

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

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE IPÊ ROSA E CEDRO SUBMETIDAS À
CALAGEM E OMISSÃO DE NUTRIENTES**

ISRAEL FERREIRA DE PAULA

MANAUS
2014

ISRAEL FERREIRA DE PAULA

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE IPÊ ROSA E CEDRO SUBMETIDAS À
CALAGEM E OMISSÃO DE NUTRIENTES**

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

Orientador: Carlos Alberto Franco Tucci, Prof. Dr.

Coorientador: Wellington Gomes da Silva, Dr.

MANAUS
2014

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P324c Paula, Israel Ferreira de
Crescimento de mudas de ipê rosa e cedro submetidas à calagem e omissão de nutrientes / Israel Ferreira de Paula. 2014
83 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Carlos Alberto Franco Tucci
Coorientador: Wellington Gomes da Silva
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Nutrição mineral. 2. Produção de mudas. 3. Espécies florestais.
4. Adubação e calagem. 5. Clorofila. I. Tucci, Carlos Alberto Franco
II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

ISRAEL FERREIRA DE PAULA

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE IPÊ ROSA E CEDRO SUBMETIDAS À
CALAGEM E OMISSÃO DE NUTRIENTES**

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

Manaus, 08 de setembro de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Profº Dr. Carlos Alberto Franco Tucci
Universidade Federal do Amazonas/UFAM

Profº Dr. Marciel José Ferreira
Universidade Federal do Amazonas/UFAM

Profº Dr. Wellington Gomes da Silva
Universidade Federal do Amazonas/UFAM

A minha mãe Vera Lúcia de Paula,
Todo meu carinho e a minha gratidão.
Aos meus irmãos e amigos pelo apoio e incentivo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sua infinita bondade, fidelidade e intervenções a meu favor. Gratidão imensurável;

À minha mãe e irmãos, motivo maior dos meus objetivos;

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci, pelos ensinamentos, orientações e paciência. Muito obrigado.

Ao meu Coorientador, Dr. Wellington Gomes da Silva, pelas orientações precisas, tanto teóricas quanto práticas. Grato.

A amigos como Jefferson Ribeiro pela grande ajuda na instalação do experimento, assim como à Daiana Silva, Diegler Coimbra e Klinger Renason pela participação na condução e coleta dos dados do experimento. Gratidão imensurável.

À Nayara Rodrigues dos Santos, pessoa muito especial e que amo muito, pela ajuda na coleta dos dados em pleno dia de festividade natalina e ano novo, e outras contribuições durante a condução do experimento, todo meu carinho e agradecimento.

A Susane Carvalho, grande amiga, pela pronta disposição em ajudar;

Aos amigos que também de forma braçal ou transmitindo informações contribuíram para a realização desse trabalho: Silvio, Iza Batista, Teresila, Dany, Hellen Fernanda, Karen, Ana, prof^o Bruno e prof^o Marciel Ferreira;

Aos colegas do Laboratório de Análises de solos e Planta do INPA pelo apoio;

Ao Centro de Sementes Nativas do Amazonas (CSNAM) e;

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela oportunidade e concessão da bolsa.

RESUMO

A exploração predatória dos recursos florestais da região amazônica tem contribuído para a redução da base genética de suas espécies, fazendo com que algumas sejam listadas como ameaçadas de extinção e tendo sua exploração proibida por lei. Esse problema é ainda agravado pois muitas dessas não tem seu comportamento silvicultural elucidado, dificultando o manejo das mesmas. O objetivo desse trabalho foi investigar os efeitos do uso da calagem e de nutrientes no crescimento de mudas de ipê rosa e de cedro cultivadas em Latossolo Amarelo. O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Federal do Amazonas em Manaus/AM. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados com quatro repetições com 10 tratamentos: T₁: completo; T₂: completo - calagem; T₃: completo - N; T₄: completo - P; T₅: completo - K; T₆: completo - Ca; T₇: completo - Mg; T₈: completo - S; T₉: completo - micronutrientes e T₁₀: testemunha (solo natural). Após 110 dias foram avaliadas as características de crescimento e de biomassa, qualidade das mudas e o conteúdo de nutrientes na matéria seca da parte aérea. Também foram determinados os teores de clorofila nas mudas de ipê rosa. As mudas de ipê rosa não tiveram as variáveis de crescimento afetados pela omissão de S, enquanto que para as variáveis de biomassa a omissão de S afetou apenas a relação R/PA. Já as mudas de cedro não demonstraram exigências por N. Estas espécies mostraram-se exigentes aos demais nutrientes, sobretudo o P. Com base no IQD ambas espécies, sob a omissão de P, são equiparadas ao do tratamento testemunha. A absorção de nutrientes pelas mudas de ipê rosa mostrou-se maior quando se omitiu o S. O maior acúmulo de nutrientes, com exceção de Cu, nas mudas de cedro foi encontrado quando se omitiu o N. Em relação ao teor de clorofila, as mudas de ipê rosa apresentaram diferença apenas para clorofila *a*, sendo que os menores teores foram encontrados no tratamento com omissão de N, P e Mg. O índice de conteúdo de clorofilas (ICC) também mostrou menores valores para omissão de N, P e Mg. Não foi observado correlação entre os dois métodos de determinação de clorofila avaliados. Os resultados obtidos permitem concluir que tanto para o ipê rosa quanto para o cedro a deficiência de P no solo o torna o nutriente que mais limita o crescimento das espécies. A ordem decrescente dos nutrientes limitantes com base na produção relativa da matéria seca total para o ipê rosa: P > micronutrientes > Mg > calagem > K > Ca > N > S, e para o cedro: P > S > micronutrientes > Mg > K > Ca > calagem > N.

