UFAM  
Orientador e Presidente da banca examinadora

Dr. Hedinaldo Narciso Lima  
Professor e pesquisador do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UFAM  
Primeiro examinador

Dr. Francisco Adilson dos Santos Hara  
Professor e pesquisador do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UFAM  
Segundo examinador

Aos meus Pais

Maria Helena e Jeremias

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus;

Aos meus pais Maria Helena e Jeremias, pelo apoio e por me ajudarem a vencer mais essa etapa;

As minhas irmãs, Ellen e Edna, pelo incentivo;

Ao meu orientador Prof. Carlos Alberto Franco Tucci, pelos ensinamentos valiosos e apoio total no desenvolvimento deste trabalho;

À Universidade Federal do Amazonas pela formação profissional;

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia Tropical e seu corpo docente, pela oportunidade concedida e conhecimentos adquiridos;

A CAPES pela concessão da bolsa;

A FAPEAM pela ajuda financeira, através do Programa DCR, para a realização deste trabalho;

As minhas queridas amigas que me ajudaram bastante, principalmente na fase de montagem do experimento, Gracilene, Helena, Patrícia, Sheron, Iza, Aldilane e em especial a Gisele, pois sem sua ajuda não conseguiria ter feito tudo a tempo.

Aos professores Dr. Hedinaldo Lima, Dr. Wenceslau Teixeira, Dr. Niwton Leal, Dr. José Baldeón e Dr. Adilson Hara pela ajuda e contribuição.

Aos amigos que trabalham na área de solos, Wesley, Adélia, Miranda, Welington, Cira, Leocinira, que contribuíram para realização do meu trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Solos e Plantas – LASP/EMBRAPA, ao Vítor, do Laboratório de Análises de Solo da FCA/UFAM e a Albanira, do Laboratório de Sementes Florestais da FCA/UFAM.

Aos colegas do IBAMA, em especial a Érika, que ajudou bastante para que eu pudesse concluir este trabalho.

Aos demais colegas da turma de 2005, pela convivência e apoio.

À banca examinadora.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação.

MUITO OBRIGADO!!!

## RESUMO

A produção de mudas é uma das fases mais importantes do cultivo de espécies florestais. A obtenção de mudas de qualidade é fundamental para o desenvolvimento das espécies, sendo necessário obter o conhecimento das características das espécies na fase de viveiro, principalmente em relação a seus requerimentos nutricionais e suas respostas à correção do substrato. Com esse objetivo este trabalho avaliou o efeito da calagem com diferentes tipos de calcário e correção da deficiência de Ca e Mg, com fontes não corretivas da acidez do solo, sobre o desenvolvimento de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa*), cedro (*Cedrela odorata*) e mogno (*Swietenia macrophylla*). O estudo foi desenvolvido na casa de vegetação da FCA/UFAM, utilizando como substrato Latossolo Amarelo. Foram testados três tipos de calcário e três relações Ca:Mg (com produtos não corretivos da acidez). Os tratamentos testados foram: T<sub>0</sub> – testemunha, T<sub>1</sub> – calcário dolomítico (3:1), T<sub>2</sub> – calcário magnesiano (9:1), T<sub>3</sub> – calcário calcítico (15:1), T<sub>4</sub> – Ca e Mg na relação 3:1; T<sub>5</sub> – Ca e Mg na relação 9:1 e T<sub>6</sub> – Ca e Mg na relação 15:1. O delineamento experimental foi blocos casualizados com 5 repetições, num total de 35 parcelas. Cada parcela foi formada com 3 mudas, cultivadas em citropotes, com capacidade de 3,2 kg de substrato. Foi realizada adubação corretiva em doses equivalentes a 100, 250, 150 e 15 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e S, respectivamente e como fonte de micronutrientes foi utilizado Chelamix que é fonte de B (0,5%), Cu (0,2%), Fe (0,3%), Mn (0,2%), Mo (0,5%) e Zn (2,4%), solúveis em água. As características de crescimento avaliadas foram: altura, diâmetro, matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e conteúdos de nutrientes da parte aérea. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As mudas de angelim-pedra responderam as diferentes fontes de calcário e a adição de Ca e Mg, para todas as características de crescimento avaliadas, exceto para a relação raiz/parte aérea. Os melhores resultados foram obtidos utilizando a relação Ca:Mg de 9:1, independente da fonte utilizada. As mudas de cedro mostraram-se mais sensíveis à acidez do substrato de cultivo, respondendo somente a adição de calcário magnesiano para todas as características de crescimento avaliadas, com exceção da altura, que respondeu a adição de calcário calcítico e da relação raiz/parte aérea. As mudas de mogno mostraram efeito nos diferentes tratamentos apenas em relação a altura, sendo as mudas tratadas com calagem igual às mudas tratadas com Ca e Mg na relação 15:1. No entanto, a calagem afetou de forma positiva a absorção de K, Ca e Mg na parte aérea das mudas, mostrando a importância da calagem na obtenção de mudas de qualidade. De modo geral, observou-se que as três espécies estudadas apresentaram os melhores resultados quando cultivadas utilizando calcário magnesiano como corretivo da acidez e como fonte de Ca e Mg no substrato de cultivo.

## ABSTRACT

The production of quality seedlings, fundamental for the development of the species, is one of the most important stages in the cultivation of forest species. Therefore, it is necessary to acquire knowledge about the characteristics of the species during the nursery stage, especially regarding their nutritional requirements and their responses to substrate correction. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of liming with different types of limestone and of Ca and Mg deficiency correction, along with non-corrective sources of soil acidity, on the development of angelim-pedra (*Dinizia excelsa*), cedar (*Cedrela odorata*) and mahogany (*Swietenia macrophylla*) seedlings. This study was carried out in the FCA/UFAM greenhouse, using as a Yellow Latosol substrate. We tested three types of limestone and three Ca:Mg ratios (with non-corrective products of acidity). The treatments tested were: T0 - control, T1 - dolomitic limestone (3:1), T2 - magnesium limestone (9:1), T3 - calcitic limestone (15:1), T4 - Ca and Mg in 3:1 ratio; T5 - Ca and Mg in 9:1 ratio and T6 - Ca and Mg in 15:1 ratio. The experimental design was composed of randomized blocks with 5 repetitions, for a total of 35 plots. Each plot was formed by 3 seedlings, grown in citropotes, with a capacity of 3.2 kilograms of substrate. Corrective fertilizing was done in doses equivalent to 100, 250, 150 and 15 kg.ha<sup>-1</sup>, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and S, respectively, and Chelamix, a source of B (0,5%), Cu (0,2%), Fe (0,3%), Mn (0,2%), Mo (0,5%) and Zn (2,4%), dissolved in water, was used as a source of micronutrients. The growth characteristics evaluated were height, diameter, dry weight of the shoot (ADM), dry weight of the root, total dry weight, root/shoot ratio and shoot nutrient content. The means were compared using a Scott-Knott test with a 5% probability. The angelim-pedra seedlings responded to the different limestone sources and to Ca and Mg addition, for all the assessed growth characteristics, except for the root/shoot ratio. The best results were obtained when the seedlings developed under a Ca:Mg ratio of 9:1, regardless of source. The cedar seedlings were more sensitive to the acidity of the growing substrate, responding only to the addition of magnesium limestone for all the evaluated growth characteristics, with the exception of height, which responded to the addition of calcitic limestone, and of the root/shoot ratio. The mahogany seedlings showed the effect of the different treatments only regarding height, with the limestone treated seedlings being the same to the seedlings treated with the 15:1 Ca and Mg ratio. However, the liming had a positive effect on the absorption of K, Ca and Mg by the seedling shoots, showing the importance of liming for obtaining quality seedlings. Overall, the three species under study showed the best results when cultivated using magnesium limestone as a corrective for acidity and as a source of Ca and Mg in the growing substrate.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. OBJETIVOS .....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
3.1 Espécies estudadas .....	15
3.1.2 Angelim-pedra .....	15
3.1.2 Cedro.....	16
3.1.3 Mogno .....	17
3.2 Produção de mudas de espécies florestais .....	19
3.3 Efeitos da calagem sobre o crescimento e desenvolvimento de espécies florestais .....	20
3.4 Efeitos do Ca e do Mg sobre o desenvolvimento de espécies florestais .....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	28
4.1 Local de estudo .....	28
4.2 Coleta do substrato .....	28
4.3 Análise do substrato .....	28
4.4 Tratamentos .....	29
4.5 Fertilização do substrato .....	30
4.6 Coleta, armazenamento e tratamentos das sementes .....	32
4.7 Características avaliadas .....	34
4.8 Análises estatísticas .....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Análise química de substrato .....	37
5.2 Angelim-pedra .....	39
5.2.1 Crescimento das plantas .....	39
5.2.2 Absorção de nutrientes.....	43
5.2.3 Crescimento relativo.....	50
5.3 Cedro.....	52
5.3.1 Crescimento das plantas .....	52
5.3.2 Crescimento relativo.....	57
5.4 Mogno .....	60
5.4.1 Crescimento das plantas .....	60
5.4.2 Absorção de nutrientes.....	63
5.4.3 Crescimento relativo.....	70
6. CONCLUSÃO.....	73
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
APÊNDICES .....	82

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características químicas e físicas do solo utilizado como substrato para a produção de mudas de angelim-pedra, cedro e mogno, antes da aplicação dos tratamentos.....	37
<b>Tabela 2.</b> Características químicas do substrato após aplicação dos tratamentos: T <sub>0</sub> – testemunha; T <sub>1</sub> – calcário dolomítico; T <sub>2</sub> – calcário magnesiano; T <sub>3</sub> – calcário calcítico; T <sub>4</sub> – relação Ca:Mg de 3:1; T <sub>5</sub> – relação Ca:Mg de 9:1; e T <sub>6</sub> - relação Ca:Mg de 15:1.....	38
<b>Tabela 3.</b> Variáveis mensuráveis das mudas de angelim-pedra produzidas em casa de vegetação da FCA, por um período de 152 dias.....	40
<b>Tabela 4.</b> Conteúdo de macronutrientes na parte aérea das mudas de angelim-pedra.....	43
<b>Tabela 5.</b> Conteúdo de micronutrientes na parte aérea das mudas de angelim-pedra.....	48
<b>Tabela 6.</b> Variáveis mensuráveis das mudas de cedro produzidas em casa de vegetação da FCA, por um período de 127 dias.....	53
<b>Tabela 7.</b> Variáveis mensuráveis das mudas de mogno produzidas em casa de vegetação da FCA, por um período de 98 dias .....	61
<b>Tabela 8.</b> Conteúdo de macronutrientes na parte aérea das mudas de mogno.....	64
<b>Tabela 9.</b> Conteúdo de micronutrientes na parte aérea das mudas de mogno.....	69

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Citropotes plásticos com a capacidade de 3,2 kg de substrato.....31
- Figura 2.** (a) Reserva Florestal Adolpho Ducke e (b) Universidade Federal do Amazonas.....33
- Figura 3.** (a) plântulas de mogno, (b) plântulas de cedro e (c) plântulas de angelim-pedra.....34
- Figura 4.** Mudanças de angelim-pedra produzidas com diferentes calcários e doses de Ca e Mg. T<sub>0</sub> – testemunha; T<sub>1</sub> – calcário dolomítico; T<sub>2</sub> – calcário magnesiano; T<sub>3</sub> – calcário calcítico; T<sub>4</sub> – relação Ca:Mg de 3:1; T<sub>5</sub> – relação Ca:Mg de 9:1; e T<sub>6</sub> - relação Ca:Mg de 15:1.....39
- Figura 5.** Crescimento relativo em altura e diâmetro de mudas de angelim-pedra produzidas em casa de vegetação por um período de 152 dias.....50
- Figura 6.** Crescimento relativo em matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de mudas de angelim-pedra produzidas em casa de vegetação por um período de 152 dias.....51
- Figura 7.** Mudanças de cedro produzidas com diferentes calcários e doses de Ca e Mg. T<sub>0</sub> – testemunha; T<sub>1</sub> – calcário dolomítico; T<sub>2</sub> – calcário magnesiano; T<sub>3</sub> – calcário calcítico; T<sub>4</sub> – relação Ca:Mg de 3:1; T<sub>5</sub> – relação Ca:Mg de 9:1; e T<sub>6</sub> - relação Ca:Mg de 5:1.....53
- Figura 8.** Crescimento relativo em altura e diâmetro de mudas de cedro produzidas em casa de vegetação por um período de 127 dias.....58
- Figura 9.** Crescimento relativo em matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de mudas de cedro produzidas em casa de vegetação por um período de 127 dias.....59
- Figura 10.** Mudanças de mogno produzidas com diferentes calcários e doses de Ca e Mg. T<sub>0</sub> – testemunha; T<sub>1</sub> – calcário dolomítico; T<sub>2</sub> – calcário magnesiano; T<sub>3</sub> – calcário calcítico; T<sub>4</sub> – relação Ca:Mg de 3:1; T<sub>5</sub> – relação Ca:Mg de 9:1; e T<sub>6</sub> - relação Ca:Mg de 15:1.....60
- Figura 11.** Crescimento relativo em altura e diâmetro de mudas de mogno produzidas em casa de vegetação por um período de 98 dias.....70
- Figura 12.** Crescimento relativo em matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de mudas de mogno produzidas em casa de vegetação por um período de 98 dias.....71

## 1. INTRODUÇÃO

A região amazônica possui grandes áreas desmatadas que foram abertas para implantação de pastagens, porém a baixa fertilidade dos solos ocasiona a formação de pastagens de baixa produtividade que logo são abandonadas, fazendo com que surjam grandes áreas recobertas por vegetação secundária (UHL *et al.*, 1988).

Uma das alternativas viáveis para diminuir as pressões de desmatamento sobre as áreas de floresta primária é a utilização de áreas ocupadas por vegetação secundária para a instalação de atividades silviculturais (GASCON e MOUTINHO, 1998). Onde os pequenos agricultores poderão realizar plantios de enriquecimento, com espécies florestais de interesse econômico ou implantar sistemas agroflorestais (FEARNSIDE, 1998).

No entanto, para a implementação dessas políticas de ocupação na Amazônia, faz-se necessário que existam subsídios suficientes para a implantação de tais projetos, como a disponibilização de recursos materiais e financeiros, apoio técnico e logístico, treinamento e capacitação dos envolvidos nos projetos, entre outros. Incluso nesses itens, está a necessidade de obtenção de mudas de espécies florestais, que devem apresentar boa qualidade, para o maior sucesso do estabelecimento das espécies no campo.

Programas de revegetação visando a recuperação de áreas degradadas e proteção de mananciais de água também necessitam de mudas de espécies florestais, pois seu principal objetivo é realizar plantios nas áreas com espécies florestais nativas, tendo em vista restabelecer condições ecológicas semelhantes às originalmente existentes (FURTINI NETO *et al.*, 1999).

Na produção de mudas, a qualidade do substrato é fundamental para o desenvolvimento das plantas. A terra de subsolo, geralmente, isenta de sementes de plantas indesejáveis e microorganismos patógenos é o material mais indicado para a composição do substrato. Todavia, o material de subsolo, em geral, é ácido e contém níveis baixos de nutrientes (PAIVA e GOMES, 2000).

A acidez do solo e a deficiência de nutrientes podem ser corrigidas por meio da calagem e da fertilização mineral. A calagem é praticada para elevar o pH do solo para níveis compatíveis com o desenvolvimento conveniente das mudas. Em geral, no setor florestal, o pH de um substrato deve situar-se acima de 4,5 para não tornar alguns dos nutrientes indisponíveis (CARNEIRO, 1995).

A prática da calagem traz vários benefícios, sendo uma de suas funções a disponibilização de cálcio e magnésio para o solo. Essa característica pode influenciar no equilíbrio nutricional do solo e da planta, além de amenizar os problemas relacionados à toxidez de alumínio.

A importância das relações entre os cátions trocáveis, como Ca e Mg no solo e a produtividade das culturas tem sido motivo de controvérsias entre vários autores brasileiros (GUAGGIO, 2000; VELOSO et al., 2001; VENTURINI et al., 2000; GOMES et al., 2002), que discutem a importância dessas relações em termos de equilíbrio de nutrientes no solo para o bom desenvolvimento das plantas.

Segundo Lima et al. (1981) apud Venturini et al. (2000), se o equilíbrio Ca:Mg não é adequado, há condições para a deficiência induzida de um dos nutrientes, como consequência de antagonismos na absorção. No entanto, Guaggio (2000) afirma que as relações entre os cátions trocáveis, como o Ca e Mg do solo são pouco importantes para a produtividade agrícola, verificando que a relação Ca:Mg

somente afetará o crescimento e a produção das culturas quando houver o dobro de Mg em relação a quantidade de Ca.

A produção de mudas é uma das fases mais importantes para o cultivo de espécies florestais, por isso, a obtenção de mudas de boa qualidade é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das mesmas, sendo importante, conhecer as características das espécies na fase de viveiro, principalmente em relação a seus requerimentos nutricionais e suas respostas à correção do substrato. Desse modo, faz-se necessário estudos que visem conhecer as respostas das espécies, na fase de muda, quando é realizada a aplicação de calcário como corretivo do substrato, assim como, identificar os teores de Ca e Mg apropriados para o melhor desenvolvimento das espécies.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo geral

Avaliar o efeito da calagem com diferentes tipos de calcário e da correção dos teores de Ca e Mg como nutrientes no desenvolvimento de mudas de angelim-pedra (*D. excelsa*), cedro (*C. odorata*) e mogno (*S. macrophylla*).

### Objetivos específicos

- Comparar o efeito de fontes de cálcio e magnésio sobre as características químicas do solo, absorção de nutrientes e sobre o desenvolvimento das espécies estudadas.
- Verificar qual a melhor relação de Ca:Mg das diferentes fontes para as espécies.
- Comparar os efeitos da calagem e de fontes não corretivas de acidez no desenvolvimento das mudas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Espécies estudadas

##### 3.1.1 Angelim-pedra

A espécie *Dinizia excelsa* Ducke é conhecida vulgarmente como angelim-pedra, angelim-pedra-verdadeiro, angelim-vermelho, angelim-falso, faveira-dura, faveira-ferro, faveira, angelim e faveiro-do-grande. Pertence à família Leguminosae-Mimosoideae, sendo considerada uma das maiores árvores da Floresta Amazônica (LORENZI, 1992).