Palavras chave: Nutrição mineral, produção de mudas, espécies florestais, adubação mineral, calagem, clorofila.

ABSTRACT

The predatory exploitation of forest resources in the Amazon region has contributed to the reduction of the genetic basis of their species, causing some are listed as endangered and having their exploitation prohibited by law. This problem is exacerbated because many of these species has not silvicultural behavior elucidated, complicating the management of them. The aim of this study was to investigate the effects of the use of liming and chemical fertilizers on the growth of seedlings of pink ipe and cedar grown in Yellow Latosol. The experiment was conducted in a greenhouse at the University Federal of Amazonas in Manaus/AM. The treatments were carried out in randomized block design with four replications with 10 treatments: T₁: complete; T₂: complete - liming; T₃: complete - N; T₄: complete - P; T₅: complete - K; T₆: complete - Ca; T₇: complete - Mg; T₈: complete - S; T₉: complete - micronutrients and T₁₀: control (natural soil). After 110 days were evaluated the growth characteristics and biomass, quality of seedlings and the nutrient content in the dry matter of shoots. We also determined the chlorophyll content in pink ipe seedlings. The pink ipe seedling growth were not affected by the omission of variables S, while for the biomass variables the omission S only affect the root and shoot ratio. Have the cedar seedlings showed no requirements for N. These species were demanding the other nutrients, especially the P. Based on Dickson quality index of both species under the omission of P, were equivalent to the control treatment. The absorption of nutrients by pink ipe seedlings was higher when it omitted the S. The largest accumulation of nutrients, except for Cu, in cedar seedlings was found when was omitted N. Regarding the chlorophyll content, the pink ipe seedlings showed differences only for chlorophyll a, and the lowest levels were found in the treatment with omission of N, P and Mg. The chlorophyll content index (CCI) also showed lower values for omission of N, P and Mg. There was no correlation between the two methods for the determination of assessed chlorophyll. The results showed that both the pink ipe as to Cedar P deficiency in the soil makes the nutrient that most limits the growth of the species. The decreasing order of limiting nutrients based on the relative production of total dry matter for the pink ipe: P > micronutrients > Mg > Liming > K > Ca > N > S, and the cedar: P > S > micronutrients > Mg > K > Ca > Liming > N.

Keywords: Mineral Nutrition, seedling production, Forest species, mineral adubation, liming, chlorophyll.

LISTA DE FIGURA

- FIGURA 1** – Produção relativa de matéria seca total (MST) de mudas de ipê rosa, submetidas a tratamentos com omissão da calagem e de nutrientes..... 43
- FIGURA 2** – Relações entre o índice de conteúdo de clorofila (ICC) e os teores de clorofila a (Chl a) (a), clorofila b (Chl b) (b), clorofila total (Chl total) (c)..... 54
- FIGURA 3** – Produção relativa de matéria seca total (MST) de mudas de cedro, submetidas a tratamentos com omissão da calagem e de nutrientes..... 61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Atributos químicos e granulométricos do solo antes e após a aplicação dos fertilizantes.....	32
TABELA 2 – Características de crescimento e número de folhas de plantas de ipê rosa (<i>Tabebuia rosea</i>), 110 dias após o transplântio das mudas, em função dos tratamentos.....	37
TABELA 3 – Produção de matéria seca e Índice de Qualidade de Dickson, em mudas de ipê rosa (<i>Tabebuia rosea</i>), 110 dias após o transplântio das mudas, em função dos tratamentos.....	41
TABELA 4 – Conteúdo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de ipê rosa (<i>Tabebuia rosea</i>), 110 dias após o transplântio das mudas.....	45
TABELA 5 – Conteúdo de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de ipê rosa (<i>Tabebuia rosea</i>), 110 dias após o transplântio das mudas.....	50
TABELA 6 – Teores de pigmentos cloroplásticos e índice de conteúdo de clorofila (ICC) de plantas de ipê rosa (<i>Tabebuia rosea</i>), 110 dias após o transplântio das mudas.....	51
TABELA 7 – Características de crescimento e número de folhas de plantas de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.), 110 dias após o transplântio das mudas, em função dos tratamentos.....	55
TABELA 8 – Produção de matéria seca e Índice de Qualidade de Dickson, em plantas de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.), 110 dias após o transplântio das mudas, em função dos tratamentos.....	62
TABELA 9 – Conteúdo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.),110 dias após o transplântio das mudas.....	64
TABELA 10 – Conteúdo de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.), 110 dias após o transplântio das mudas.....	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES.....	15
3.1.1 Ipê rosa (<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.)DC.).....	15
3.1.2 Cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.).....	16
3.2 EFEITO DA CALAGEM E FERTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO NO CRESCIMENTO DE MUDAS FLORESTAIS.....	18
3.3 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ESPÉCIES FLORESTAIS.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1 LOCAL DO ESTUDO.....	28
4.2 COLETA E ANÁLISES DO SOLO.....	28
4.3 PRODUÇÃO DE MUDAS.....	29
4.3.1 Mudanças de Ipê rosa	29
4.3.2 Mudanças de cedro.....	29
4.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	30
4.4.1 Delineamento experimental.....	30
4.4.2 Preparo dos tratamentos.....	30
4.4.3 Tratos silviculturais.....	32
4.5 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	33
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1 IPÊ ROSA.....	36
5.1.1 Características de crescimento e número de folhas.....	36
5.1.2 Matéria seca, relação raiz/parte aérea e índice de qualidade de Dickson do ipê rosa.....	40
5.1.3 Absorção de nutrientes pelo ipê rosa.....	44
5.1.4 Teores foliares de pigmentos cloroplastídicos e índice de conteúdo de clorofila (ICC) do ipê rosa.....	51
5.2 CEDRO.....	55
5.2.1 Características de crescimento e número de folhas.....	55
5.2.2 Matéria seca, relação raiz/parte aérea e índice de qualidade de Dickson do cedro.....	59
5.2.3 Absorção de nutrientes pelo cedro.....	63
6 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A região amazônica possui a maior floresta tropical do mundo. Seus produtos naturais sempre estiveram presentes na economia da região e constituindo-se em alternativas de sobrevivência para a comunidade local (WELLERDING; OLIVEIRA, 2005). Entretanto, a exploração desses recursos tem ocorrido de forma predatória, acarretando em perda da biodiversidade e contribuindo para a redução da base genética de inúmeras espécies florestais (VIEIRA; TOLEDO, 2005). Os desafios enfrentados pelo setor florestal é ainda agravado pelo fato de que a maioria dessas espécies não tem seu comportamento silvicultural elucidado, dificultando o manejo das mesmas (GOMES et al., 2010; TONINI et al., 2008).

A colonização da Amazônia a partir do final da década de 1960 foi marcada pelo processo intenso de ocupação e degradação ambiental, com o desmatamento florestal promovido principalmente pela expansão das atividades agropecuárias (FEARNSIDE, 2005) e estendendo-se ao século 21.

Embora desde 2004 a taxa de desmatamento tenha sido reduzida (INPE, 2013), as áreas já desmatadas não são recuperadas, estimando-se que até meados de 2010, a região Amazônica tenha acumulado 12 milhões de hectares de áreas desmatadas, o que equivale a 5,4 vezes a área do estado de Sergipe (IPAM et al., 2014). A ameaça de extinção de espécies florestais e a abrangente área afetada pelo desmatamento desenfreado de anos passados tornam evidente a grandeza do problema e a necessidade de recuperação dessas áreas, o que tem despertado interesse pela produção de essências florestais nativas, com potencial para arborização urbana, recomposição de ecossistemas degradados e/ou exploração comercial (HOMMA, 2012).

Dentre as essências florestais com potencial de uso múltiplo e de grande aceitação para fins industriais tem-se o ipê rosa (*Tabebuia rosea*) e o cedro (*Cedrela odorata*) (ANGELO et al., 2001; SANTANA, 2003; IMAZON, 2009; CEPEA, 2014).

O ipê rosa produz madeira de qualidade e de fácil trabalhabilidade, sendo empregadas em marcenaria para produção de móveis, construções leves, embarcações, equipamentos desportivos, pisos, dentre outros. Sua árvore também é muito utilizada em paisagismo e arborização urbana, favorecida por suas exuberantes flores de coloração rosa-lilás. Essa espécie apresenta elevado percentual de germinação das sementes e rápido desenvolvimento das mudas, podendo crescer sobre uma variedade de habitats (SALAZAR, 1997).

O cedro é explorado comercialmente como madeira, e devido a seu alto valor e qualidade é requisitado no mercado nacional e internacional. Esta espécie apresenta características que possibilitam sua utilização para substituir o mogno (LOUREIRO et al., 2000; VASCONCELLOS et al., 2001), estando ainda ameaçada de extinção resultante da exploração irracional (ALMEIDA et al., 2010), o que valoriza ainda mais o seu destaque e produção no setor de produtos florestais.

Embora adaptadas ao solo de baixa fertilidade e elevada acidez da região Amazônica, trabalhos com algumas espécies florestais tem demonstrado respostas positivas de crescimento com aplicação de corretivos e fertilizantes no solo (SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2008; SENA et al., 2010; SOUZA et al., 2010; TUCCI et al., 2010;).

Entretanto, a produção de mudas florestais, no geral, é feita com adubação básica orgânica e mineral, de forma generalizada (MORAES NETO et al., 2003), sem levar em consideração as reais exigências das plantas, o que pode reduzir a qualidade das mudas (DIAS et al., 2006).