É uma essência florestal de ocorrência generalizada na Região Amazônica, principalmente nos estados do Acre, Rondônia, Amazonas, Pará, Roraima e sul da Guiana Inglesa (LOUREIRO et al., 2000). A árvore pode atingir até 60 m de altura e diâmetro de 1,80 m (LORENZI, 1992) e ocorre naturalmente em solos argilosos (LOUREIRO et al., 1979).

É uma planta semidecídua, mesófito, característica de mata alta, sendo a dispersão de suas sementes realizada pelo vento a longas distâncias (LORENZI, 1992), em geral floresce nos meses de agosto a setembro, frutifica de dezembro a janeiro, fornece em média 2.000 sementes por kg, com tempo de germinação das mesmas variando de 8 a 15 dias, a porcentagem de germinação é de 58 a 60%, sendo a regeneração natural tida como muito boa, porém o crescimento é muito lento (LOUREIRO et al., 2000). Apresenta incremento médio anual de 8,68 m<sup>3</sup>/ha/ano, que representa um comportamento silvicultural muito bom (YARED et al., 1988 apud OLIVEIRA et al, 1998).

As mudas de angelim-pedra desenvolvem-se melhor quando produzidas sob um sombreamento de 30 ou 50%, além de apresentarem maiores valores de peso de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular (Varela e Santos, 1992).

Segundo Oliveira et al. (1998) a adubação fosfatada influencia o crescimento das mudas desta espécie, ao contrário do que se verificou com a adubação nitrogenada. Sua madeira, intensamente explorada, apresenta densidade alta e é utilizada na construção de postes, pontes, construção civil e naval, chapas decorativas, dormentes, macetas, marcenaria, carpintaria, cepos de bigornas e açougue, calçamento de ruas e implementos agrícolas, sendo ainda resistente ao ataque de fungos e térmitas (LOUREIRO et al., 2000).

### 3.1.2 Cedro

A espécie *Cedrela odorata* L. pertence à família Meliaceae e é conhecida popularmente como cedro, cedro do brejo, cedro rosa, cedro pardo, cedro vermelho, acaju, cedro branco e cedro cheiroso (LORENZI, 1998), pode atingir altura de 30-35 m e diâmetro de 90 a 150 cm, apresenta fuste retilíneo, podendo apresentar sapopemas na base. Ocorre em toda Amazônia brasileira e, ainda, Bolívia e Peru. Habita as matas de terra-firme de solos argilosos (LOUREIRO et al., 2000), com boa drenagem e suficiente aeração do solo, não tolerando umidade estagnada e nem inundações (LAMPRECHT, 1990).

É uma espécie decídua, heliófita ou de luz difusa, seletiva higrófila, característica das matas primárias e secundárias altas de terra firme. Floresce durante os meses de dezembro a fevereiro e os frutos amadurecem a partir de maio, com a planta totalmente sem folhas (LORENZI, 1998).

É uma espécie pioneira de longa vida, pertencendo ao estrato superior da floresta, regenera-se abundantemente tanto em clareiras da floresta, como em áreas agrícolas abandonadas ou sob leve sombreamento em sítios adequados (LAMPRECHT, 1990).

Os frutos fornecem de 18.500 a 40.000 sementes/kg e apresentam índice de germinação de 75 a 86%, sendo viáveis até seis meses após a maturação dos frutos, com germinação ocorrendo de 5 a 20 dias após a semeadura e o transporte para sacos plásticos pode ser feito com três meses, recomendando-se plantio em plena abertura e espaçamento de 5x5 m ou 2x2 m (LOUREIRO et al., 2000).

A madeira apresenta densidade baixa, de boa resistência mecânica e moderadamente resistente ao ataque de pragas (LORENZI, 1998), é empregada na fabricação de caixotaria, marcenaria, contraplacados, compensado, esquadrias, obras internas, carpintaria, caixas de charutos, embarcações leves, braço de violão, violino, viola, etc. Sua madeira é tida como sucedânea do mogno de alto valor comercial e larga utilização (LOUREIRO et al., 2000).

### 3.1.3 Mogno

O mogno (*Swietenia macrophylla* King) é também conhecido como aguano, araputanga, cedro-i, mogno-brasileiro (LOUREIRO et al, 1979; SUDAM, 1979 LORENZI, 1992), pertence a família Meliaceae, predominantemente tropical, possuindo cerca de 540 espécies, distribuída em 120 gêneros, dos quais oito são nativos das Américas (RIBEIRO et al., 1999).

A área de ocorrência é estimada em cerca de 1,5 milhões de km<sup>2</sup>, destes cerca de 22,5% estão em terras indígenas e apenas um terço em áreas de reserva natural remanescentes exploráveis (BARROS et al., 1993). Se estende desde o México,

passando pela costa atlântica da América Central até um amplo arco do sul da Amazônia venezuelana, equatoriana, colombiana, peruana, boliviana e brasileira (VERÍSSIMO e GROGAM, 1998).

É uma espécie semidecídua ou decídua, heliófita, característica de floresta primária de terra-firme, sobretudo em florestas sob solo argiloso. É uma essência florestal de grande valor comercial, apresenta folhagem densa, fortemente verde, persistente e glabra (LOUREIRO e SILVA, 1968). Apresenta altura de 25 a 30 m e diâmetro de 50 a 80 cm. Floresce durante os meses de novembro a janeiro e os frutos iniciam a maturação a partir do mês de setembro e fornece em média 2.300 sementes por kg (LORENZI, 1992).

Lamprecht (1990) afirma que o crescimento do mogno em condições favoráveis é muito rápido. A viabilidade de sementes na época da dispersão é geralmente maior que 90%. As sementes não têm mecanismo de dormência a longo prazo, mas podem sobreviver quatro a seis meses no campo durante o período seco (GULLISON *et al.*, 1996) podendo ultrapassar um ano se armazenadas em câmara seca (30% U.R.) a 12 °C, em média, as sementes germinam de 15 a 20 dias após a semeadura (LORENZI, 1992).

A madeira do mogno é valorizada por sua cor atrativa, durabilidade, estabilidade dimensional, fácil manuseio e utilização pela indústria tanto em mobiliários finos, painéis, objetos de adorno, régua de cálculo, laminados, embarcações leves (RIZZINI, 1990), como na construção civil.

É uma das espécies mais exploradas no País estando, portanto ameaçada de extinção por não haver perspectivas de renovação dos estoques na mesma proporção da exploração do recurso. Em função disso, o governo federal instituiu vários decretos para proibir temporariamente a extração dessa espécie (BRASIL,

2003 a) até somente através do decreto 4.722 (BRASIL, 2003 b) que a extração foi regulamentada, desde que sob forma de manejo sustentável.

### **3.2 Produção de mudas de espécies florestais**

A produção de mudas florestais de boa qualidade é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de plantios florestais. O entendimento da nutrição das mudas e o uso de substratos de cultivo apropriados são fatores essenciais para a definição de uma adequada recomendação de fertilização (GONÇALVES et al., 2000).

No entanto, em função da grande variabilidade genética observada nas florestas e, face, a heterogeneidade dos solos das regiões tropicais, são ainda incipientes os dados disponíveis sobre o comportamento da maioria das espécies de interesse econômico, principalmente no que se diz respeito aos requerimentos nutricionais e sua capacidade de adaptação a condições ambientais distintas (FURTINI NETO et al., 1999).

Uma das principais causas da redução das taxas de incremento/hectare/ano em povoamentos florestais, no caso específico para as florestas plantadas, está no baixo padrão de qualidade das mudas, onde o atraso no desenvolvimento das mesmas implica na redução do volume de madeira (GONÇALVES et al., 2000). Pois mudas de boa qualidade resistem melhor às condições adversas encontradas no campo após o plantio (GOMES et al., 1991).

De acordo com Carneiro (1995) para a avaliação da qualidade das mudas, deve-se levar em consideração os seguintes parâmetros morfológicos: altura, diâmetro do colo, manutenção da parte aérea e desenvolvimento do sistema

radicular. Tais características são de fácil avaliação e podem fornecer boas informações.

A produção de mudas de qualidade, que resistam às condições adversas do meio ambiente e o menor tempo de formação estão entre os fatores que determinam o sucesso de um reflorestamento, uns dos mais importantes, senão um dos fatores fundamentais. Neste sentido, observa-se que aumentos expressivos no crescimento e qualidade das mudas têm sido alcançados pela correta adubação do substrato de formação. Assim, tendo em vista que na formação de mudas, normalmente são utilizados solos e subsolos pobres em nutrientes que não atendem adequadamente às exigências das espécies, o uso de fertilizantes químicos ou orgânicos de forma balanceada na confecção de substratos para a formação de mudas torna-se imprescindível para a atividade (MARQUES e YARED, 1984; COSTA FILHO, 1992; BARBOSA, 1994), além da correção da acidez do substrato com aplicação de calagem (ULHÔA, 1997; BARROS, 2001; SILVA, 2004; SOUZA, 2006).

### **3.3 Efeitos da calagem sobre o crescimento e desenvolvimento de espécies florestais**

A acidez do solo é um problema comum em quase todas as regiões do Brasil e tem provocado alguns problemas, tais como, tornar alguns nutrientes insolúveis (não se dissolvem em água) e outros podem apresentar-se em formas tóxicas, a vida microbiana pode ser retardada, gerando grandes prejuízos para as plantas (GALETI, 1982).

A tolerância das plantas a acidez do solo está ligada a fatores que dependem de sua carga genética (MALAVOLTA, 1985), plantas que preferem solos ácidos, ou pelo menos conseguem crescer ali, excretam substâncias alcalinas, enquanto as

plantas que crescem em pH pouco ácido a neutro excretam ácidos, para poderem mobilizar nutrientes que nesse pH são pouco móveis. As plantas que preferem pH muito baixo são sensíveis à falta de micronutrientes, especialmente de manganês, ferro e zinco (PRIMAVESI, 1990).

A acidez do solo por influir nas características físicas, químicas e biológicas do mesmo, é uma das principais barreiras para a produtividade da maioria das culturas, que se agrava ainda mais com a presença de alumínio trocável. Dessa forma, a calagem assume um papel imprescindível na neutralização (correção) da acidez e liberação dos nutrientes para as plantas (OZAKI, 1991).

A calagem é o processo que consiste em incorporar corretivo ao solo para neutralizar a acidez do mesmo, isto é, para que o pH atinja o nível ideal para o desenvolvimento normal das plantas. Essa prática também reduz o teor de alumínio e do manganês tóxico, já que este pode encontra-se freqüentemente associado ao alumínio (RAIJ, 1991; OZAKI, 1991).

A calagem combinada com a fertilização mineral dos solos pode elevar a capacidade produtiva de áreas agrícolas e florestais (ALFAIA et al., 1988; ALFAIA e OLIVEIRA, 1997), suprimindo as deficiências minerais e ou repondo parte dos nutrientes que são exportados do sistema por lixiviação ou com a biomassa extraída (BARROS, 2001).

Os materiais que podem ser utilizados na correção da acidez do solo são aqueles que contêm como constituinte neutralizante ou princípio ativo, óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e ou de magnésio. O material corretivo natural mais comum é o calcário, seu constituinte neutralizante é o carbonato de cálcio, normalmente associado ao carbonato de magnésio (ALCARDE, 1985). Em função do teor de MgO presente nos calcários estes são classificados em: altamente

calcínicos, quando o teor de  $MgCO_3$  é baixo, não excedendo 2-5% ou menor que 5% de  $MgO$ ; magnesianos, quando o teor de  $MgCO_3$  é de 5 a 20% ou 5 a 12% de  $MgO$ ; dolomítico, quando o teor de  $MgCO_3$  é maior do que 20% ou 12% de  $MgO$  (BOYNTON, 1966 *apud* ALCARDE, 1985; ODY, 1997).

De acordo com Ozaki (1991), a primeira reação que ocorre no solo quando é feita a calagem, é a hidrólise que vai até o limite da solubilidade do material:  $CaCO_3 + H_2O \leftrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^-$ . A hidrólise dá continuidade quando os ânions formados reagem com os ácidos do solo. O ácido carbônico formado dissocia-se ficando em equilíbrio com o  $CO_2$  do ar do solo:  $H_2CO_3 \leftrightarrow H_2O + CO_2 \uparrow$ . O alumínio ao reagir com os  $OH^-$  vai constituir o hidróxido de alumínio, que é bastante insolúvel, precipitando, desse modo, o alumínio que é tóxico as plantas.

As práticas de calagem além de corrigirem a acidez do solo, trazem variações nos aspectos físicos, químicos e biológicos como: a diminuição da concentração de elementos que podem tornar-se tóxicos, como Al, Mn e Fe em substratos ácidos; fornecer Ca e Mg; aumentar a disponibilidade de N, S, P e outros nutrientes; pode melhorar as propriedades físicas do substrato, facilitando o arejamento e circulação da água; auxiliar as bactérias que atuam na decomposição da matéria orgânica e fixação de N; interagir com a adubação mineral, aumentando a capacidade de troca catiônica (MALAVOLTA, 1985; RAIJ, 1991).

A calagem bem feita aumenta a atividade microbiana, acelera a decomposição da matéria orgânica, facilita a ação dos fertilizantes, favorece a germinação e melhora as propriedades físicas e químicas do solo. Indiretamente, pode tornar o solo menos compacto, portanto, mais arejado e conseqüentemente mais poroso, neutraliza a acidez do solo, proporcionando condições favoráveis ao fósforo, para que este possa tornar-se disponível as plantas, aumenta o cálcio e o magnésio,

regulariza as funções de disponibilidade dos micronutrientes como o cobre, o zinco, entre outros, dá condições favoráveis aos microorganismos, como as bactérias que fixam o nitrogênio do ar, proporciona o desenvolvimento das plantas (OZAKI, 1991; AZAMBUJA, 1996).

A reduzida disponibilidade de fósforo pode ser responsável pelo inadequado desenvolvimento das plantas em solos ácidos das regiões tropicais. As práticas de calagem têm sido apontadas como forma de aumentar a disponibilidade de fósforo nesses solos, além de diminuir a atividade do alumínio (FURTINI NETO et al., 1999).

Os solos ácidos têm normalmente íons de  $H^+$ , mas não são diretamente tóxicos às culturas. Contudo, o pH que é a medida da concentração do  $H^+$ , está relacionado ao rendimento dos cultivos, pois quando se faz a calagem, o pH dos solos se eleva até atingir níveis mais adequados ao desenvolvimento normal das plantas, porque diminui ou elimina a solubilidade de elementos tóxicos, aumenta a disponibilidade do fósforo, aumenta a quantidade de cálcio, melhora e aumenta a vida microbiana do solo. Esses fatores estão intimamente ligados, e por isso quando é feita a calagem cada um sofrerá alteração que pode ser grande ou pequena, segundo as características de cada tipo de solo (OZAKI, 1991).

Vários autores estudaram as respostas das espécies florestais à correção do substrato de formação na produção de mudas, verificando efeitos satisfatórios da aplicação da calagem nas características das mudas (ULHÔA, 1997; FURTINI NETO et al., 1999a; FURTINI NETO et al., 1999b; BARROS, 2001; SILVA, 2004; SOUZA, 2006; LIBARDONI et al., 2007; SILVA et al., 2007).

Furtini Neto et al. (1999 a), estudando a acidez do solo e o crescimento inicial de mudas de cássia-verrugosa (*Senna multijuga*), ipê mirim (*Stenolobium atans*), angico-do-cerrado (*Anadenanthera falcata*) e cedro (*Cedrela fissilis*) constataram

que a maior saturação por alumínio limitou sensivelmente o crescimento das mudas, porém com a aplicação da calagem, o crescimento das mudas em altura, diâmetro e produção de biomassa foi significativo em todas as espécies estudadas.

Furtini Neto et al. (1999 b), avaliaram o efeito da calagem no crescimento de mudas de quinze espécies florestais, pertencentes aos grupos ecológicos de plantas pioneiras, secundárias e clímax. Em geral, as espécies pioneiras e secundárias apresentaram as maiores respostas à calagem quanto à produção de matéria seca total, enquanto que as espécies clímax não foram influenciadas pelos tratamentos de solo. A classificação das quinze espécies em relação à tolerância à acidez do solo variou de altamente sensíveis a altamente tolerantes. Em geral, as espécies clímax foram menos eficientes do que as pioneiras e secundárias em utilizar o Ca e o Mg.

Barros (2001) estudando calagem e adubação para mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*), observou que a calagem associada a adubação fosfatada corretiva mais a adubação com NPK promoveram os menores teores de alumínio trocável e os maiores teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio no solo. Esses teores de nutrientes no solo ocasionaram maiores teores de nutrientes nas plantas, os quais proporcionaram maior taxa de crescimento. A mesma autora observou respostas positivas nas características altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, matéria seca da raiz, caule, folha e total. Essas respostas também variam de acordo com a idade das mudas.

Silva (2004) estudando o efeito da calagem na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) e sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn), verificou que a calagem promoveu o crescimento das mudas em relação a altura, diâmetro do colo, matéria seca da parte aérea, raiz e total, relação parte aérea/raiz (PA/R),

exceto em altura para as mudas de mogno e da relação parte aérea/raiz para as mudas de sumaúma. Concluindo que a dose mais adequada para a produção de mudas de mogno e sumaúma é de  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$  ou  $0,250 \text{ kg}$  de corretivo por  $1000 \text{ kg}$  de substrato.

### **3.4 Efeitos do Ca e do Mg sobre o desenvolvimento de espécies florestais**

As perdas de cálcio e magnésio dos solos por lixiviação constituem a principal causa da acidificação dos solos, em geral, solos com baixos teores de cálcio são muito ácidos. De acordo com RAIJ (1991), a acidez dos solos quase sempre limita muito mais o crescimento das plantas que a falta de cálcio e isso tem dificultado o isolamento do efeito do cálcio, como nutriente, da ação de neutralização da acidez com produtos que contém cálcio, como o caso dos calcários.