A calagem e adubação são práticas a serem definidas a nível regional para cada espécie e tipos de solos mais representativos, forçando assim uma reconsideração das formulações de adubação empregadas no setor florestal (GONÇALVES, 1995).

Nesse contexto, o conhecimento das exigências e limitações nutricionais do ipê rosa e do cedro pode auxiliar na produção de mudas de melhor qualidade, evitando-se ainda desperdícios e aplicação errôneas de corretivos e fertilizantes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar os efeitos do uso da calagem e da adubação química do substrato no crescimento de mudas de ipê rosa e cedro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a influência da calagem e da omissão de nutrientes no crescimento, matéria seca e no Índice de Qualidade de Dickson;
- b) Quantificar a influência da calagem e da omissão de nutrientes no conteúdo de nutrientes absorvidos pelas plantas;
- c) Identificar a ordem de limitação dos nutrientes ao crescimento das mudas e;
- d) Investigar a influência dos tratamentos nos teores de pigmentos cloroplastídicos das mudas de ipê rosa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES

3.1.1 Ipê rosa (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.)

Também conhecida por suas sinonímias *Tabebuia mexicana* (C. Mart. ex DC.) Hemsl.; *Tabebuia penthaphylla* (Juss.) Hemsl., e por nomes comuns como ipê, ipê rosa (Brasil); falso roble (Nicarágua), macualiso (Honduras), roble de sabana (Costa Rica) dentre outros; é uma espécie da família Bignoniaceae de ocorrência natural na América Central e norte da América do Sul (Brasil, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela), podendo crescer sobre uma variedade de habitats (SALAZAR, 1997).

Essa espécie pode atingir altura superior a 30 m, com tronco podendo chegar a 100 cm de diâmetro. É caducifólia e apresenta folhas compostas, opostas, com cinco folhas. As flores são grandes, lanceoladas e de coloração rosa-lilás ou quase branca. O fruto é uma vagem septícida, secos e deiscentes. As sementes são aladas de coloração marrom e sua dispersão é anemocórica (SALAZAR, 1997).

As sementes de ipê devem ser colhidas diretamente nas árvores ainda nos frutos, quando houver a mudança da coloração de verde para castanho claro e início da deiscência dos frutos (MÉNDEZ; SOIHET, 1997). Um quilograma de sementes possui aproximadamente 50.000 unidades (PARRAGUIRRE, 1993). As sementes podem ser armazenadas sob refrigeração. Sem qualquer tratamento as sementes iniciam a germinação entre 14-21 dias, podendo apresentar mais de 90% de germinação se as sementes estiverem recém-coletadas (SALAZAR, 1997; MIRANDA, 1999).

Após a germinação a plântula pode ser repicada da sementeira para recipientes quando atingirem entre 5 a 10 cm de altura e permanecer no viveiro por aproximadamente 4 meses, sendo necessário o controle fitossanitário de combate a formiga que pode desfolhar a planta. Em condições ideais o desenvolvimento do ipê no campo é rápido, podendo alcançar 9 metros aos 3 anos de idade (SALAZAR, 1997; MIRANDA, 1999).

A espécie tem grande valor comercial por apresentar madeira de fácil trabalhabilidade e ótima para acabamento sendo empregada em confecções de móveis, construção leve,

embarcações, equipamentos desportivos e pisos. A árvore é ainda utilizada em paisagismo e arborização urbana devido as suas atrativas flores rosa-lilás, além de apresentar bom crescimento em plantio de enriquecimento e potência para projetos de recuperação de áreas degradadas (SALAZAR, 1997). Em meados de 2014, o metro cúbico de pranchas de ipê chegou a ser cotado em US\$ 1.716,5 no estado São Paulo (CEPEA, 2014).

3.1.2 Cedro (*Cedrela odorata* L.)

Também conhecida como cedro rosa e cedro vermelho, é uma espécie da família Meliaceae com centro de origem na Amazônia (LORENZI, 1998), distribuindo-se naturalmente pela América Central e América do Sul (CAVERS et al., 2003). No Brasil sua ocorrência estende-se da Amazônia até o estado de São Paulo (LOUREIRO et al., 1979; LORENZI, 1998). No Amazonas encontra-se em solos argilosos nas terras firmes e também em solos arenosos (LOCATELLI et al., 2007).

Segundo Gutiérrez e Ricker (2012) o cedro requer solos profundos, férteis, bem drenado e arejado, com boa fertilidade, especialmente P, K e Ca, e pH ligeiramente ácido e não tolera alagamento ou níveis elevados de alumínio, ferro e zinco, fato que explica os poucos exemplares da espécie na floresta.

A árvore é de grande porte podendo atingir 40 m de altura e 120 cm de diâmetro (CARVES et al., 2003), com tronco reto ou tortuoso com sapopemas quase sempre presentes (TOMAZELLO FILHO et al., 2000). As folhas das árvores de do gênero *Cedrela* são compostas, alternas, com 6-12 pares de folíolos. As flores são amarelo pálidas e unissexuais polinizadas por pequenos abelhas, vespas e mariposas (BAWA et al., 1985; NAVARRO et al., 2002). Os frutos são capsulares marrons-acizentados (KLEIN, 1984), deiscentes e as sementes são leves e aladas (JAMES et al., 1998), sendo dispersas pelo vento (MARTINS et al., 2008).

Essa espécie apresenta comportamento supra-anual para a fase reprodutiva, e esta é influenciada pela precipitação e temperatura média dos meses anteriores a fenofase de floração e de frutificação (ANDRADE et al., 2009), florescendo no início da estação chuvosa (MARTINS et al., 2008).

Seus frutos devem ser colhidos diretamente da árvore, quando houver a primeira passagem da coloração verde para o marrom, antes das cápsulas serem abertas. Um quilo de

sementes varia entre 40.000 e 60.000 unidades. A semente perde rapidamente a viabilidade, mas pode ser armazenado durante anos a 5°C hermeticamente selado com baixo teor de umidade (CORDERO; BOSHIER, 2003).

A germinação de suas sementes ocorre 5 a 20 dias, após a semeadura e termina em 30 a 40 dias (LOCATELI et al., 2007), podendo ser repicadas para recipientes quando atingirem 5-8 cm de altura e as primeiras folhas verdadeiras aparecerem devendo permanecer entre 3-4 meses no viveiro (CORDERO; BOSHIER, 2003).

Em florestas naturais, logo após o início da estação chuvosa, é comum observar elevada densidade de plântulas próxima a árvores que frutificaram (CINTRON, 1990). Entretanto, a mortalidade dessas plântulas é elevada, e quase todas morrem no meio da estação chuvosa (MARTINS et al., 2008).

Em condições ideais, o cedro apresenta rápido crescimento com média anual nos primeiros anos de 1,3-1,6 m em altura e 1,3-1,6 cm em DAP (CORDERO; BOSHIER, 2003), e após a fase vulnerável juvenil (3-4 anos) pode crescer anualmente 2,5 cm de diâmetro e 2 metros de altura (GUTIÉRREZ; RICKER, 2012). No entanto recomenda-se seu plantio com outras espécies arbóreas reduzindo os ataques de predadores tais como a *Hypsipyla grandella* (LOCATELI et al., 2006).

O cedro é uma espécie explorada comercialmente como madeira e comercializada no mercado nacional e internacional devido ao alto valor e qualidade da sua madeira, sendo muito utilizada em marcenaria para construções de móveis, caixotaria, compensados, obras internas, caixas de charutos e em embarcações leves (CARVES et al., 2003; ANDRADE; PEREIRA, 1994). Sua madeira apresenta fácil trabalhabilidade e recebe muito bem trabalho de acabamentos, incluindo polimento que se ressalta muito atrativo (HANADA et al., 2005). Essas características possibilitam a sua utilização para substituir o mogno (LOUREIRO et al., 2000; VASCONCELOS et al., 2001). Em virtude da excelente qualidade de sua madeira, o cedro tem sofrido com a exploração predatória estando ameaçado de extinção (ALMEIDA et al., 2010). Em 2014, o preço mínimo do metro cúbico de pranchas de cedro no estado Mato Grosso foi cotado em US\$ 602,55 (MATO GROSSO, 2014).

3.2 EFEITO DA CALAGEM E FERTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO PARA O CRESCIMENTO DE MUDAS FLORESTAIS

Segundo Carneiro (1995), os viveiristas devem estar atentos quanto a nutrição das plantas, pois as mesmas podem apresentar desenvolvimento reduzido sem apresentar sintomas de deficiência nutricionais visíveis.

Para contornar as limitações, Tucci et al. (2007) recomendam a correção da acidez e adubação dos solos amazônicos. Esses autores destacam ainda que acidez é o principal fator limitante ao crescimento de plantas em solos de terra firme.

A calagem é uma das práticas agrícolas que mais contribui para o aumento da eficiência dos adubos e da absorção de água e nutrientes pelas plantas (NOVAIS et al., 2007). Além de reduzir a acidez do solo, ela aumenta a disponibilidade de Ca e Mg e reduz a concentração do Al tóxico e Mn (SENA et al., 2010).

Como corretivo da acidez do solo, a calagem deve proporcionar um pH entre 6,0 e 6,5, pois esta faixa é considerado a mais adequada para a maioria das culturas (MALAVOLTA, 1980). No setor florestal o pH do substrato deve situar-se entre 4,5 a 6,5 para não tornar os nutrientes indisponíveis (CARNEIRO, 1995). Porém Francisco e Beloto (2001) são mais específicos ao recomendar valores de pH próximos a 5,5, uma vez que as espécies florestais plantadas no Brasil são tolerantes à acidez do solo, tendo, portanto a calagem como objetivo maior elevar os teores de Ca e Mg nos solos do que a correção do pH.

Quanto à adubação, sua prática é indicada para aumentar a fertilidade do solo quando esta for abaixo daquilo exigido pela cultura ou para repor os nutrientes perdidos pela exportação dos nutrientes pela retirada da cultura (FRANCISCO; BELOTE 2001), reduzindo assim as limitações químicas e elevando a produtividade do solo (EMBRAPA, 1983).