Porém, Pearson (1975) apud Malavolta (1981), afirmou que nos solos ácidos das regiões tropicais o fornecimento de cálcio e magnésio poderia ser o efeito mais importante da calagem, o que explicaria respostas grandes devido a aplicação de quantidades pequenas de calcário.

Furtini Neto et al. (1999a), estudando o crescimento de espécies florestais em solos ácidos, verificaram que o fornecimento de cálcio ou de magnésio favoreceu o crescimento da maioria das espécies, mostrando efeito comparável ao da calagem. Contudo, o efeito observado nas plantas pelo suprimento de Ca ou Mg pode diferir em função de características intrínsecas às espécies e/ou do tipo de solo.

As raízes da maior parte das plantas cultivadas não se desenvolvem bem em solos ácidos, por causa de duas ações principais: excesso de alumínio ou deficiência de cálcio. São bastante comuns esses dois fatores ocorrerem associados, principalmente em solos de baixa fertilidade (RAIJ, 1991).

A deficiência de cálcio afeta muito o crescimento do caule, ramos, folhas novas e extremidades das raízes, retardando ou mesmo paralisando o seu crescimento. As raízes apresentam-se curtas, atrofiadas, de cor escura e de extremidades mortas. Já os sintomas da deficiência de magnésio aparecem, inicialmente, nas folhas mais velhas, onde a deficiência se manifesta primeiramente nas margens ou como uma clorose internerval, que mais tarde pode estender-se para margens e ápice (ANDA, 1971; SALISBURY e ROSS, 1992).

Apesar da importância do uso da calagem como prática de manejo do solo, é necessário considerar a relação Ca:Mg do corretivo. A aplicação de corretivos que fornecem relações inadequadas de cálcio e magnésio resulta em desbalanços nutricionais, podendo induzir deficiências nas plantas e comprometer o crescimento das mesmas (ROSOLEM et al., 1984; VELOSO et al., 2001).

Muitos são os estudos caracterizando a importância do equilíbrio entre os nutrientes do meio para a nutrição das plantas, constatando muitas vezes, efeito antagônico entre os mesmos. Assim, desequilíbrio entre suas concentrações provocam influências recíprocas na disponibilidade, absorção e translocação na planta. A interação de K com Ca, Mg e com a maioria dos macro e micronutrientes é bastante conhecida. Essas interações podem restringir ou aumentar a absorção, transporte e utilização dos nutrientes (FERNANDES e CARVALHO, 2001; LIMA et al., 2005)

A relação Ca:Mg do corretivo, em alguns casos, é mais importante que a quantidade de corretivo a ser aplicada ao solo. A relação ideal sofre alterações de acordo como o solo e com a espécie a ser plantada, sendo algumas espécies mais exigentes em relações estreitas e outras tolerando corretivos com relações Ca:Mg mais amplas (CFSEMG, 1999).

Segundo Raij (1991), o aumento da relação Ca:Mg prejudica a absorção do Mg, isto é, o excesso de um prejudica a absorção do outro e, que, quantidades mais elevadas de Ca e Mg podem diminuir a quantidade de K trocável para certas culturas e, dessa maneira, solos com CTC mais elevada poderão necessitar de maiores aplicações de K.

Venturini et al. (2000), quando estudaram o efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), verificaram que, as menores concentrações de K nas folhas das plantas foram observadas nas mudas referentes às relações Ca:Mg 1:1 e 2:1.

Mudas com adequado teor nutricional pressupõem adequado desenvolvimento e boa formação de sistema radicular, com melhor capacidade de adaptação ao novo local, após o plantio. O substrato quando adubado de forma inadequada pode proporcionar condições para qualidade inferior das mudas, predispondo-as à doenças (CARNEIRO, 1995).

Assim, faz-se necessário estudos que visem conhecer as respostas das espécies, na fase de muda, quando a aplicação de calcário é realizada como corretivo do substrato, bem como, identificar os teores de Ca e Mg apropriados para o melhor desenvolvimento das espécies.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local de estudo

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS) da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). O estudo foi realizado no período de fevereiro de 2007 a janeiro de 2008.

### 4.2 Coleta do substrato

O material utilizado como substrato foi coletado na profundidade de 20-40 cm de um Latossolo Amarelo, em uma área próxima à casa de vegetação do DEAS/FCA, no mini-campus da UFAM.

Após a coleta, o solo foi destorroado e colocado para secar ao ar livre e depois foi passado em uma peneira com malha de 4 mm de abertura. Após esses procedimentos, o substrato foi armazenado em sacos plásticos com capacidade de 50 kg até o momento de sua utilização.

### 4.3 Análise do substrato

Uma amostra composta do substrato foi retirada para a realização de análises químicas e físicas, que foram realizadas no Laboratório de Fertilidade de Solo e Análise de Planta da FCA/UFAM, de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Nas análises químicas do solo foram obtidos os valores de macronutrientes (P, K, Ca e Mg), pH (H<sub>2</sub>O e KCl), matéria orgânica (MO), acidez trocável e potencial. Nas análises físicas foram obtidos os valores de argila total, areia e silte. A partir dos resultados foram calculados os valores de soma por bases

(S), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) a pH 7,0 (T) e a CTC efetiva (t), saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m) (Tabela 1).

#### 4.4 Tratamentos

Os tratamentos consistiram na utilização de três tipos de calcário, três compostos químicos contendo Ca e Mg, provenientes de fontes não corretivas da acidez e uma testemunha.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, constituído por sete tratamentos com cinco repetições, num total de 35 parcelas para cada espécie, sendo cultivadas três mudas por parcela, perfazendo um total de 105 mudas de cada espécie.

Os tratamentos estudados foram:

T<sub>0</sub>: substrato sem adição de calagem ou Ca e Mg (testemunha);

T<sub>1</sub>: substrato corrigido com calcário dolomítico, apresentando uma relação Ca:Mg de 3:1;

T<sub>2</sub>: substrato corrigido com calcário magnesiano, apresentando uma relação Ca:Mg de 9:1;

T<sub>3</sub>: substrato corrigido com calcário calcítico, apresentando uma relação Ca:Mg de 15:1;

T<sub>4</sub>: aplicação de Ca e Mg na relação Ca:Mg de 3:1;

T<sub>5</sub>: aplicação de Ca e Mg na relação Ca:Mg de 9:1; e

T<sub>6</sub>: aplicação de Ca e Mg na relação Ca:Mg de 15:1.

A calagem, nos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, foi realizada utilizando CaCO<sub>3</sub> (carbonato de cálcio) e (MgCO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Mg(OH)<sub>2</sub>5H<sub>2</sub>O (carbonato de magnésio), em

proporções equivalentes as relações Ca e Mg dos diferentes tipos de corretivos (calcário dolomítico, calcário magnesiano e calcário calcítico).

As fontes de cálcio e magnésio não corretivas da acidez, utilizadas nos tratamentos T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e T<sub>6</sub>, foram CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O (cloreto de cálcio) e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O (cloreto de magnésio), aplicadas em proporções equivalentes as relações Ca e Mg testadas nos diferentes tipos de corretivos (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>). Os produtos utilizados neste estudo foram compostos químicos P.A. e independente da fonte, a quantidade de corretivo aplicada ao substrato correspondeu a uma dose equivalente a 2 t ha<sup>-1</sup>, com PRNT igual a 100%. Essa dose foi escolhida com objetivo de alterar o pH do substrato de cultivo, nos tratamentos referentes à calagem.

Após a formulação dos calcários e das fontes de Ca e Mg, o substrato foi colocado em 105 vasos plásticos com a capacidade de 12 kg. Os tratamentos foram aplicados individualmente em cada vaso, em seguida o substrato foi homogeneizado utilizando-se uma betoneira, tomando o cuidado para evitar contaminação entre os diferentes tratamentos.

Após a homogeneização, o substrato foi colocado novamente nos vasos, que foram forrados com sacos plásticos pretos. O substrato foi umedecido e os sacos plásticos foram amarrados para a reação dos produtos com o solo durante um período de 30 dias. A umidade dos vasos foi mantida a 30% da capacidade de campo pelo método da pesagem.

#### **4.5 Fertilização do substrato**

Após o período de incubação, o substrato foi colocado para secar ao ar livre, em seguida foi destorroado e peneirado, utilizando-se uma peneira com malha de 0,4 mm de abertura. Após isso, houve a fertilização do substrato com a utilização de

ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), cloreto de potássio (KCl) e sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), em doses equivalentes a 250, 150 e 15 kg/ha de  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  e S. A adubação corretiva realizada no substrato foi escolhida levando-se em consideração as características do substrato e o conhecimento que se tem a respeito do requerimento nutricional de algumas espécies florestais (OLIVEIRA et al., 1998; SILVA, 2004; SILVA et al. 2007, TUCCI et al., 2007).

As fontes de P, K e S foram aplicadas na forma de solução, sendo inicialmente misturadas ao substrato manualmente. Após a secagem da solução, o substrato foi peneirado e em seguida homogeneizado utilizando-se uma betoneira, após isso, o substrato foi transferido para os citropotes (Figura 1) com capacidade para 3,2 kg, devidamente identificados com os respectivos tratamentos ao qual as espécies foram submetidas.



**Figura 1.** Citropotes plásticos com a capacidade de 3,2 kg de substrato.

Foram realizadas outras análises químicas do substrato, para verificar as mudanças causadas pelos diferentes tratamentos, utilizando-se a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Foram verificados os valores do pH do substrato,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , P, K,  $H+Al$ , soma de bases (S), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), CTC efetiva (t) e CTC total (T) (Tabela 2).

A fonte de N utilizada foi a uréia ( $\text{CO}(\text{NH}_3)_2$ ), aplicada em cobertura. A dose usada foi equivalente a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, aplicada na forma de solução em três parcelas, 40, 30 e 30 kg de N/ha. As doses foram aplicadas aos 15, 45 e 60 dias após a repicagem das plântulas, respectivamente. Como fonte de micronutrientes foi utilizado um fertilizante à base de micronutrientes quelatizados chamado Chelamix®, cuja composição química é de 0,5% de B, 0,2% de Cu, 0,3% de Fe, 0,2% de Mn, 0,5% de Mo e 2,4% de Zn.

O produto foi aplicado na forma de solução (3 mL de Chelamix  $\text{L}^{-1}$  de água destilada), sendo aplicado 50 mL de solução/vaso a cada 15 dias após a repicagem em todos os ensaios, de acordo com Silva Junior (2006). Isso correspondeu à aplicação de 0,66 ppm de B, 0,26 ppm de Cu, 0,39 ppm de Fe, 0,26 ppm de Mn, 0,66 ppm de Mo e 3,15 ppm de Zn para a cultura de mogno.

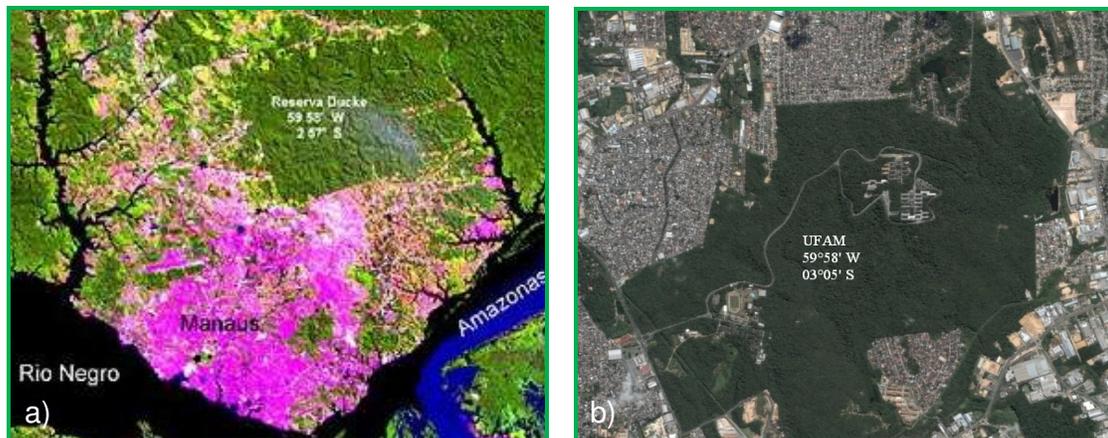
Em relação a cultura de angelim-pedra as aplicações de micronutrientes corresponderam a 0,94 ppm de B, 0,38 ppm de Cu, 0,56 ppm de Fe, 0,38 ppm de Mn, 0,94 ppm de Mo e 4,5 ppm de Zn. E para a cultura de cedro as aplicações de micronutrientes corresponderam a 0,75 ppm de B, 0,30 ppm de Cu, 0,45 ppm de Fe, 0,30 ppm de Mn, 0,75 ppm de Mo e 3,6 ppm de Zn.

Durante a condução do experimento, a irrigação foi realizada diariamente, mantendo a umidade das unidades experimentais a 30% da capacidade de campo, obtida pelo método de pesagem.

#### **4.6 Coleta, armazenamento e tratamento das sementes**

As sementes de cedro foram coletadas no Campus da UFAM, as sementes de angelim-pedra e mogno foram coletadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke, de propriedade do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) (Figura 2a). As

sementes foram armazenadas em câmara fria a 10 °C no Laboratório de Sementes Florestais da FCA/UFAM (Figura 2b).



**Figura 2.** (a) Reserva Florestal Adolpho Ducke e (b) Universidade Federal do Amazonas.

Para acelerar o processo de germinação, as sementes de mogno e de cedro foram imersas em água destilada por 24h (SILVA JÚNIOR, 2006), após esse período foram tratadas com o fungicida Cercobin a 0,05% do produto comercial, deixando-as imersas por 3 minutos. As sementes de angelim-pedra foram tratadas com imersão em ácido sulfúrico P.A. (98%) por 20 minutos e, posteriormente, lavadas em água corrente (VASTANO JÚNIOR, 1983).

As sementes das espécies estudadas foram colocadas para germinar em sementeiras plásticas retangulares (42x27x8 cm), utilizando-se como substrato areia lavada (Figura 3). As plântulas de mogno e cedro foram repicadas para os citropotes devidamente identificados após um período de 35 dias e as plântulas de angelim-pedra foram repicadas após um período de 31 dias. Antes de serem repicadas, as plântulas foram selecionadas, tomando-se o cuidado de repicar plântulas que apresentassem aproximadamente a mesma altura.



**Figura 3.** (a) plântulas de mogno, (b) plântulas de cedro e (c) plântulas de angelim-pedra

Após 50 dias de repicagem, algumas mudas de mogno morreram devido à causas não identificadas, sendo necessário borrifar uma solução do inseticida Folidol® (2mL do produto comercial por litro de água destilada), uma vez por semana, em todas as mudas que se encontravam na casa de vegetação. As aplicações preventivas de inseticida foram realizadas durante um mês, isto é, até o encerramento do experimento com as mudas de mogno. Foi também, realizada, aplicação preventiva do nematicida Furidam® (2mL do produto comercial por litro de água destilada) somente no caule das mudas.

#### 4.7 Características avaliadas

As características das mudas foram avaliadas após atingirem tamanho de 20 a 35 cm, com exceção das mudas de cedro que apresentaram altura média de 13 cm. As mudas de mogno permaneceram na casa de vegetação por um período de 98 dias, as mudas de cedro permaneceram na casa de vegetação por um período de 127 dias e as mudas de angelim-pedra permaneceram por 152 dias.

As características avaliadas foram: altura da parte aérea (cm), diâmetro do colo (mm), matéria seca da parte aérea (MSPA) (g), matéria seca das raízes (MSR) (g), matéria seca total (MST) (g), relação raiz/parte aérea (R/PA), conteúdo de nutrientes da matéria seca da parte aérea e o crescimento relativo das mudas.

Devido à mortalidade de mudas de mogno, as medições foram realizadas apenas em duas mudas por parcela, sendo utilizadas um total de 70 mudas. A mesma metodologia foi utilizada com as mudas de angelim-pedra.

As medições das mudas de cedro foram realizadas apenas em uma muda por parcela, devido à maioria das mudas não terem atingido a altura mínima estabelecida para a realização das medições de suas características, sendo utilizadas um total de 35 mudas. Não foi possível a realização da análise de macronutrientes e micronutrientes da parte aérea, devido algumas amostras não possuírem tecido vegetal suficiente para realização das análises.

#### **4.7.1 Altura da planta**

A altura da parte aérea foi medida com o auxílio de uma régua graduada, considerando como altura a medida tomada ao nível do substrato até a gema apical.

#### **4.7.2 Diâmetro do colo**

O diâmetro do colo foi obtido com auxílio de um paquímetro digital e as medidas foram tomadas a 1 cm da superfície do solo.

#### **4.7.3 Matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e total**

Após as medições, o material vegetal foi colhido e separado em parte aérea e raiz, em seguida, as diferentes partes foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e levados à estufa de ventilação forçada, a uma temperatura de 60 °C, até a obtenção de peso constante.

Com o auxílio de uma balança analítica foi obtido o peso da matéria seca tanto da parte aérea (MSPA) quanto da raiz (MSR). O peso da matéria seca total (MST) foi

obtido através da soma dos valores da MSPA e da MSR. A relação raiz/parte aérea (R/PA) foi obtida pela relação entre o peso da matéria seca da raiz e o peso da matéria seca da parte aérea.

#### **4.7.4 Teor e conteúdo de nutrientes da parte aérea das plantas**

As análises dos macronutrientes e micronutrientes da parte aérea foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas - LASP/ do Centro de Pesquisa Agroflorestal – CPAA da EMBRAPA, seguindo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn da parte aérea das mudas. Sendo que os conteúdos de nutrientes foram estimados através da multiplicação da percentagem de nutrientes da parte aérea pela MSPA.

#### **4.7.5 Crescimento relativo**

O crescimento relativo (CR) para as características de crescimento foi estimado a partir do tratamento 0 ( $T_0$ ), pois tomou-se como 100% a testemunha, os valores foram encontrados utilizando a fórmula:

$$\text{CR (\%)} = \frac{\text{altura no tratamento}}{\text{Testemunha}} \times 100$$

#### **4.8 Análises estatísticas**

As análises de variância foram realizadas utilizando o programa SAEG 9.1 e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise química do substrato

Os resultados apresentados na tabela 1 mostram que o solo utilizado como substrato apresentou acidez elevada, baixa saturação por bases, teores de P e K disponíveis baixo e médio, respectivamente. Apresentou também baixo teor de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis, acidez trocável e potencial, além de baixa CTC efetiva (t) (CFSEMG, 1999).

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo utilizado como substrato, antes da aplicação dos tratamentos.

pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	K	P	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	MO
		mg kg <sup>-1</sup>		cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>	
4,46	3,76	44	3	0,68	0,7	0,4	4,19	20,22
Areia	Silte	Argila	S	T	t	V	m	
%		cmol <sub>(c)</sub> kg <sup>-1</sup>			%			
12,56	1,21	86,23	1,24	5,42	1,91	22,82	35,29	

A aplicação dos corretivos e fertilizantes referentes aos tratamentos deste estudo promoveu alterações na composição química do substrato de cultivo em algumas das características avaliadas (Tabela 2).

Os resultados indicam que houve redução na acidez do substrato em todos os tratamentos, no entanto, observou-se que nos tratamentos onde houve a prática da calagem foram encontrados os maiores valores de pH, além dos menores teores de  $\text{Al}^{3+}$ , acidez potencial (H+Al) e saturação de alumínio (m) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Características químicas do substrato após 30 dias da aplicação dos tratamentos.

Trat.	pH	K	P	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	S	T	T	V	m
	H <sub>2</sub> O	mg.kg <sup>-1</sup>		cmol <sub>(c)</sub> .kg <sup>-1</sup>				cmol <sub>(c)</sub> .kg <sup>-1</sup>			%	
<b>T0</b>	5,47c	79,9a	33,9a	0,19a	0,54d	0,23b	3,9a	0,97	4,90	1,16	19,83	16,19
<b>T1</b>	5,85b	78,5a	30,0a	0,07b	1,72a	0,45a	2,5c	2,37	4,89	2,44	48,59	2,81
<b>T2</b>	6,12a	69,2b	33,8a	0,05b	1,74a	0,50a	2,3c	2,42	4,76	2,47	50,79	2,03
<b>T3</b>	6,20a	78,0a	25,7a	0,05b	1,71a	0,26b	3,1b	2,17	5,31	2,22	40,95	2,25
<b>T4</b>	5,76b	54,7c	36,3a	0,12a	0,82c	0,33b	3,4b	1,29	4,66	1,41	27,77	8,58
<b>T5</b>	5,71b	59,5c	36,4a	0,09b	0,89c	0,44a	3,4b	1,49	4,92	1,58	30,18	5,91
<b>T6</b>	5,51c	66,3d	34,0a	0,18a	1,16b	0,25b	4,2a	1,57	5,75	1,75	27,35	10,27

Obs.: Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

T0 – testemunha; T1 – calcário dolomítico; T2 – calcário magnesiano; T3 – calcário calcítico; T4 – relação Ca:Mg de 3:1; T5 – relação Ca:Mg de 9:1; e T6 - relação Ca:Mg de 15:1.

Verificou-se também que a prática da calagem em conjunto com a adubação provocou aumentos nos teores de K disponível, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, na saturação por bases e na CTC efetiva do substrato. Nos tratamentos onde houve a adição de Ca e Mg (T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e T<sub>6</sub>) e testemunha (T<sub>0</sub>), observou-se os maiores teores de Al<sup>3+</sup>, acidez potencial (H+Al) e saturação de alumínio (m), além dos menores valores de saturação por bases e CTC efetiva.

De acordo com Furtini Neto et al. (1999a), as causas da baixa capacidade produtiva dos solos ácidos podem estar relacionadas à atuação isolada ou ao efeito conjunto de diversos fatores, como a toxidez de certos elementos presentes em concentrações excessivas na solução do solo e/ou a deficiência de alguns nutrientes. O alumínio em altas concentrações resulta em toxidez, inibindo o crescimento das plantas, refletindo principalmente em um menor desenvolvimento do sistema radicular (ZONTA et al., 2006; ROSSIELLO e JACOB NETO, 2006).

A adição de Ca e Mg, proveniente dos calcários ou das fontes não corretivas da acidez, promoveram o aumento dos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> trocáveis no solo (Tabela 2). O cálcio tem importante papel na absorção iônica, particularmente na correção do efeito desfavorável da concentração hidrogeniônica excessiva, sendo

essencial para que tal efeito não diminua a absorção de nutrientes (VITTI et al., 2006). A presença de  $Al^{3+}$  em concentrações elevadas no solo, além de ser considerado tóxico para as plantas, interfere na disponibilidade de nutrientes, principalmente do P (BARROS, 2001; ROSSIELLO e JACOB NETO, 2006).

## 5.2 Angelim-pedra

### 5.2.1 Crescimento das plantas

Ao analisar os resultados da Tabela 3, referente as características de crescimento das mudas de angelim-pedra (Figura 4), verificou-se que houve efeito dos tratamentos para quase todas as características avaliadas (apêndices): altura ( $F=4,533$ ;  $p<0,05$ ), diâmetro ( $F=6,657$ ;  $p<0,05$ ), MSPA ( $F=2,667$ ;  $p<0,05$ ), MSR ( $F=3,116$ ;  $p<0,05$ ) e MST ( $F=2,767$ ;  $p<0,05$ ), com exceção da relação raiz/parte aérea (R/PA), que foi estatisticamente igual entre os tratamentos aplicados.



**Figura 4.** Mudanças de angelim-pedra produzidas com diferentes calcários e doses de Ca e Mg. T<sub>0</sub> – testemunha; T<sub>1</sub> – calcário dolomítico; T<sub>2</sub> – calcário magnesiano; T<sub>3</sub> – calcário calcítico; T<sub>4</sub> – relação Ca:Mg de 3:1; T<sub>5</sub> – relação Ca:Mg de 9:1; e T<sub>6</sub> – relação Ca:Mg de 15:1.

Verificou-se que os valores de altura e do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) das mudas tratadas com calcário dolomítico (T<sub>1</sub>), calcário magnesiano (T<sub>2</sub>), calcário calcítico (T<sub>3</sub>) e aplicação de Ca e Mg na relação 3:1 (T<sub>4</sub>) e 9:1 (T<sub>5</sub>) foram estatisticamente iguais. E as mudas tratadas com Ca e Mg na relação 15:1 (T<sub>6</sub>) foram estatisticamente iguais a testemunha (T<sub>0</sub>) (Tabela 3).

Tais resultados sugerem que a calagem é importante para a produção de mudas desta espécie, no entanto, a correção da acidez do substrato pode não ser o principal benefício da calagem e sim a correção dos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> do solo, tendo em vista as respostas observadas nos tratamentos T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>.

**Tabela 3.** Variáveis mensuráveis das mudas de angelim-pedra produzidas na casa de vegetação da FCA, por um período de 152 dias.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSPA			R/PA
			MSR	MST	g	
0	14,82 b	2,80 c	2,20 b	0,83 b	3,03 b	0,39 a
1	17,08 a	3,41 b	3,32 a	1,08 b	4,39 a	0,33 a
2	19,56 a	3,84 a	3,98 a	1,56 a	5,54 a	0,40 a
3	18,11 a	3,28 b	3,27 a	1,08 b	4,35 a	0,35 a
4	17,25 a	3,17 b	2,89 a	0,93 b	3,83 b	0,33 a
5	18,55 a	3,32 b	3,79 a	1,11 b	4,89 a	0,29 a
6	15,79 b	2,66 c	1,99 b	0,78 b	2,77 b	0,40 a

Obs.: Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Altura, diâmetro, MSPA – Matéria seca da parte aérea, MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; R/PA – Relação raiz/Parte aérea.

Em relação ao diâmetro, verificou-se que as mudas produzidas com calcário magnesiano (T<sub>2</sub>) apresentaram diâmetro estatisticamente superior ao observado nos demais tratamentos (Tabela 3). As mudas tratadas com calcário dolomítico (T<sub>1</sub>), calcário calcítico (T<sub>3</sub>), relação Ca:Mg de 3:1 (T<sub>4</sub>) e 9:1 (T<sub>5</sub>) não apresentaram diferenças significativas entre si, diferindo dos tratamentos T<sub>6</sub> (relação Ca:Mg de

15:1) e T<sub>0</sub> (testemunha), que foram estatisticamente iguais. Tais resultados indicam que a utilização de calcário com adequado teor de Ca e Mg é muito importante para o desenvolvimento dessa espécie, sendo mais indicado que a adição de Ca e Mg ao solo, proveniente de fontes não corretivas da acidez.

Curti Júnior (2001) estudando o efeito da calagem para as espécies ingá (*Inga marginata* Willd.), orelha-de-negro (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Hauman), angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.), verificou que apenas a orelha-de-negro apresentou efeito positivo à adição de calcário. Tais resultados indicam que talvez, apenas para essa espécie, a calagem deva ser indicada, mostrando que a resposta das espécies a adição da calagem depende das características intrínseca de cada espécie.

Em relação à produção de matéria seca da raiz (MSR), foi verificado que a produção observada para as mudas de angelim-pedra, tratadas com calcário magnesiano (T<sub>2</sub>), foi significativamente superior às produções médias observadas nos demais tratamentos. Verificou-se que a produção de matéria seca total (MST) foi significativamente superior nas mudas tratadas com calcário dolomítico (T<sub>1</sub>), calcário magnesiano (T<sub>2</sub>), calcário calcítico (T<sub>3</sub>) e aplicação de Ca e Mg na relação 9:1 (T<sub>5</sub>), sendo estatisticamente superiores às produções observadas nas mudas tratadas com a aplicação de Ca e Mg na relação 3:1 (T<sub>4</sub>), 15:1 (T<sub>6</sub>) e testemunha (T<sub>0</sub>) (Tabela 3).

Observou-se também, que não houve efeito dos tratamentos na relação raiz/parte aérea, isto é, não houve alteração na produção de matéria seca da raiz em relação matéria seca da parte aérea. Esses resultados indicam que as plantas de

angelim-pedra não desenvolveram o sistema radicular como mecanismo para compensar a ausência de corretivo ou Ca e Mg no solo (SILVA, 2007).

Observou-se que houve diferença entre os diferentes tipos de calcários aplicados para as características de crescimento relacionadas ao diâmetro e a matéria seca da raiz, sendo que as mudas tratadas com calcário magnesiano ( $T_2$ ) apresentaram as maiores médias em relação a altura, diâmetro, MSPA, MSR e MST e as mudas tratadas com adição de Ca e Mg na relação 15:1 ( $T_6$ ) e testemunha ( $T_0$ ) foram as que apresentaram as menores média em altura, diâmetro, MSPA, MSR e MST (Tabela 3).

Furtini Neto et al. (1999a) comparando o efeito da calagem, da adição de Ca e Mg ao substrato e da influencia da acidez na aquisição e utilização de nutrientes no cultivo das espécies florestais: cássia verrugosa (*Senna multijuga*), ipê mirim (*Stenolobium stans*), angico-do-cerrado (*Anadenanthera falcata*) e cedro (*Cedrela fissilis*), observaram que mesmo sob condições de acidez moderada o fornecimento de Ca ou Mg favoreceu o crescimento da maioria das espécies, mostrando efeito comparável ao da calagem, verificando que níveis adequados de cálcio ou magnésio podem amenizar os problemas relacionados a toxidez de alumínio, contudo, o efeito observado nas plantas pelo suprimento de Ca ou Mg pode diferir em função de características intrínsecas às espécies e/ou do tipo de solo.

Souza (2006), estudando diferentes relações Ca:Mg do corretivo sobre o crescimento e qualidade das mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.), e fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.) produzidas em diferentes tipos de solo, verificou que para as mudas de bico-de-pato (*M. nictitans*) a melhor relação Ca:Mg do corretivo em Argissolo e Latossolo álico foi de 4:1 e no Latossolo distrófico foi de

2:1. Para as mudas de pau-jacaré (*P. gonoacantha*) a relação Ca:Mg do corretivo, que forneceu as melhores mudas foi de 1:1 no Argissolo, 4:1 no Latossolo distrófico e 2:1 no Latossolo álico. Para as mudas de fedegoso (*S. macranthera*) a melhor relação Ca:Mg do corretivo, para os três tipos de solo, para as três espécie estudadas foi de 3:1.

De modo geral, pode-se dizer que o calcário magnesiano (T<sub>2</sub>) é o mais indicado para a produção de mudas de angelim-pedra, pois as mudas produzidas com esse tratamento apresentaram os melhores resultados para todas as características avaliadas.

### 5.2.2 Absorção de nutrientes

Os resultados do conteúdo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea das mudas de angelim-pedra encontram-se nas tabelas 4 e 5.

Através da análise de variância, verificou-se que houve efeito dos tratamentos sobre o conteúdo de N (F=2,908; p<0,05) na parte aérea das mudas de angelim-pedra (Tabela 4). Através do teste de média, verificou-se que as mudas tratadas com calcário magnesiano (T<sub>2</sub>), calcário calcítico (T<sub>3</sub>) e relação Ca:Mg de 9:1 (T<sub>5</sub>) foram as que apresentaram maior absorção de N.

**Tabela 4.** Conteúdo de macronutrientes na parte aérea das mudas de angelim-pedra produzidas em casa de vegetação por um período de 152 dias.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g/unidade experimental)					
0	2,30 b	0,07 a	0,97 b	0,59 b	0,09 a	0,15 a
1	2,81 b	0,11 a	1,26 b	1,20 a	0,15 a	0,20 a
2	4,21 a	0,15 a	1,85 a	1,58 a	0,15 a	0,25 a
3	3,64 a	0,17 a	1,60 a	1,50 a	0,12 a	0,21 a
4	3,12 b	0,13 a	1,32 b	0,94 b	0,14 a	0,20 a
5	4,46 a	0,21 a	1,85 a	1,24 a	0,16 a	0,26 a
6	2,25 b	0,07 a	0,98 b	0,59 b	0,08 a	0,14 a

Obs.: Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados indicam que a absorção de N pode estar sendo afetada pelos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo, pois os maiores valores de N na planta foram observados quando a relação Ca e Mg aplicada ao solo foi de 9:1 ( $T_2$  e  $T_5$ ). Observa-se também que a acidez do substrato não está influenciando na absorção deste nutriente, pois se os teores de Ca e Mg estiverem a níveis adequados, a absorção do mesmo não será prejudicada. Tal fato foi observado entre os tratamentos  $T_3$  e  $T_6$ , onde o conteúdo de N nas mudas produzidas com calcário calcítico ( $T_3$ ) foi diferente do encontrado nas mudas produzidas com a adição de Ca e Mg na relação 15:1 ( $T_6$ ), mostrando a importância de uma adequada relação Ca:Mg no substrato de cultivo.

Silva (2004), estudando o efeito da calagem na produção de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn), verificou que o conteúdo de N na parte aérea e raiz foi afetado positivamente pela calagem, esse fato se deve à influência no pH do solo, que provoca aumento na decomposição da matéria orgânica e conseqüentemente a mineralização do nitrogênio, após a calagem.

Verificou-se que o conteúdo de P na parte aérea das mudas foi estatisticamente igual entre os tratamentos aplicados (Tabela 4), mostrando que a calagem, assim como a correção dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo, não influenciou a absorção P nas mudas de angelim-pedra.

Ulhôa (1997), observou que o conteúdo de P na parte aérea das mudas de Baru (*D. alata*), de modo geral, se mostrou maior quando as doses desse elemento são mais altas, observando, que aparentemente, esse aumento no conteúdo de P não apresenta nenhuma correlação com a calagem. Silva (2004) verificou que a absorção de P, na parte aérea e raiz de mudas de sumaúma (*C. pentandra*), foi influenciada pela calagem.

Oliveira et al. (1998), estudando o efeito da adubação com N e P na produção de mudas de angelim-pedra (*D. excelsa*), observaram que o crescimento das mudas foi influenciado pela adubação fosfatada, o que foi constatado pelas alterações observadas na produção de matéria seca e altura das mudas. Verificaram também que o N não exerceu efeito significativo em qualquer dos parâmetros avaliados, tanto na aplicação isolada quanto na forma combinada com o P.

Em relação ao conteúdo de K, verificou-se que houve efeito dos tratamentos sobre o conteúdo desse nutriente nas plantas ( $F=2,915$ ;  $p<0,05$ ), e que a absorção foi influenciada tanto pela calagem quanto pela correção de Ca e Mg no substrato de cultivo (Tabela 4). Os resultados mostram que a absorção de K foi superior nos tratamentos com calcário magnesiano ( $T_2$ ), calcário calcítico ( $T_3$ ) e aplicação de Ca e Mg na relação 9:1 ( $T_5$ ), sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos ( $T_1$ ,  $T_4$ ,  $T_6$ ), que foram iguais à testemunha ( $T_0$ ). Resultados semelhantes foram observados por Silva (2004), que estudou o efeito da calagem na produção de mudas de sumaúma (*C. pentandra*), cujo conteúdo de K na parte aérea e raiz das mudas foi influenciado positivamente pela calagem.

Observou-se também que a estreita relação Ca:Mg no calcário dolomítico ( $T_1$ ), bem como a adição de Ca e Mg na relação 3:1 ( $T_4$ ), aparentemente, estaria prejudicando a absorção do K. Ulhôa (1997), observou que o conteúdo de K nas mudas de baru (*D. alata*) apresentou decréscimo com o aumento das doses de P e calcário. De acordo com este autor, possivelmente as concentrações de Ca e Mg no solo poderiam estar inibindo a absorção de K pela planta. Sousa (2000), afirma que a relação cálcio/potássio influenciou nos aspectos nutricionais referentes ao acúmulo de nutrientes na matéria seca da raiz, parte aérea, acúmulo total e translocação de nutrientes em mudas de açaizeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.).

Em relação ao conteúdo de Ca na parte aérea das mudas, verificou-se que houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos aplicados ( $F=3,50$ ;  $p<0,05$ ). O conteúdo de Ca foi estatisticamente igual entre os tratamentos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_5$ , sendo diferente dos tratamentos  $T_4$ ,  $T_6$  e  $T_0$ , que apresentaram menor conteúdo deste nutriente na parte aérea das mudas (Tabela 4). Verificou-se que a absorção de Ca foi afetada positivamente pela correção da acidez do substrato. E que, se os teores de Ca e Mg estiverem a níveis adequados ( $T_5$ ), a acidez do substrato de cultivo não afetará a absorção de Ca na parte aérea das mudas de angelim-pedra.