Têm-se verificado resultados positivos de pesquisas com a aplicação de corretivo e fertilizantes em substrato utilizado na formação de mudas de diferentes espécies florestais nativas.

Tucci et al. (2010) estudando o efeito de níveis crescentes de calcário na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*) em Latossolo Amarelo, concluíram que a prática de calagem como fator de correção do solo favoreceu todas as características de crescimento avaliadas na produção das mudas, e influenciou positivamente a absorção de Ca, Mg e S,

enquanto que não apresentou efeitos estatisticamente significativos para a absorção de N, P e K. No geral, a dose de 2,0 t ha⁻¹ de calcário foi a que apresentou os maiores valores das características avaliadas. Efeito positivo da calagem no crescimento de espécie florestal também foi verificado por Silva et al. (2008) em mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn), em um Latossolo Amarelo, onde a correção do solo influenciou positivamente todas as características avaliadas, exceto a relação parte aérea/raiz, e a absorção de nutrientes obedecendo à seguinte ordem N, P, K, Ca, Mg e Mn e negativamente a de Cu e não alterou a de Fe e Zn. A dose de calcário que acusou o melhor rendimento econômico correspondeu a 0,5 t ha⁻¹. Usando a mesma metodologia para mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.), Silva et al. (2007) verificaram que a calagem deixou de afetar apenas a altura das mudas e afetou positivamente a absorção de N, P, K, Ca, Mg e Mn, recomendando-se também dose de 0,5 t ha⁻¹ de calcário. Sena et al. (2010) também verificaram efeitos positivos da calagem no crescimento e absorção dos nutrientes em mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke).

Cruz et al. (2004), estudando o efeito da elevação da saturação por bases do substrato sobre o desenvolvimento e o padrão de qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley), em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico aos 120 dias após a repicagem, observaram respostas positivas à elevação da saturação por bases até certo limite, sendo recomendável elevá-la para 50 %. Souza et al. (2008), também verificaram a influência da elevação da saturação por bases no crescimento de mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), variando entre os diferentes tipos de solo usados, verificando os maiores crescimento na saturação por bases de 60%, 70% e 40%, no Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo, respectivamente. Entretanto, Bernardino et al., (2005), avaliando o crescimento e a qualidade de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), verificaram que a saturação por bases não teve influência em nenhum dos parâmetros avaliados quando o substrato utilizado foi o Argissolo. Em Latossolo Distrófico, com exceção do diâmetro do coleto, a elevação da saturação por bases exerceu influência significativa, com padrão linear sobre os parâmetros avaliados. No Latossolo Álico foi observado influência significativa com um comportamento quadrático sobre as características avaliadas, sendo indicado a saturação por bases próxima de 50%. Favare et al. (2012), avaliando o efeito da elevação da calagem sobre o desenvolvimento inicial da teca (*Tectona grandis* L.f.), em Latossolo Vermelho-Escuro, verificaram que a elevação das saturações por bases de 70%, o

crescimento e a absorção dos nutrientes foram positivamente afetadas, verificando-se ainda o aumento do acúmulo de K o que reduziu a taxa de transpiração da espécie.

Furtini Neto et al. (1999a), também buscando informações sobre os efeitos de fatores relacionados à acidez do solo Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, no comportamento de quatro espécies florestais, constataram que o tratamento que recebeu Al limitou sensivelmente o desenvolvimento de todas as espécies, enquanto que a calagem favoreceu o crescimento em altura, diâmetro e produção de biomassa, além do tratamento com Ca e Mg, que favoreceram a aquisição e a utilização dos nutrientes. O ipê-mirim (*Stenolobium stans*) e o cedro (*Cedrela fissilis*) mostraram-se mais sensíveis à acidez, porém ipê-mirim e cássia verrugosa (*Senna multijuga*) foram as espécies mais responsivas à correção do solo.

Furtini Neto et al. (1999b), avaliando os efeitos da calagem no crescimento de quinze espécies florestais nativas pertencentes a diferentes grupos ecológicos em um Cambissolo Háplico Distrófico, constataram que em geral, as espécies pioneiras e secundárias apresentam maiores respostas à calagem quanto à produção de matéria seca total, apresentando maiores conteúdos de Ca, Mg e P. As espécies clímax não foram afetadas pelos tratamentos de solo. Os grupos apresentaram baixa eficiência em utilizar o Ca e o Mg. As espécies puderam ser classificadas em altamente sensíveis a altamente tolerantes a acidez. Paiva et al. (2009), também verificaram maiores respostas a calagem e adubação mineral no crescimento de espécies pioneiras, que por serem espécie de início de sucessão, caracterizada por um crescimento inicial rápido, respondem melhor responder à pronta liberação de nutrientes supridos com a adubação mineral.

Benedetti et al. (2009) em experimento com espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*), em Latossolo Vermelho Distrófico, verificaram que a calagem quando utilizada como prática isolada, não resulta em benefícios significativos ao crescimento da espécie. Na ausência de calagem, a adubação orgânica mostrou-se mais favorável em estimular o crescimento das plantas. Em condições de adubação mineral, independente da presença ou não da calagem, o P mostrou-se importante à nutrição da espécie.