De acordo com Silva (2004), a calagem influenciou positivamente o conteúdo de Ca na parte aérea e raiz em mudas de sumaúma (*C. pentandra*), verificando que o aumento no teor de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no solo têm como consequência um maior conteúdo desses nutrientes na planta, não observando antagonismo entre a absorção de Ca e Mg. Outros autores quando estudaram o efeito da calagem na absorção deste nutriente (Ulhôa, 1997; Barros, 2001; Silva et al., 2007), encontraram resultados semelhantes.

Verificou-se que não houve diferença significativa no conteúdo de Ca entre os diferentes tipos de calcários, no entanto, quando é aplicado Ca e Mg no solo, proveniente de fontes não corretivas da acidez, observa-se diferença significativa na absorção de Ca entre as diferentes relações Ca:Mg aplicadas.

Estss resultados sugerem que a relação Ca:Mg do substrato tem grande importância para o desenvolvimento desta espécie, pois verifica-se que tanto uma estreita relação Ca:Mg, quanto uma relação mais ampla, não são ideais para o desenvolvimento dessa espécie, quando não se realiza a correção do substrato de cultivo. As mudas produzidas nessas condições, evidenciam uma tendência em

apresentar menores conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea das mudas de angelim-pedra.

Em relação a absorção de Mg, não houve efeito dos tratamentos sobre o conteúdo deste nutriente na parte aérea das mudas de angelim-pedra e que a absorção de Mg não foi influenciada pela correção da acidez e nem pela adição de Ca e Mg ao substrato de cultivo (Tabela 4).

Os resultados sugerem que esta espécie pode não ser tão exigente na absorção desse nutriente, sendo que a quantidade  $Mg^{2+}$  presente no solo foi suficiente para suprir as necessidades da espécie. No entanto, observa-se que o teor de Mg no solo pode influenciar na absorção de outros nutrientes, quando não se realiza a correção da acidez do substrato de cultivo.

De acordo com Silva (2004), a calagem afetou a absorção de Mg na parte aérea e raiz de mudas de sumaúma (*C. pentandra*). Resultados semelhantes a estes também foram observados por Ulhôa (1997), estudando o efeito da adubação fosfatada e calagem na produção de mudas de baru (*D. alata*).

O conteúdo de S na parte aérea das mudas foi estatisticamente igual em todos os tratamentos (Tabela 4), mostrando que a aplicação de calcário não afetou a absorção desse nutriente na parte aérea das mudas de angelim-pedra, assim como a correção dos teores da Ca e Mg no solo, indicam que se o substrato de cultivo estiver com adequado teor nutricional, a absorção não será afetada pela acidez do substrato ou pela deficiência de Ca e Mg no substrato de cultivo.

De acordo com os conteúdos de nutrientes na matéria seca da parte aérea observa-se a seguinte ordem de absorção:  $N > K > Ca > S > Mg = P > Fe > Mn > Zn > B > Cu$ .

A análise de variância (Tabela 5) (apêndices), mostrou que não houve efeito dos diferentes tratamentos sobre o conteúdo de B e Mn na parte aéreas das mudas

de angelim-pedra, isto é, a correção da acidez do substrato com a prática da calagem ou a adição de fontes de Ca e Mg ao substrato, não apresentou efeito sobre o conteúdo médio desses micronutrientes na parte aérea das mudas.

**Tabela 5.** Conteúdo de micronutrientes na parte aérea das mudas de angelim-pedra produzidas em casa de vegetação por um período de 152 dias.

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/unidade experimental				
0	0,0040 a	0,0006 b	0,083 b	0,009 a	0,008 a
1	0,0051 a	0,0005 b	0,123 a	0,013 a	0,010 a
2	0,0043 a	0,0006 b	0,095 a	0,015 a	0,009 a
3	0,0046 a	0,0011 b	0,081 b	0,015 a	0,010 a
4	0,0045 a	0,0011 b	0,068 b	0,012 a	0,010 a
5	0,0036 a	0,0019 a	0,109 a	0,016 a	0,013 a
6	0,0014 a	0,0006 b	0,042 b	0,007 a	0,005 a

Obs.: Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Houve efeito dos tratamentos sobre o conteúdo de Cu ( $F = 5,116$ ;  $p < 0,05$ ) na parte aérea das mudas de angelim-pedra (Tabela 5). O teste de média mostrou que as mudas tratadas com Ca e Mg na relação 9:1 ( $T_5$ ) foram as que apresentaram maior absorção de Cu e que a calagem ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ) não afetou a absorção deste nutriente, sendo estatisticamente igual aos demais tratamentos ( $T_4$ ,  $T_6$  e  $T_0$ ). De acordo com Silva (2004), a calagem promove a redução no conteúdo de Cu na parte aérea e raiz das mudas de sumaúma (*C. pentandra*).

Em relação ao conteúdo de Fe na parte aérea das mudas de angelim-pedra, houve diferença significativa ( $F = 4,158$ ;  $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 5) e, através do teste de média, verificou-se que as mudas tratadas com calcário dolomítico ( $T_1$ ), calcário magnesiano ( $T_2$ ) e aplicação de Ca e Mg na relação 9:1 ( $T_5$ ) foram as que apresentaram maior absorção de Fe.

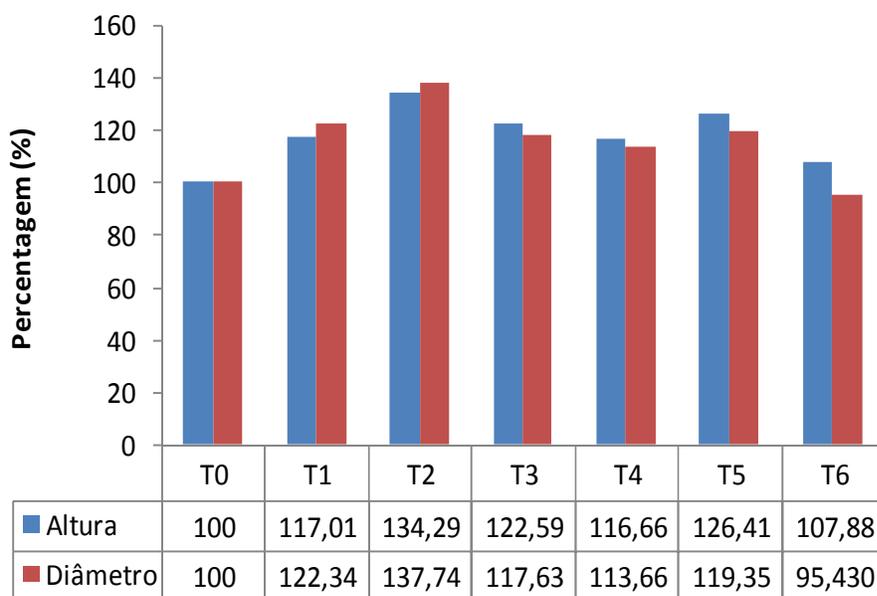
As mudas tratadas com calcário calcítico ( $T_1$ ) e aplicação de Ca e Mg nas relações 3:1 ( $T_4$ ) e 15:1 ( $T_6$ ), apresentaram os menores conteúdos de Fe, sendo estatisticamente iguais à testemunha ( $T_0$ ). Silva (2004) verificou que o conteúdo de Fe na parte aérea e raiz de mudas de sumaúma (*C. pentandra*) foi afetado pela calagem, observando-se um menor conteúdo de Fe nas mudas quando não houve a aplicação da calagem no substrato de cultivo.

Pela análise de variância, verificou-se que houve efeito dos tratamentos sobre o conteúdo de Zn na parte aérea da mudas de angelim-pedra ( $F = 2,649$ ;  $p < 0,05$ ), isto é, a calagem e a adição de Ca e Mg, proveniente de fontes não corretivas da acidez, estariam afetando na absorção deste nutriente. No entanto, o teste de média, não detectou diferença entre os tratamentos (Tabela 5). Silva (2004) observou maior conteúdo de Zn na parte aérea e raiz de mudas de sumaúma (*C. pentandra*) quando estas foram submetidas à adição de calagem no substrato de cultivo.

De modo geral, verificou-se que a aplicação de calcário ou Ca e Mg na relação de 9:1, favoreceu o desenvolvimento desta espécie, tanto em relação às características de crescimento, quanto em relação a absorção dos nutrientes. As mudas expostas a esses tratamentos apresentaram os maiores valores no peso da matéria seca da raiz (MSR), apesar de apresentarem diferença significativa entre si, o que estaria afetando de forma positiva todas as demais características de crescimento da espécie. Pois com um sistema radicular bem desenvolvido a absorção dos nutrientes pode ser mais eficiente, não sendo afetada de forma negativa pela acidez do substrato (ZONTA et al., 2006).

### 5.2.3 Crescimento relativo

As mudas de angelim-pedra tratadas com calcário magnesiano ( $T_2$ ) foram as que apresentaram os maiores valores de crescimento relativo em altura e diâmetro, com um aumento de 34,3% e 37,7%, respectivamente, em relação a testemunha ( $T_0$ ). As mudas cultivadas no tratamento  $T_0$  (testemunha) foram as que apresentaram o menor crescimento relativo em altura e as mudas tratadas com adição de Ca e Mg na relação 15:1 ( $T_6$ ) foram as que apresentaram o menor crescimento relativo em diâmetro, com um decréscimo de 4,6%, em relação a testemunha ( $T_0$ ) (Figura 5).

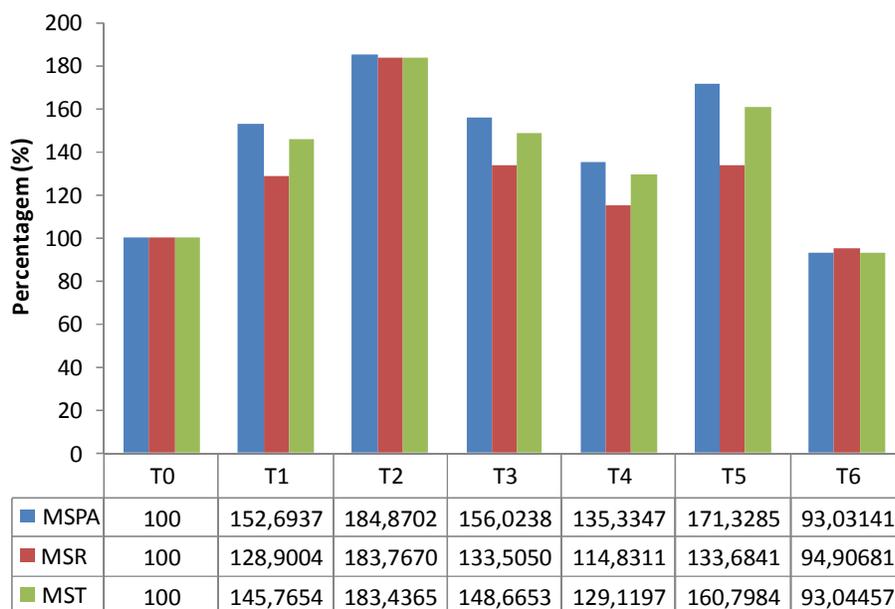


**Figura 5.** Crescimento relativo em altura e diâmetro de mudas de angelim-pedra produzidas em casa de vegetação por um período de 152 dias.

Em relação ao crescimento relativo em MSPA, MSR e MST, verificou-se que as mudas tratadas com calcário magnesiano ( $T_2$ ) apresentaram os maiores valores de crescimento relativo, observando-se crescimento de 84,9%, 83,8% e 83,4%, respectivamente, em relação à testemunha ( $T_0$ ) (Figura 6). As mudas tratadas com adição de Ca e Mg na relação 15:1 ( $T_6$ ) foram as que apresentaram o menor

crescimento relativo em MSPA, MSR e MST, com um decréscimo de 6,7%, 5,09% e 6,96%, respectivamente, em relação a testemunha ( $T_0$ ) (Figura 6), esses resultados indicam que um desequilíbrio na relação Ca:Mg pode provocar prejuízos no desenvolvimento de mudas desta espécie quando não se realiza a correção da acidez do solo.

Os maiores valores para todas as características avaliadas foi obtido mediante o tratamento com calcário magnesiano ( $T_2$ ), indicando que essa espécie melhor se desenvolve quando o substrato de cultivo for corrigido com produtos que tenham a relação Ca:Mg de 9:1, pois quando foi aplicado Ca e Mg, proveniente de fontes não corretivas da acidez, os maiores resultados também foram observados com a mesma relação Ca:Mg.



**Figura 6.** Crescimento relativo em matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de mudas de angelim-pedra produzidas em casa de vegetação por um período de 152 dias.

Esses resultados sugerem que o angelim-pedra é uma espécie tolerante a acidez moderada do solo e que um dos principais benefícios da calagem pode ser a

adição da  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  ao solo, onde a maior produção de matéria seca total (MST) foi obtida nos tratamentos onde a relação Ca e Mg adicionada ao substrato foi de 9:1, tanto para a calagem ( $T_2$ ) quanto para o produto não corretivo da acidez ( $T_5$ ).

Verificou-se que não houve diferença significativa entre a produção de matéria seca total (MST) das mudas submetidas a calagem ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ) e a adição de Ca e Mg na relação 9:1 ( $T_5$ ). Sendo que as espécies submetidas a adição de Ca e Mg na relação 3:1 ( $T_4$ ), 15:1 ( $T_6$ ) e testemunha ( $T_0$ ) foram iguais. Esses resultados indicam que a relação  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  do solo é importante para o desenvolvimento dessa espécie, quando a correção da acidez do substrato não for realizada.

## **5.3 Cedro**

### **5.3.1 Crescimento das plantas**

Ao analisar os resultados apresentados na Tabela 6, referente as características de crescimento das mudas de cedro, que permaneceram em casa de vegetação por um período de 127 dias (Figura 7), verificou-se que houve efeito dos tratamentos para todas as características avaliadas (apêndices): altura ( $F=3,574$ ;  $p<0,05$ ), diâmetro ( $F=5,225$ ;  $p<0,05$ ), MSPA ( $F=5,144$ ;  $p<0,05$ ), MSR ( $F=3,605$ ;  $p<0,05$ ) e MST ( $F=4,608$ ;  $p<0,05$ ), com exceção da relação raiz/parte aérea (R/PA), que foi significativamente igual entre os tratamentos aplicados.



**Figura 7.** Mudanças de cedro produzidas com diferentes calcários e doses de Ca e Mg. T<sub>0</sub> – testemunha; T<sub>1</sub> – calcário dolomítico; T<sub>2</sub> – calcário magnesiano; T<sub>3</sub> – calcário calcítico; T<sub>4</sub> – relação Ca:Mg de 3:1; T<sub>5</sub> – relação Ca:Mg de 9:1; e T<sub>6</sub> – relação Ca:Mg de 15:1.

A altura das mudas tratadas com calcário magnesiano (T<sub>2</sub>) e calcário calcítico (T<sub>3</sub>) foram estatisticamente iguais entre si e superiores aos demais tratamentos e as mudas tratadas com calcário dolomítico (T<sub>1</sub>), Ca e Mg na relação 3:1 (T<sub>4</sub>), 9:1 (T<sub>5</sub>) e 15:1 (T<sub>6</sub>) foram estatisticamente iguais a testemunha (T<sub>0</sub>).

**Tabela 6.** Variáveis mensuráveis das mudas de cedro produzidas na casa de vegetação da FCA, por um período de 127 dias.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSPA	MSR	MST	R/PA
			G			
0	10,76 b	6,83 b	0,87 b	0,49 b	1,36 b	0,56 a
1	12,80 b	8,19 b	1,37 b	0,84 b	2,21 b	0,58 a
2	18,88 a	9,85 a	3,15 a	2,58 a	5,74 a	0,67 a
3	17,96 a	8,24 b	1,63 b	0,69 b	2,32 b	0,47 a
4	10,50 b	7,80 b	1,00 b	0,72 b	1,71 b	0,58 a
5	9,72 b	7,05 b	0,61 b	0,24 b	0,86 b	0,39 a
6	11,02 b	6,76 b	0,67 b	0,32 b	0,99 b	0,45 a

Obs.: Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Altura, diâmetro, MSPA – Matéria seca da parte aérea, MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; R/PA – Relação raiz/Parte aérea.

O cedro não respondeu ao tratamento com calcário dolomítico (T<sub>1</sub>), fato pode ter ocorrido devido à acidez do substrato nesse tratamento ter sido maior que nos outros tratamentos com calagem (T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>), conforme descrito na tabela 2.

De acordo com Furtini Neto et al (1999a), que estudaram o efeito da acidez sobre o desenvolvimento de algumas espécies florestais, o cedro (*Cedrela fissilis*) mostrou-se sensível a acidez do solo e o mesmo exibiu resposta significativa a correção do substrato.

Os resultados mostram que a calagem é extremamente importante para a produção de mudas desta espécie e que a correção da acidez do substrato pode ser o principal efeito da calagem, pois quando houve a correção dos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> do solo (T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e T<sub>6</sub>) a níveis iguais aos dos tratamentos com calagem, as espécies não responderam aos tratamentos, isto é, os valores de altura foram iguais ao tratamento sem calagem e adição de Ca e Mg ao substrato (T<sub>0</sub>).

Ribeiro (2008), que estudou a produção de mudas de cedro (*Cedrela odorata* L.) submetidas a diferentes condições nutricionais, verificou que houve efeito da calagem sobre o crescimento em altura e produção de matéria seca da parte aérea de mudas dessa espécie, desde que aplicada em conjunto com uma adubação completa (macro e micronutrientes).

Souza (2004), verificou efeito positivo da calagem sobre o crescimento em altura nas mudas de sumaúma (*C. pentandra*), pois nos tratamentos onde se adicionou o corretivo, os valores foram superiores em relação ao tratamento sem a adição do corretivo, exceto para a dose de 3,0 t ha<sup>-1</sup>. Isso pode ter ocorrido devido a sumaúma (*C. pentandra*) ser uma espécie pioneira e geralmente responder positivamente a adição de nutrientes.

Em relação ao diâmetro, a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST), verificou-se que as mudas produzidas com calcário magnesiano (T<sub>2</sub>) diferiram significativamente das demais. As mudas tratadas com calcário dolomítico (T<sub>1</sub>), calcário calcítico (T<sub>3</sub>), relação Ca:Mg de 3:1 (T<sub>4</sub>), 9:1 (T<sub>5</sub>), 15:1 (T<sub>6</sub>) e T<sub>0</sub> (testemunha) foram estatisticamente iguais (Tabela 6).

Os tratamentos não mostraram nenhum efeito na relação raiz/parte aérea, isto é, não houve alteração na produção de matéria seca da raiz em relação matéria seca da parte aérea. As alterações promovidas na parte aérea foram proporcionais às da raiz, não alterando essa relação. Esses resultados indicam que as plantas de cedro não desenvolveram o sistema radicular como mecanismo para compensar a ausência de corretivo ou Ca e Mg no solo (SILVA, 2007).

De acordo com Furtini Neto et al (1999a), quando a saturação por alumínio foi aumentada no substrato de cultivo das espécies cássia verrugosa (*Senna multijuga*), ipê mirim (*Stenolobium stans*), angico-do-cerrado (*Anadenanthera falcata*) e cedro (*Cedrela fissilis*), observaram redução na matéria seca produzida tanto nas raízes quanto na parte aérea e verificaram tendência de menor absorção de Ca, Mg, K e P, além de uma diminuição na eficiência de utilização destes nutrientes, o que provocou uma redução acentuada na produção relativa de matéria seca total dessas espécies.

Ribeiro (2008) não observou efeito da calagem sobre o diâmetro, matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) em mudas de cedro (*C. odorata* L.) quando aplicada em conjunto com adubação completa (macro e micronutrientes). Além disso, as mudas dessa espécie são bastante sensíveis à presença de S no substrato de cultivo e que o seu desenvolvimento pode ser prejudicado se cultivada mediante a ausência de P.

De acordo com Mattge (2006), que estudou as exigências nutricionais e os efeitos da omissão do fornecimento de nutrientes ao solo no crescimento inicial das plantas de cedro (*C. fissilis*), verificou que as plantas não tiveram bom desenvolvimento com a omissão do P, apresentando alterações no crescimento, peso de massa seca da parte aérea e sistema radicular. Não foram observadas alterações morfo-anatômicas relevantes nos diferentes tratamentos em que as plantas foram submetidas.

Souza (2000), estudando o efeito da calagem e da adubação fosfatada no desenvolvimento inicial da moringa (*Moringa oleifera* Lam), verificou que a calagem foi importante para o crescimento do diâmetro do caule, altura e produção de matéria seca da parte aérea das mudas desta espécie. A adição das doses de fósforo na presença da calagem, favoreceu a produção de matéria seca da parte aérea onde os incrementos estimados em relação à testemunha foram maiores a partir da dose de 200 mg P/dm<sup>3</sup> de solo.

Observou-se que houve diferença significativa entre os diferentes tipos de calcários aplicados, sendo que as mudas tratadas com calcário magnesiano (T<sub>2</sub>) apresentaram as maiores médias em relação ao diâmetro, MSPA, MSR, MST e R/PA. As mudas tratadas com calcário magnesiano (T<sub>2</sub>) e calcário calcítico (T<sub>3</sub>) apresentaram as maiores médias em altura (Tabela 6).

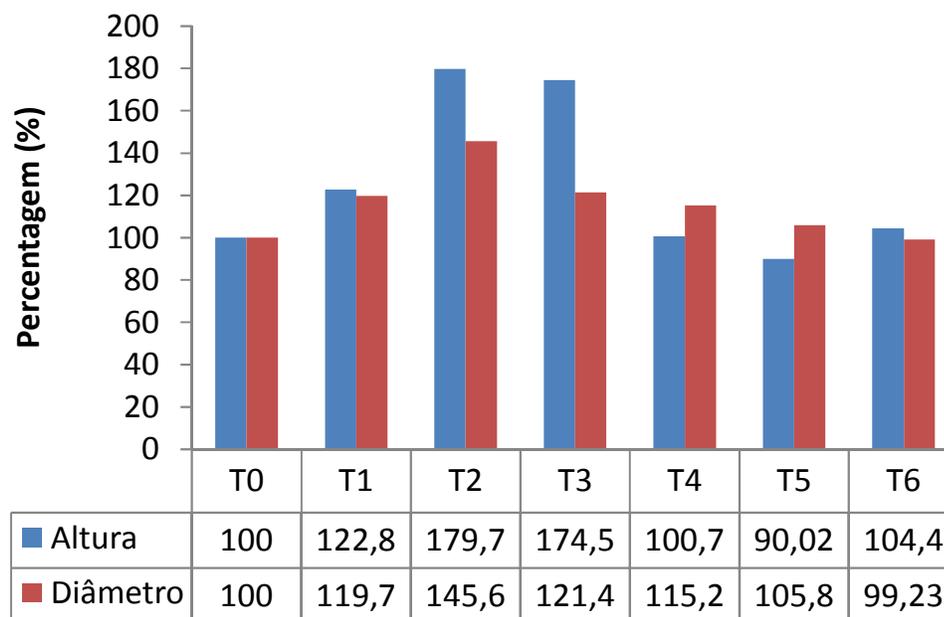
Venturini et al. (2000), pesquisando sobre a espécie aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), concluíram que a relação Ca:Mg influenciou o desenvolvimento e nutrição das mudas, entretanto, não mostrou comportamento coerente que indicasse a tendência de resposta das plantas ao aumento ou redução da relação Ca:Mg. E ainda, que para essa espécie, o uso de calcário calcítico aliado a uma fonte de magnésio solúvel é mais efetiva que o uso de um calcário dolomítico.

De modo geral, pode-se dizer que o calcário magnesiano ( $T_2$ ) é o mais indicado para a produção de mudas de cedro, pois as mudas produzidas com esse tratamento apresentaram os melhores resultados para todas as características avaliadas. esse resultado pode ser explicado devido as alterações provocadas pelo corretivo nas características do substrato (Tabela 2), e como essa espécie mostra-se sensível a acidez, as alterações estariam favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular, a absorção de cátions presentes no substrato, a eficiência de utilização dos nutrientes, dentre outros (Furtini Neto, et al., 1999a).

### **5.3.2 Crescimento relativo**

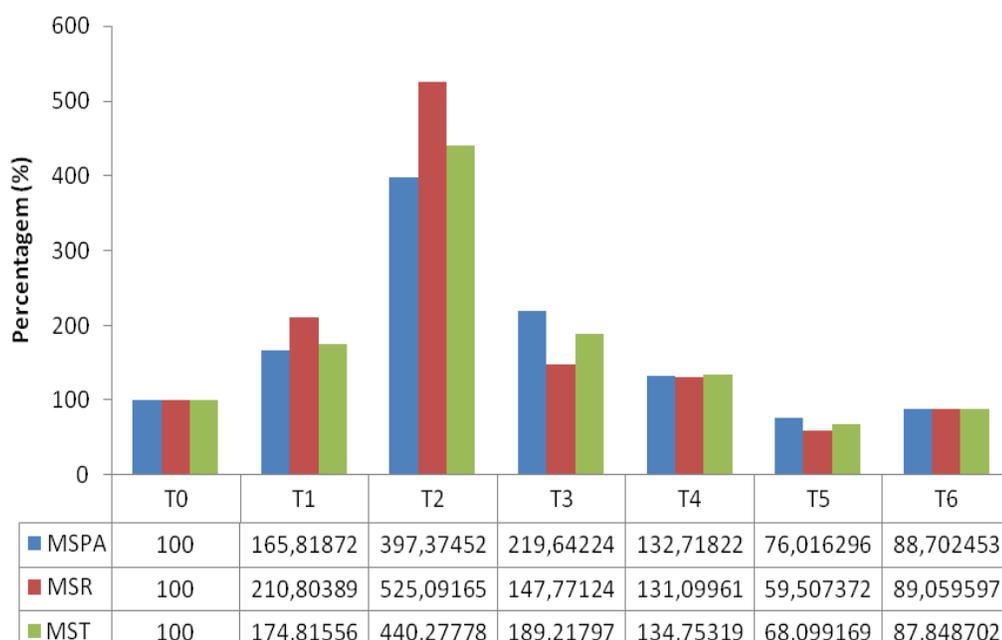
As mudas de cedro tratadas com calcário magnesiano ( $T_2$ ) e calcário calcítico ( $T_3$ ) foram as que apresentaram os maiores valores de crescimento relativo em altura (Figura 8), com aumento de 79,7% e 74,5%, respectivamente, em relação à testemunha. As mudas tratadas com calcário magnesiano ( $T_2$ ) apresentaram o maior crescimento relativo em diâmetro, com um aumento de 45,6% em relação a testemunha ( $T_0$ ).

As mudas tratadas com adição de Ca e Mg na relação 9:1 ( $T_5$ ) foram as que apresentaram o menor crescimento relativo em altura (Figura 8), com decréscimo de 9,98% em relação à testemunha. As mudas tratadas com adição de Ca e Mg na relação 15:1 ( $T_6$ ) foram as que apresentaram o menor crescimento relativo em diâmetro, com um decréscimo de 0,77% em relação à testemunha ( $T_0$ ).



**Figura 8.** Crescimento relativo em altura e diâmetro de mudas de cedro produzidas em casa de vegetação por um período de 127 dias.

Em relação ao crescimento relativo em MSPA, MSR e MST, verificou-se que as mudas tratadas com calcário magnesiano ( $T_2$ ) apresentaram maiores valores de crescimento relativo em relação à testemunha ( $T_0$ ), observando-se crescimento de 297%, 425% e 340%, respectivamente e as mudas tratadas com adição de Ca e Mg na relação 9:1 ( $T_5$ ) apresentaram os menores resultados (Figura 9), apresentando um decréscimo de 23,98%, 40,49% e 31,9%, respectivamente, em relação à testemunha ( $T_0$ ).



**Figura 9.** Crescimento relativo em matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de mudas de cedro produzidas em casa de vegetação por um período de 127 dias.

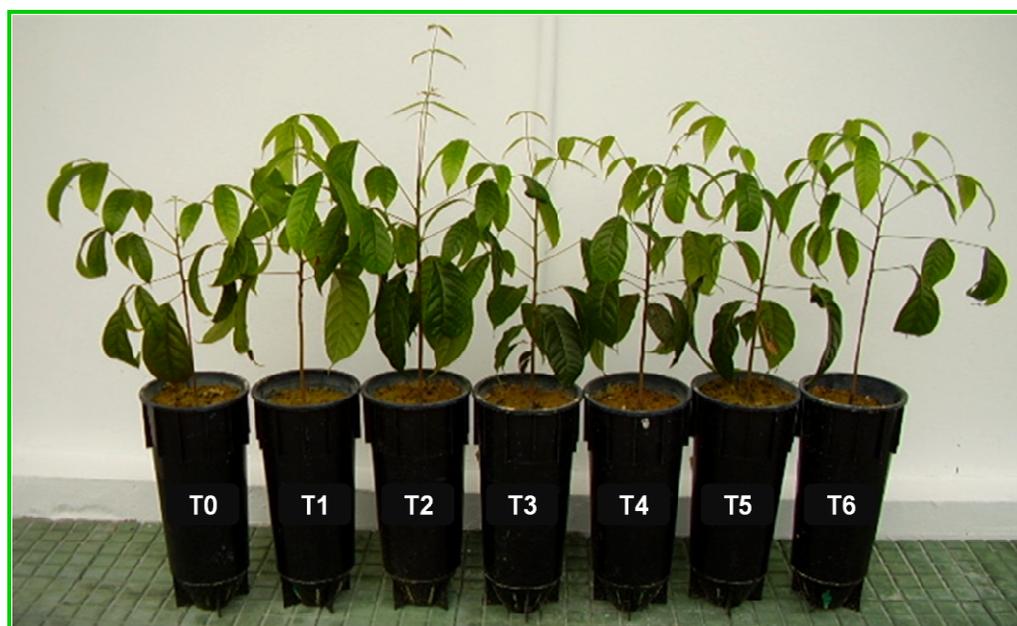
Silva (2004) verificou que a calagem proporcionou aumento no crescimento relativo das mudas de sumaúma (*C. pentandra*), sendo para a dose de  $0,5t\ ha^{-1}$  crescimento relativo de 100% para a altura, 23% para o diâmetro, 673% para a MSPA, 482% para a MSR e 548% para a MST, em relação ao crescimento relativo das mudas cultivadas mediante a ausência do corretivo no substrato.

Esses resultados sugerem que a espécie é bastante sensível a acidez do solo, pois quando foi adicionado Ca e Mg na relação 9:1 (T<sub>5</sub>) igual a do calcário magnesiano (T<sub>2</sub>), verificou-se que a mesma não respondeu ao tratamento, indicando que a principal função da calagem é a correção da acidez do substrato e não a adição de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  ao solo.

## 5.4 Mogno

### 5.4.1 Crescimento das plantas

Ao analisar os resultados referentes às características de crescimento das mudas de mogno (Figura 10), verificou-se que houve efeito dos tratamentos apenas em relação à altura das mudas ( $F=4,056$  e  $p<0,05$ ), sendo as médias do diâmetro, do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), do peso da matéria seca da raiz (MSR), do peso da matéria seca total (MST) e da relação raiz/parte aérea (R/PA) significativamente iguais entre os tratamentos aplicados (Tabela 7).



**Figura 10.** Mudanças de mogno produzidas com diferentes calcários e doses de Ca e Mg. T<sub>0</sub> – testemunha; T<sub>1</sub> – calcário dolomítico; T<sub>2</sub> – calcário magnesiano; T<sub>3</sub> – calcário calcítico; T<sub>4</sub> – relação Ca:Mg de 3:1; T<sub>5</sub> – relação Ca:Mg de 9:1; e T<sub>6</sub> – relação Ca:Mg de 15:1.

**Tabela 7.** Variáveis mensuráveis das mudas de mogno produzidas na casa de vegetação da FCA, por um período de 98 dias.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSPA	MSR	MST	R/PA
			g			
0	26,59 b	5,25 a	5,57 a	1,29 a	6,85 a	0,22 a
1	30,06 a	5,86 a	6,26 a	1,50 a	7,77 a	0,25 a
2	32,38 a	5,71 a	6,89 a	1,44 a	8,33 a	0,21 a
3	30,97 a	5,98 a	6,37 a	1,44 a	7,82 a	0,24 a
4	26,89 b	5,18 a	5,85 a	1,11 a	6,96 a	0,19 a
5	27,54 b	5,57 a	7,61 a	1,25 a	8,85 a	0,15 a
6	29,57 a	5,59 a	6,05 a	1,32 a	7,36 a	0,23 a

Obs.: Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Altura, diâmetro, MSPA – Matéria seca da parte aérea, MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; R/PA – Relação raiz/Parte aérea.

A altura das mudas tratadas com calcário dolomítico ( $T_1$ ), calcário magnesiano ( $T_2$ ), calcário calcítico ( $T_3$ ) e aplicação de Ca e Mg na relação 15:1 ( $T_6$ ) foram estatisticamente iguais entre si e superiores aos demais tratamentos, os quais não diferiram da testemunha ( $T_0$ ).

Esses resultados diferem dos encontrados por Silva (2004), que não encontrou resposta positiva da calagem sobre o crescimento em altura, somente para as características relacionadas ao peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), total (MST) e relação parte aérea/raiz das mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*). De acordo com o referido autor, a ausência de resposta da calagem em relação à altura pode ter ocorrido devido às mudas terem sido produzidas em viveiro florestal, sendo que as condições de sombreamento estariam influenciando na altura das mudas em todos os tratamentos. Nina Junior et al. (2005) estudando o efeito da luz sobre o acúmulo de biomassa em plantas jovens de mogno (*S. macrophylla*), verificaram que esta espécie apresenta o maior acúmulo de biomassa em ambientes de alta irradiância.

As mudas tratadas com calcário magnésiano ( $T_2$ ) apresentaram os maiores valores em relação a altura e as mudas tratadas sem adição de Ca e Mg ( $T_0$ ) foram as que apresentaram os menores valores. Os resultados indicam que a aplicação de calcário é importante na produção de mudas de mogno, porém a correção da acidez do solo pode não ser o fator mais importante da prática da calagem na produção de mudas desta espécie. Pois, quando houve a aplicação de Ca e Mg na relação de 15:1 ( $T_6$ ), proveniente de fonte não corretiva da acidez, as médias da altura no  $T_6$  foram significativamente iguais as médias dos tratamentos com calcário ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ), sugerindo que as mudas de mogno podem ser produzidas sem a correção da acidez do solo, desde que os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no solo sejam adequados as necessidades da espécie.

Lima (2005), estudando o efeito da calagem na produção de mudas de mogno (*S. macrophylla*), observou que as doses de calcário influenciaram positivamente no crescimento das mudas de mogno mais precisamente no diâmetro do caule, altura, área foliar e na produção de matéria seca das diversas partes da planta. O aumento nas doses de calcário promoveu acréscimos nos teores e no acumulo de N, P, K, Ca e Mg em todas as partes da planta.

Souza (2007), estudando a produção de mudas de mogno (*S. macrophylla*) submetidas a diferentes condições nutricionais, verificou que o crescimento das mudas foi limitado quando não foi realizada correção conjunta da acidez e da fertilidade do solo com aplicação de macro e micronutrientes. No entanto, seus resultados indicam que a calagem pode não ser o fator limitante para a produção de mudas dessa espécie, mas sim a omissão de P no substrato.

Verificou-se que a relação Ca:Mg dos calcários avaliados neste estudo, não influenciaram no desenvolvimento das mudas, no entanto quando é aplicado Ca e

Mg no solo, proveniente de fontes não corretivas da acidez, as mudas de mogno apresentam maiores valores de altura com uma relação Ca:Mg de 15:1 (Tabela 7), tal fato pode ter ocorrido, provavelmente, devido o cálcio está influenciando o desenvolvimento do sistema radicular das mudas, o que estaria afetando na absorção de nutrientes e conseqüentemente, refletindo no crescimento das mudas.