Segundo Tucci (1991), após a correção do solo, o fator nutricional que primeiro limita o crescimento de plantas, nos solos de terra firme é o baixo teor de P disponível. Mendonça-Santos et al. (2006) também relata a deficiência de P como sendo o limitante químico mais grave ao

crescimento das plantas em solos da Amazônia. O baixo teor de P disponível nos solos da região se deve à característica de solo-dreno que estes apresentam (NOVAIS et al., 2007).

Gomes et al. (2004), avaliando o desempenho de mudas de angico-branco (*Anadenantheracolubrina* (Vell.) Brenan), em condições diferenciadas de disponibilidade de P no solo e de saturação por bases aos 170 dias após a semeadura, em Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, verificaram que não houve resposta significativa a adição do corretivo por parte da espécie. Essa falta de resposta pode estar relacionada ao fato de que os teores de Ca ($0,9 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) e de Mg ($0,4 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) contidos no solo tenham sido suficientes para suprir as necessidades das plantas. Quanto à aplicação de P a espécie respondeu bem a sua aplicação. Considerando-se a saturação por bases de 40 e 60%, as doses de P que proporcionaram 90% de produção máxima, com base na produção de matéria seca da parte aérea, foram de 127 e 126 mg dm^{-3} , respectivamente. Entretanto, Silva et al. (2011), trabalhando com mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*), cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico, verificaram que a absorção de macronutrientes e o crescimento das mudas foram pouco afetados, tanto pelas fontes de P quanto pelo fornecimento de calcário, indicando ser a espécie pouco sensível à acidez do solo e pouco exigente a esse nutriente. Esse comportamento é um fator importante, pois prever o uso mínimo de corretivos em solos muito ácidos para a produção de algumas espécies florestais nativas (FURTINI NETO et al., 2000).

Resende et al. (2000) avaliando o efeito da adubação fosfatada sobre a nutrição mineral de espécies florestais arbóreas, em um Latossolo Vermelho-Escuro, verificaram que a nutrição das espécies foi afetada pela disponibilidade de P e variou entre os grupos ecológicos, sendo que as menores doses de P limitaram a absorção e a utilização de nutrientes pelas espécies pioneiras. O grupo das espécies clímax foi menos sensível à fertilização fosfatada, comportamento esse associado à menor taxa inicial de crescimento dessas espécies.

Souza et al. (2010), em pesquisas referentes aos requerimentos nutricionais do mogno, (*Swietenia macrophylla* King.), em um Latossolo Amarelo distrófico, coletado da camada de 0 a 30 cm de profundidade, concluíram que há necessidade de correção conjunta da acidez e da fertilidade do solo para solos ácidos e de baixa fertilidade natural, mesmo que o teor de matéria orgânica seja considerado alto. Verificaram ainda que o P é o nutriente que mais limita o desenvolvimento da planta, bem como a absorção dos outros nutrientes e que não há necessidade de adição de K para o desenvolvimento das plantas quando se realiza a calagem. Porém na

ausência de calagem a adição de K deve ser recomendada. O requerimento nutricional do mogno em macronutrientes obedeceu à ordem decrescente de: P>S>K>N. Entretanto, Tucci et al. (2011) não verificaram melhora na qualidade das mudas de mogno com dose de N e P, indicando uma baixa exigência nutricional da espécie na fase inicial de crescimento. Entre os nutrientes avaliados, a espécie parece ligeiramente mais exigente ao K em relação aos demais, sendo sua demanda satisfeita com uma pequena adição do respectivo nutriente.

Pezzutti et al. (1999), avaliando o crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* em resposta a diferentes doses de NPK, cultivadas em substrato à base de uma composto orgânico de casca de *Pinus* spp. ao final de 100 dias, verificaram que quando não foi aplicado fertilizante as mudas apresentaram um menor crescimento enquanto que os máximos crescimentos em altura, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea, massa seca radicular e número de folhas foram obtidos no intervalo de doses de 6,7 a 7,5 kg m⁻³ de substrato.

Marques et al. (2006) verificou respostas positivas de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) a aplicação de adubos nitrogenados, sendo seu melhor desempenho em substrato Argissolo Vermelho-Amarelo em relação ao Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo, provavelmente devido a sua maior fertilidade natural entre outras características físicas. Resposta a adubação nitrogenada, em Latossolo Amarelo Distrófico, também foi verificado em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), tanto para características de crescimento quanto para o acumulação de nutrientes, sendo recomendada a dose de N de 57,5 g ton⁻¹ de substrato para a produção de mudas da espécie. Sob a dose máxima utilizada neste estudo, 120 g N ton⁻¹, verificou-se efeito negativo no crescimento da planta (TUCCI et al., 2009).

Carmo et al. (2010), avaliando a influência das doses de boro e zinco nos teores foliares de boro, cobre, ferro, manganês e zinco em mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata* var. *australis*) em solução nutritiva, verificaram que o boro aumenta a absorção de micronutrientes, enquanto que o zinco aumenta a absorção de ferro, manganês e zinco. As maiores doses de boro e zinco aumentam os teores foliares de todos os nutrientes, exceto o cobre. Concentrações intermediárias de zinco promovem os maiores teores de micronutrientes em folhas da espécie.