Observa-se que apenas a altura foi afetada pelos tratamentos, indicando que o fator mais importante para a produção de mudas de mogno pode ser uma adubação adequada. De acordo com Souza (2007), o nutriente que mais limita o crescimento dessa espécie é o P, na presença ou ausência da calagem. Tucci et al. (2007), verificaram que a produção de biomassa de mudas de mogno (*S. macrophylla*) foi afetada pela omissão de P e observaram que a combinação de fosfatagem corretiva e NPK foi suficiente para a obtenção de crescimento das plantas.

Venturini et al. (2000), pesquisando sobre a espécie aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), concluíram que a relação Ca:Mg influenciou o desenvolvimento e nutrição das mudas, entretanto, não se registrou comportamento coerente que indicasse a tendência de resposta das plantas ao aumento ou redução da relação Ca:Mg. E ainda que o uso de calcário calcítico aliado a uma fonte de magnésio solúvel é mais efetivo que o uso de calcário dolomítico.

#### **5.4.2 Absorção de nutrientes**

Os resultados do conteúdo de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea das mudas de mogno encontram-se nas tabelas 8 e 9.

Através da análise de variância, verificou-se que não houve efeito dos tratamentos sobre o conteúdo de N na parte aéreas das mudas (Tabela 8). Os resultados indicam que a aplicação de calcário não influenciou a absorção deste

nutriente na parte aérea das mudas de mogno, assim como a correção dos teores de Ca e Mg no solo indicando que se o substrato de cultivo estiver com adequado teor nutricional, a absorção deste nutriente não será influenciada pela acidez do substrato ou pela deficiência de Ca e Mg.

**Tabela 8.** Conteúdo de macronutrientes na parte aérea das mudas de mogno produzidas em casa de vegetação por um período de 98 dias.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g/unidade experimental)					
0	10,86 a	0,51 a	5,91 b	2,99 b	0,33 b	0,98 a
1	9,01 a	0,61 a	7,55 a	7,25 a	0,89 a	0,94 a
2	9,77 a	0,65 a	7,97 a	8,63 a	0,72 a	0,97 a
3	7,76 a	0,62 a	8,65 a	8,88 a	0,68 a	0,91 a
4	12,86 a	0,55 a	5,24 b	4,66 b	0,54 b	1,07 a
5	13,44 a	0,73 a	6,60 b	6,75 a	0,52 b	1,29 a
6	9,09 a	0,58 a	6,68 b	6,77 a	0,46 b	0,99 a

Obs.: Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Silva et al. (2007), estudando calagem para a produção de mudas de mogno (*S. macrophylla*) observaram que o conteúdo de N na planta foi influenciado somente quando foi aplicado uma dose de calcário equivalente a  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ , pois quando foram aplicadas as doses equivalentes a 1, 2, 3 e  $5 \text{ t ha}^{-1}$ , verificou-se que não houve efeito da calagem sobre o conteúdo deste nutriente na planta.

Diferente dos resultados encontrados neste trabalho, Souza (2007) observou que o conteúdo de N na parte aérea das mudas de mogno (*S. macrophylla*) foi afetado positivamente pela calagem. Pois, quando as mudas de mogno foram tratadas com adubação completa, sem adição de calagem ou Ca e Mg, verificou-se que estas apresentaram menor conteúdo de N em relação as mudas tratadas com adubação completa + calagem.

O conteúdo de P na parte aérea das plantas foi estatisticamente igual em todos os tratamentos (Tabela 8), mostrando que a aplicação de calcário não afetou a absorção de P na parte aérea das mudas de mogno, assim como a correção dos teores da  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2007), onde a referida autora observou que o conteúdo de P na parte aérea das mudas de mogno (*S. macrophylla*) foi significativamente igual entre os tratamentos com adubação completa + calagem e adubação completa sem calagem.

Os resultados deste trabalho foram diferentes dos encontrados por Silva (2004), que estudou a calagem para a produção de mudas de mogno (*S. macrophylla*) e sumaúma (*C. pentandra*). De acordo com o referido autor, a absorção de P foi afetada pela aplicação de calcário, isto é, a aplicação de calcário aumentou o conteúdo de P na parte aérea e raiz das mudas, tanto de mogno quanto de sumaúma.

Carvalho (2005), estudando o efeito da omissão de nutrientes e da calagem na produção de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*), verificou que a calagem não apresentou efeito sobre o desenvolvimento das mudas e, que, o P foi o nutriente que mais limitou o crescimento desta espécie. Esses resultados demonstram a rusticidade da canafístula e sua adaptação a solos ácidos, bem com a importância do fósforo no crescimento inicial desta espécie.

Em relação ao K, verificou-se que houve efeito dos tratamentos sobre o conteúdo desse nutriente nas plantas ( $F=2,919$ ;  $p<0,05$ ) e que a absorção deste nutriente foi influenciada pela calagem (Tabela 8). Pois, quando houve apenas a correção dos teores de Ca e Mg ( $T_4$ ,  $T_5$  e  $T_6$ ), sem afetar a correção da acidez do solo, a absorção do nutriente foi inferior a absorção observada nos tratamentos em que houve a calagem ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ), sendo estatisticamente igual à testemunha ( $T_0$ ).

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2004), que observou que a calagem afetou positivamente no conteúdo de K, isto é, a aplicação de calcário aumentou o conteúdo de K na parte aérea e raiz das mudas de mogno (*S. macrophylla*) e sumaúma. (*C. pentandra*). Acredita-se que a calagem deve ser recomendada para a produção de mogno, pois os resultados sugerem que a calagem favorece a absorção de K, Ca e Mg.

Souza (2007) não observou efeito da calagem sobre o conteúdo de K na parte aérea das mudas de mogno (*S. macrophylla*), no entanto, verificou que a omissão de P provoca redução no conteúdo de K na parte aérea de mudas desta espécie.

Em relação ao conteúdo de Ca na parte aérea das plantas, verificou-se que houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos ( $F=6,911$ ;  $p<0,05$ ). O conteúdo de Ca foi igual nos tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>5</sub> e T<sub>6</sub>, sendo diferente apenas da testemunha (T<sub>0</sub>) e do tratamento T<sub>4</sub> (Tabela 8). Observou-se que a calagem favoreceu a absorção deste nutriente, no entanto, verificou-se que houve diferença significativa entre os conteúdos de Ca na parte aérea das mudas tratadas com a adição de Ca e Mg, proveniente de fontes não corretivas da acidez, nas diferentes relações Ca:Mg estudadas, onde as mudas tratadas com Ca e Mg na relação 3:1, apresentaram os menores conteúdos desse nutriente.

Os resultados evidenciam que a acidez do substrato influenciou a absorção do Ca pelas plantas, no entanto, quando maiores quantidades deste nutriente são adicionadas ao solo, este será aproveitado de forma mais eficiente pelas plantas, mesmo em solos ácidos, explicando o fato das mudas tratadas com Ca e Mg na relação 9:1 (T<sub>5</sub>) e 15:1 (T<sub>6</sub>), apresentarem conteúdos de Ca na parte aérea iguais aos tratamentos com calagem.

De acordo com Silva (2004) a calagem afeta positivamente a absorção de Ca na parte aérea e raiz das mudas de mogno (*S. macrophylla*), sendo que a dose equivalente a 2,5 t ha<sup>-1</sup> foi a que promoveu o maior acúmulo desse nutriente. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2007), que observou efeito positivo da calagem sobre o conteúdo de Ca na parte aérea das mudas de mogno (*S. macrophylla*), desde que realizada em conjunto com adubação completa (macro e micronutriente), verificou também que a omissão de P provoca a redução do conteúdo de Ca na parte aérea das mudas desta espécie, mesmo sendo realizada aplicação de calagem no substrato.

As plantas tratadas com calcário calcítico (T<sub>3</sub>) apresentaram os maiores conteúdos de Ca e as plantas onde não houve a aplicação de Ca (T<sub>0</sub>) foram as que apresentaram o menor conteúdo desse nutriente (Tabela 8).

Em relação ao conteúdo de Mg na parte aérea das plantas, verificou-se que existiu diferença significativa entre os diferentes tratamentos (F=7,173; p<0,05) e que a absorção deste nutriente foi afetada positivamente pela calagem (Tabela 8). Pois, nos tratamentos em que foi realizada a calagem (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>), observou-se que as plantas apresentaram os maiores conteúdo de Mg e quando houve apenas a correção dos teores de Ca e Mg (T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e T<sub>6</sub>), sem afetar a correção da acidez do solo, a absorção deste nutriente foi inferior, sendo estatisticamente igual a testemunha (T<sub>0</sub>).

Observa-se que a correção da acidez do solo pode ser um fator muito importante para a absorção deste nutriente e que a relação Ca:Mg dos calcários não afetou a absorção do mesmo. Resultados semelhantes a este foram observados por Silva (2004), que observou efeito positivo da calagem sobre o conteúdo de Mg na parte aérea e raiz nas mudas de mogno (*S. macrophylla*).

De acordo com Souza (2007) a calagem afeta positivamente o acúmulo da Mg na parte aérea de mudas de mogno (*S. macrophylla*), desde que realizada em conjunto com uma adubação completa (macro e micronutrientes) e assim como no caso do Ca o acúmulo de Mg também é afetado negativamente pela omissão de P no substrato de cultivo.

As plantas tratadas com calcário dolomítico (T<sub>1</sub>) apresentaram os maiores conteúdos de Mg e as plantas tratadas com Ca e Mg provenientes de fontes não corretivas da acidez (T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> e T<sub>6</sub>) e onde não houve a aplicação de Mg (T<sub>0</sub>) foram as que apresentaram os menores conteúdo deste nutriente.

O conteúdo de S na parte aérea das plantas foi estatisticamente igual em todos os tratamentos (Tabela 8), mostrando que a aplicação de calcário não afetou a absorção deste nutriente na parte aérea das mudas de mogno, assim como a correção dos teores da Ca e Mg no solo, indicando que se o substrato de cultivo estiver com adequado teor nutricional, a absorção deste nutriente não será afetada pela acidez do substrato ou pela deficiência de Ca e Mg.

Resultados diferentes foram encontrados por Souza (2007), pois verificou que o conteúdo de S na parte aérea das mudas de mogno (*S. macrophylla*) foi afetado positivamente pela calagem, desde que realizada em conjunto com uma adubação completa (macro e micronutrientes). Observou também que a omissão de P diminui a absorção deste nutriente.

De acordo com Souza (2007), o nutriente mais importante para a produção de mudas de mogno (*S. macrophylla*) é o P, pois a correção da acidez do substrato ou mesmo a realização de uma adubação sem a adição de P pouco contribuem em termos de absorção dos demais nutrientes. Pois quando se omitiu o P no cultivo de

mudas desta espécie, verificou-se que a absorção dos nutrientes foi igual aos tratamentos sem correção da acidez e sem adubação.

De acordo com os conteúdos de nutrientes na matéria seca da parte aérea observa-se a seguinte ordem de absorção: N>K>Ca>S>P>Mg>Fe>B>Zn>Mn>Cu.

Pela análise de variância, verificou-se que não houve efeito dos diferentes tratamentos sobre o conteúdo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aéreas das mudas de mogno, isto é, a correção da acidez do substrato com a prática da calagem ou a adição de fontes de Ca e Mg ao substrato, não apresentou efeito sobre o conteúdo desses micronutrientes na parte aérea das mudas (Tabela 9).

**Tabela 9.** Conteúdo de micronutrientes na parte aérea das mudas de mogno produzidas em casa de vegetação por um período de 98 dias.

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/unidade experimental				
0	0,031 a	0,0024 a	0,124 a	0,014 a	0,018 a
1	0,030 a	0,0021 a	0,109 a	0,017 a	0,020 a
2	0,035 a	0,0028 a	0,141 a	0,018 a	0,016 a
3	0,029 a	0,0019 a	0,120 a	0,016 a	0,015 a
4	0,033 a	0,0022 a	0,148 a	0,013 a	0,019 a
5	0,041 a	0,0026 a	0,193 a	0,020 a	0,018 a
6	0,034 a	0,0023 a	0,157 a	0,020 a	0,021 a

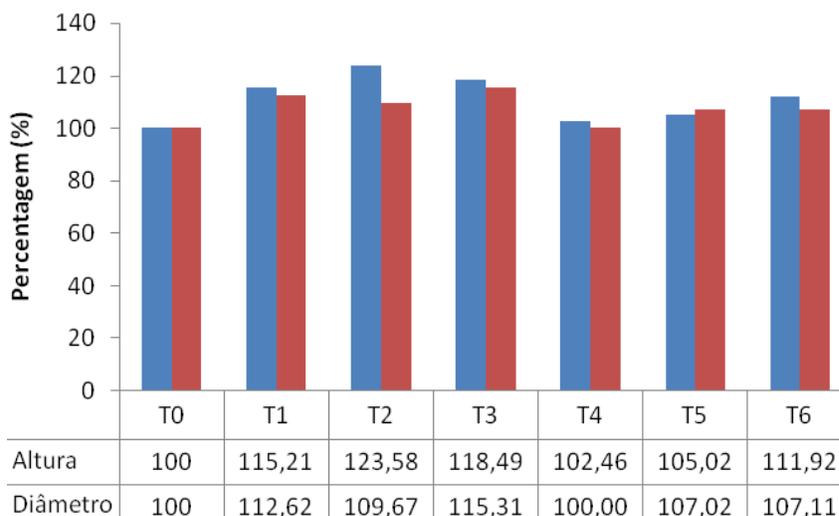
Obs.: Letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Verificou-se também que não houve efeito dos diferentes calcários e das diferentes relações Ca:Mg testadas sobre o conteúdo de micronutrientes na parte aérea das mudas de mogno. Os resultados se devem, provavelmente, ao fato de que a adubação com micronutrientes foi realizada em períodos quinzenais e com produtos quelatados, não havendo desse modo, influência do pH e da presença de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , na disponibilidade dos micronutriente (DECHEN e NACHTIGALL, 2006).

Souza (2007) verificou que não houve efeito da calagem sobre o conteúdo médio de B, Fe e Mn na parte aérea de mudas de mogno (*S. macrophylla*), no entanto, observou que houve efeito da calagem sobre o conteúdo médio de Cu e Zn. De acordo com Silva (2004) a calagem afetou o conteúdo de Fe, Mn e Zn na parte aérea e raiz das mudas de mogno (*S. macrophylla*) não influenciando sobre o conteúdo médio de Cu.

### 5.4.3 Crescimento relativo

As mudas de mogno tratadas com calcário magnesiano ( $T_2$ ) foram as que apresentaram maior crescimento relativo em altura, com aumento de 23,58% em relação à testemunha ( $T_0$ ). As mudas tratadas com calcário dolomítico ( $T_1$ ) foram as que apresentaram o maior crescimento relativo em diâmetro (Figura 11), apresentando um aumento de 12,62% em relação a testemunha ( $T_0$ ).

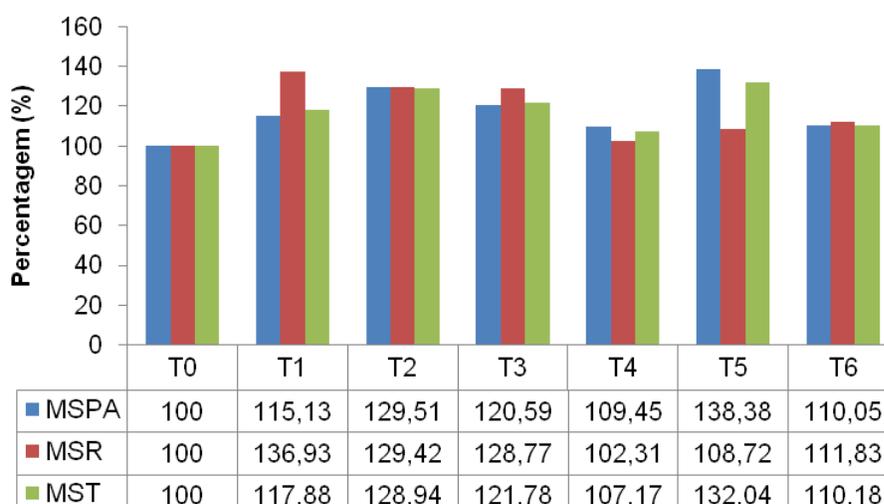


**Figura 11.** Crescimento relativo em altura e diâmetro de mudas de mogno produzidas em casa de vegetação por um período de 98 dias.

As mudas de mogno tratadas com Ca e Mg na relação 9:1 ( $T_5$ ) foram as que apresentaram maior crescimento relativo em matéria seca da parte aérea (MSPA) e

total (MST), com um aumento de 38,38% e 32,04%, respectivamente, em relação à testemunha ( $T_0$ ). As mudas tratadas com calcário dolomítico ( $T_1$ ) foram as que apresentaram maiores valores de crescimento relativo em matéria seca da raiz, com um aumento de 36,93% em relação a testemunha ( $T_0$ ) (Figura 12).

Resultados discordantes a este foram encontrados por Souza (2004), pois verificou que a calagem proporcionou aumento no crescimento relativo das mudas de mogno (*S. macrophylla*), observando-se para a dose de 2,5 t ha<sup>-1</sup> um crescimento relativo de 23% para a altura, 35% para o diâmetro, 93% para a MSPA, 37% para a MSR e 79% para a MST, em relação ao crescimento relativo das mudas cultivadas mediante a ausência do corretivo no substrato. No entanto, acredita-se que tais resultados foram discordantes, devido o trabalho deste autor ter sido realizado em viveiro florestal, e as condições de luminosidade estariam afetando as características desta espécie.



**Figura 12.** Crescimento relativo em matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de mudas de mogno produzidas em casa de vegetação por um período de 98 dias.

Os resultados sugerem que o mogno é uma espécie tolerante a acidez moderada do solo e que um dos principais benefícios da calagem pode ser a adição

da  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  ao solo. No entanto, verificou-se que a calagem afeta positivamente a absorção de K, Ca e Mg na parte aérea das mudas, sendo indicada para a produção de mudas desta espécie, desde que aplicada em conjunto com uma adequada adubação, o que será suficiente para a obtenção de mudas de alta qualidade. Pois, conforme Gonçalves et al. (2000) o estado nutricional das mudas também está relacionado com a taxa de crescimento das mesmas.

## 6. CONCLUSÃO

Observou-se que a resposta das espécies aos diferentes tipos de calcário e a adição de Ca e Mg foi diferenciada.

O cedro foi a espécie mais sensível a acidez, respondendo positivamente a correção do substrato com calcário. Esta espécie não apresentou efeito mediante a adição da Ca e Mg ao solo, proveniente de fontes não corretivas da acidez.

Tanto para o mogno quanto para o angelim-pedra, o principal benefício da calagem pode ser a adição de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  ao solo, além de afetar positivamente a absorção de K, Ca e Mg nas mudas de mogno. Tais espécies mostraram-se tolerantes a acidez moderada do substrato.

De um modo geral, observou-se que os melhores resultados foram encontrados quando as mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa*), cedro (*Cedrela odorata*) e mogno (*Swietenia macrophylla*) foram produzidas utilizando-se calcário magnesiano, formulado com uma relação Ca:Mg de 9:1.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características de qualidade. In: MALAVOLTA, E. (ed.) *Seminário sobre corretivos Agrícolas*. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. p. 97-118.

ALFAIA, S.S. et al. Efeito da aplicação de calcário e micronutrientes em latossolo amarelo da Amazônia Central. *Acta Amazônica*, v.18, n. 3-4, p.13-25, 1988.

ALFAIA, S.S. e OLIVEIRA, L.A. Pedologia e fertilidade dos solos da Amazônia. In: NODA, H.; SOUZA, L.A.G.; FONSECA, O.J.M. (eds), *Duas décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido*. Manaus:INPA, 1997. p.179-191.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. *Manual de adubação*. São Paulo: Ave Maria, 1971. 265p.

AZAMBUJA, J.M.V. Reação do solo a calagem. In: \_\_\_\_\_ *O solo e o clima na produtividade agrícola*. Guaíba: Agropecuária, p.119-134. 1996.

BARBOSA, Z. *Efeito do fósforo e do zinco na nutrição e crescimento de Myracrodruon urundeuva Fr. All. (aroerira-do-sertão)*. 1994. 105f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.

BARROS, P.L.C. et al. Reservas naturais e artificiais de *Swietenia macrophylla* King na Amazonia brasileira numa perspectiva de conservação. In: *Anais do I Congresso Florestal Panamericano e VII Congresso Florestal Brasileiro*. Curitiba-PR. 1993. p.766.

BARROS, J. G. Calagem e Adubação para a formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). 2001. 64p. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM.

BRASIL a, Decreto n. 4.593, de 13 de fevereiro de 2003. Suspende a exploração da espécie Mogno (*Swietenia macrophylla* King) no Território Nacional, pelo período de cento e cinquenta dias, e dá outras providências. D.O.U. de 14 de fevereiro de 2003.

BRASIL b, Decreto n. 4.722, de 5 de junho de 2003. Estabelece critérios para exploração da espécie mogno (*Swietenia macrophylla King*) e outras providências. D.O.U. de 6 de junho de 2003.

CARNEIRO, J.G.A. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos:UENF, 1995. 451p.

CARVALHO, A.S. Morfo-anatomia e crescimento de *Peltophorum dubium* (Leguminosae), em função da omissão de nutrientes e calagem em latossolo vermelho distrófico. 2005. 63p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR.

CFSEMG. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 5ª. Aproximação. Viçosa, 1999. 359p.

COSTA FILHO, R.T. Crescimento de mudas de aroeira (*Astronium urundeuva* Fr. All. Engl.) em resposta à calagem, fósforo e potássio. In: *Anais do II Congresso nacional sobre essências nativas*. 1992, São Paulo, SP. 1992. v.4, p.537-543.

CURTI JÚNIOR, H.M. Efeito do alumínio e do cálcio no crescimento de leguminosas arbóreas. 2001. 100p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Alegre – RJ.

DECHEN, A.R. e NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. (ed), *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.326-354.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos, 1997. 212p.

FEARNSIDE, P.M. Agro-silvicultura na política de desenvolvimento na Amazônia brasileira: a importância e os limites de seu uso em áreas degradadas. In: GASCON, C e MOUTINHO, P. (eds), *Floresta Amazônica: dinâmica regeneração e manejo*. Manaus: INPA, 1998. p. 293-312.

FERNANDES, A.R. CARVALHO, J.G. Crescimento de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em função de relações do K com o Ca e com o Na, em solução nutritiva. *Cerne*, v.7, n.1, p. 84-89, 2001.

FURTINI NETO a, A.E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. *Cerne*, v.5, n.2, p.1-12, 1999.

FURTINI NETO b, A.E. et al. Liming effects on growth of native woody species from Brazilian Savannah. *Pesq. Agropec. Bras.* v.34, n.5, p. 829-837, 1999.

GASCON, C.; MOUTINHO, P. Síntese. In. GASCON, C e MOUTINHO, P. (eds), *Floresta Amazônica: dinâmica regeneração e manejo*. Manaus: INPA, 1998. p. 333-337.

GALETI, P. A. *Conservação do solo: reflorestamento-clima*. 2.ed. Campinas: Instituto campineiro de ensino agrícola, 1982. 286p.

GOMES J. M. et al. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". *Revista Árvore*, v.15, n.1, p. 35-42, 1991.

GOMES, F. T. et al. Influências de doses de calcário com diferentes relações cálcio:magnésio na produção de matéria seca e na composição mineral de alfafa. *Pesq. Agropec. Bras.* v.37, n. 12, p. 1779-1786, 2002.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M. e BENEDETTI, V. (eds), *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.

GULLISON, R. E. et al. *Ecology and management of mahogany (Swietenia macrophylla King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia*. Botanical Journal of the Linnean society 122: 9-34. 1996.

LAMPRECHT, H. *Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado*. Dt. Ges. fur. Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschoborn. (Trad. de Guilherme de Almeida- Sedas e Gilberto Calcagnotto). 1990. 343 p.

LIBARDONI, J.B. et al. Efeito da calagem e fertilizante (NPK) sobre o crescimento e anatomia radicial de grandíuva. *Trema micrantha* (L.) Blume. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, supl. 2, p. 408-410, 2007.

LIMA, E.C. Crescimento e estado nutricional de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla*) em função da calagem. 2005. 73p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA.

LIMA, A.M.N. et al. Cinética de absorção e eficiência nutricional de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 29:903-909, 2005.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 2 ed. Nova Odessa: Plantarum, v. 1, 1992. 352p.

\_\_\_\_\_. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 2 ed. Nova Odessa: Plantarum, v. 2, 1998. 352p.

LOUREIRO, A.A. e SILVA, M.F. *Catálogo de madeiras da Amazônia*. SUDAM: Belém. v.1, 1968. 89p.

\_\_\_\_\_.; SILVA M.F. DA; ALENCAR, J.C. *Essências madeiras da Amazônia*. v. 2, Manaus: INPA, 1979. 169p.

\_\_\_\_\_.; FREITAS, J.A.; RAMOS, K.B.L.; FREITAS, C.A.A. *Essências madeiras da Amazônia*. v. 4, Manaus: MCT/INPA-CPPF, 2000. 191p.

MARQUES, L.C.T.; YARED, J.A.G. Crescimento de mudas de *Didymopanax morototoni* Aublet. Done. (morototó) em viveiro em diferentes misturas de solo. In: *Anais do Simpósio internacional: métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais*, 1984, Curitiba: UFPR/410PF, 1984. p149-163.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubaçãp*. 3.ed. São Paulo: Editora Ceres, 1981. 596p.

\_\_\_\_\_. Respostas das culturas à calagem. In: *Seminário sobre corretivos Agrícolas*. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. p. 123-155.

\_\_\_\_\_.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MATTGE, G.I. Exigências nutricionais, morfo-anatomicas e crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) em latossolo vermelho distrófico. 2006. 41p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR.

NINA JUNIOR, A.R. et al. Acúmulo de biomassa em plantas jovens de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) e mogno (*Swietenia macrophylla* King) submetidas a dois ambientes de luz. In: *Anais da Reunião Regional da SBPC: meu ambiente amazônico, educação para ciência, tecnologia e inovação*. 2005. Manaus: UFAM, 2005. p.21.

ODY, S. *Fertilizantes, corretivos e solos: o tripé das plantas*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1997. 55p.

OLIVEIRA, J.M.F. et al. Respostas de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 33, n.9, p. 45-51, 1998.

OZAKI, F. *Calagem e adubação*. 2.ed. Campinas:IBEA, 1991. 524p.

PAIVA, H.N. e GOMES, J.M. *Viveiros florestais*. 2.ed. Universidade Federal de Viçosa, 2000. 69p. (Cadernos didáticos).

PRIMAVESI, A. *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. 9.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 549p.

QUAGGIO, J.A. *Acidez e calagem em solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronomico, 2000. 111p.

RAIJ, B. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RIBEIRO, J. E. L. S. et al. *Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das planta vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA/DFID, Manaus, 1999. 816 p.

RIBEIRO, W.O. Avaliação das limitações nutricionais para cedro (*Cedrela odorata* L.), em Latossolo amarelo. 2008. Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM.

RIZZINI, C.T. *Árvores e madeiras úteis do Brasil - Manual de dendrologia brasileira*. 2ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1990. 286p.

ROSSIELO, R.O.P. e JACOB NETTO, J. Toxidez de alumínio em plantas: novos enfoques para um velho problema. In: FERNANDES, M.S. (ed), *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.375-418.

ROSOLEM, C.; MACHADO, J.R.; BRINHOLII, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K, e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.12, p.1443-1448, dez. 1984.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. *Plant Physiology*, 4.ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing, 1992. 682p.

SILVA, A.R.M. Calagem para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) e sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn). 2004. 53p. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM.

SILVA, A.R.M. et al. Doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, Manaus, v.37, n.2, p. 195-200, 2007.

SILVA JÚNIOR, C.H. Respostas a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.) e sumaúma (*Ceiba pentandra*). 2006. 56p. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM.

SILVA, W.G. et al. Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em Latossolo amarelo. *Acta Amazonica*, Manaus, v.37, n.3, p. 371-376, 2007.

SOUSA, H.U. Crescimento e nutrição mineral de mudas de açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.). 2000. 124f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

SOUZA, J.M.J. Efeito da calagem e do fósforo no crescimento inicial de *Moringa oleifera*. 2000. 42p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PB.

SOUZA, M.A.S.M. Resposta de mudas de florestais, acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.) e mogno (*Swietenia macrophylla* Beth.) a diferentes formas de adubação. 2006. 157p. Dissertação (mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA/CFT, Manaus-AM.

SOUZA, P.H. Crescimento e qualidade de mudas de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.) em resposta a calagem. 2006. 62p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

SOUZA, C.A.S. Exigências nutricionais e resposta a adubação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). 2007. 63p. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM.

SUDAM. *Pesquisa e informações sobre espécies florestais da Amazônia*. Belém. 1979. 111p.

TUCCI, C.A.F. et al. Calagem e adubação para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). *Cerne*, v.13, n. 3, p. 299 -307, 2007.

UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO, E.A.S. Abandoned pastures in easterb Amazonian. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology*. 76:663-681. 1988.

VARELA, V.P e SANTOS, J. Influência do sombreamento na produção de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). *Acta Amazônica*, v.22, n.3, p. 407-411, 1992.

VASTANO, J.R.B.; BARBOSA, A.P.; GONÇALVES, A.N. Tratamentos pré-germinativos de sementes de espécies de sementes florestais amazônicas. I. Angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke-Leguminosae-Mimosoideae). *Acta Amazônica*, v.13, n.2, p.413-419, 1983.

VENTURINI, R.P. et al. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). *Cerne*, v.6, n.1, p.030-039, 2000.

VERÍSSIMO, A. e GROGAM, J. *Síntese da situação do mogno a nível internacional*. Reunião do grupo de trabalho sobre o mogno. Brasília: IMAZON, p. 2-23, 1998.

VELOSO, C.A.C. et al. Relações cálcio, magnésio e potássio sobre a produção de matéria seca de milho. *Acta Amazônica*. v.31, n.2, p. 193-204, 2001.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M.S. (ed), *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.299-325.

ULHÔA, M.L. Efeito da calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial e nutrição de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil) e tingui (*Magonia pubescens* St. Hil), 1997, 74p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

ZONTA, E. et al. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M.S. (ed), *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 7-52.

## APÊNDICES

**Tabela 1A.** Resumo da análise de variância das características químicas do substrato após a aplicação dos tratamentos: T<sub>0</sub> – testemunha; T<sub>1</sub> – calcário dolomítico; T<sub>2</sub> – calcário magnesiano; T<sub>3</sub> – calcário calcítico; T<sub>4</sub> – relação Ca:Mg de 3:1; T<sub>5</sub> – relação Ca:Mg de 9:1; e T<sub>6</sub> - relação Ca:Mg de 15:1.

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO						
		pH	K <sup>+</sup>	P	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al
Bloco	4	0,021 <sup>ns</sup>	76,70 <sup>ns</sup>	16,84 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,363 <sup>**</sup>
Tratamento	6	0,392 <sup>**</sup>	493,77 <sup>**</sup>	72,30 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>**</sup>	1,256 <sup>**</sup>	0,062 <sup>**</sup>	2,298 <sup>**</sup>
Resíduo	24	0,032	62,33	33,99	0,003	0,033	0,014	0,111
C.V.%		3,08	11,37	17,73	55,50	14,81	34,33	10,187

ns - Não significativo

\*\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

**Tabela 2A.** Resumo da análise de variância da altura da parte aérea; diâmetro do coleto; matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) das mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke).

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO					
		Altura	Diâmetro	MSPA	MSR	MST	R/PA
Bloco	4	8,45 <sup>**</sup>	0,042 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,086 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,0083 <sup>ns</sup>
Tratamento	6	13,17 <sup>**</sup>	0,78 <sup>**</sup>	2,84 <sup>**</sup>	0,33 <sup>**</sup>	4,86 <sup>**</sup>	0,0018 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	2,91	0,116	1,06	0,10	1,75	0,0038
C.V.%		9,85	10,64	33,71	30,77	32,20	17,31

ns - Não significativo

\*\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

**Tabela 3A.** Resumo da análise de variância do conteúdo de macronutrientes em mudas angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke).

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	4	0,40 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>
Tratamento	6	3,85 <sup>**</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>**</sup>	0,81 <sup>**</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	1,33	0,006	0,24	0,23	0,002	0,005
C.V.%		35,36	61,30	34,81	44,05	36,59	34,94

ns - Não significativo

\*\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

**Tabela 4A.** Resumo da análise de variância do conteúdo de micronutrientes em mudas angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke).

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	4	0,19 E <sup>-05</sup> ns	0,21 E <sup>-06</sup> ns	0,15 E <sup>-03</sup> ns	0,15 E <sup>-04</sup> ns	0,72 E <sup>-05</sup> ns
Tratamento	6	0,73 E <sup>-05</sup> ns	0,13 E <sup>-05</sup> **	0,35 E <sup>-02</sup> **	0,52 E <sup>-04</sup> ns	0,27 E <sup>-04</sup> **
Resíduo	24	0,34 E <sup>-05</sup>	0,25 E <sup>-06</sup>	0,85 E <sup>-03</sup>	0,22 E <sup>-04</sup>	0,10 E <sup>-04</sup>
C.V.%		46,77	53,98	34,00	37,38	34,72

ns - Não significativo

\*\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

**Tabela 5A.** Resumo da análise de variância da altura da parte aérea; diâmetro do coleto; matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) das mudas de cedro (*Cedrela odorata* L.).

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO					
		Altura	Diâmetro	MSPA	MSR	MST	R/PA
Bloco	4	91,53 **	0,062 **	2,02 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	7,87 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Tratamento	6	70,92 **	0,059 **	3,91 **	3,18 **	13,94 **	0,05 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	19,84	0,011	0,76	0,88	3,02	0,07
C.V.%		34,03	13,65	65,66	111,62	80,16	50,18

ns - Não significativo

\*\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

**Tabela 6A.** Resumo da análise de variância da altura da parte aérea; diâmetro do coleto; matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) das mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King).

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO					
		Altura	Diâmetro	MSPA	MSR	MST	R/PA
Bloco	4	8,13 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	2,98 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>
Tratamento	6	24,17**	0,004 <sup>ns</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	2,60 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	5,81	0,002	2,78	0,15	3,83	0,002
C.V.%		8,27	8,84	26,14	28,99	25,39	22,82

ns - Não significativo

\*\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

**Tabela 7A.** Resumo da análise de variância do conteúdo de macronutrientes em mudas mogno (*Swietenia macrophylla* King).

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	4	18,65 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	4,04 <sup>ns</sup>	2,71 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,038 <sup>ns</sup>
Tratamento	6	22,10 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	7,08 <sup>**</sup>	22,15 <sup>**</sup>	0,17 <sup>**</sup>	0,083 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	11,25	0,021	2,42	3,20	0,024	0,053
C.V.%		32,25	23,82	22,43	27,29	26,15	22,49

ns - Não significativo

\*\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

**Tabela 8A.** Resumo da análise de variância do conteúdo de micronutrientes em mudas mogno (*Swietenia macrophylla* King).

F.V.	G.L.	QUADRADO MÉDIO				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	4	0,16 E <sup>-03</sup> ns	0,11 E <sup>-05</sup> ns	0,84 E <sup>-03</sup> ns	0,20 E <sup>-04</sup> ns	0,22 E <sup>-04</sup> ns
Tratamento	6	0,81 E <sup>-04</sup> ns	0,43 E <sup>-06</sup> ns	0,40 E <sup>-02</sup> ns	0,39 E <sup>-04</sup> ns	0,22 E <sup>-04</sup> ns
Resíduo	24	0,75 E <sup>-04</sup>	0,12 E <sup>-05</sup>	0,17 E <sup>-02</sup>	0,18 E <sup>-04</sup>	0,24 E <sup>-04</sup>
C.V.%		25,92	48,06	29,45	25,30	27,03

ns - Não significativo

\*\* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.