3.3 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

Em projetos de reflorestamento ou florestamento torna-se comum o replantio de mudas nas etapas iniciais das atividades quando se verifica alta mortalidade em campo. Isso se dá por que a fase de crescimento inicial é a mais crítica para a sobrevivência de espécies florestais. Portanto, a fase que precede o plantio em campo, ou seja, fase de produção de mudas torna-se a mais importante, pois deve prover mudas de qualidades, com características que possam oferecer resistência às condições adversas que poderão acontecer posteriormente (CARNEIRO, 1995), e que estão mais especificamente relacionadas com a disponibilidade de água, textura do solo, nutrição do solo e precipitação (PINTO et al., 2011).

O estado nutricional pode refletir a qualidade interna da planta, sendo que seu adequado teor nutricional promove bom desenvolvimento, resistência a patógenos e melhor capacidade de adaptação ao novo local, após o plantio (DEL QUIQUI et al., 2004).

No entanto, as exigências nutricionais variam com a espécie, solo e com o nível de outros nutrientes no solo, fazendo com que um mesmo nível seja limitante para uma espécie e não seja para outra (SIMÕES et al., 1974).

Nesse sentido, é imprescindível conhecer as demandas nutricionais de cada espécie florestal, destacando não só os elementos mais limitantes ao seu crescimento, como também seu comportamento em condições de baixa fertilidade para possibilitar o manejo correto do solo nos quais essas espécies vierem a ser cultivadas.

A seguir serão citados alguns trabalhos sobre exigência nutricionais de espécies florestais obtidos através da técnica de diagnose por subtração que, segundo Raij (1991), possibilita o conhecimento dos nutrientes limitantes ao crescimento da planta.

Renó et al. (1997), avaliando os requerimentos e limitações nutricionais de mudas florestais, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, verificaram elevada resposta das espécies à adubação completa, aumentando-se a produção de matéria seca das mudas de canafístula (*Senna multijuga*), cedro (*Cedrela fissilis*), pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) e jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em 67, 17, 82 e 8 vezes, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha. A omissão de N, P ou S resultou em grande redução no crescimento das espécies estudadas, evidenciando suas exigências e as limitações do solo em fornecer tais nutrientes. A omissão do K

não restringiu o crescimento de nenhuma espécie. Apenas o pau-ferro teve seu crescimento reduzido pela omissão de micronutrientes.

Venturin et al. (1999b) estudando as exigências nutricionais iniciais de mudas de angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), em substrato um Latossolo Vermelho-Amarelo, concluíram que a espécie apresenta elevada exigência nutricional para todos os elementos avaliados. Os nutrientes P, N, S e Ca foram os mais limitantes ao crescimento das plantas, apresentando sob omissão de N maior valor para a relação raiz/parte área, assim como o tratamento testemunha. As omissões de K, Ca e de Mg afetaram a absorção de S pelas plantas, justificado pelo fato de que a velocidade de absorção do sulfato depende do cátion acompanhante (MALAVOLTA, 1980).

Venturin et al. (1999a) avaliando o desenvolvimento de plântulas de candiúva (*Trema micrantha*), em substrato de Latossolo Vermelho-Amarelo, verificaram que para o crescimento em altura o nutriente mais limitante foi o N e para o diâmetro foram N, P e B. A matéria seca da parte aérea e radicular foi reduzida com a omissão de N, P e B, enquanto que na omissão de P obteve-se a maior relação raiz/parte aérea. Valencia et al. (2010) também verificaram maiores limitações no crescimento provocados pela omissão de N em plantas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em um solo Podizolico-vermelho.

Martinez et al. (1985), avaliando o efeito da omissão de macronutrientes em mudas de três variedades de *Pinus caribaea*, verificaram que a produções de matéria seca das três variedades foram reduzidas pelas omissões de N e P. Resultado semelhante ao encontrado em pinheiro do paraná (*Araucaria angustilolia* (Bert.)) por Simões e Couto (1973), que constataram ainda que a omissão desses nutrientes causaram sérios prejuízos ao desenvolvimento da planta com resultados próximos ao das testemunhas, enquanto que sob a omissão de K, Ca, Mg, S a planta foi menos afetada.

Como se pode observar, dentre os nutrientes mais limitantes ao crescimento de espécies florestais está o N (RENÓ et al., 1997; SOUZA et al., 2006; SOUZA et al., 2009). A importância deste nutriente para o crescimento de mudas florestais pode ainda ser confirmada em condições de maior controle ambiental como os relatado por Sorreano et al. (2011) que trabalhando com mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*), em solução nutritiva verificaram que a omissão dos nutrientes resultou em alterações morfológicas traduzidas em anormalidades visíveis, e que sob a omissão de Ca, Mg e principalmente de N, obteve-se os menores crescimento em altura, diâmetro

do caule e número de folhas e ramos. Entretanto a produção de biomassa das mudas mostrou-se pouco influenciada pelos tratamentos não apresentando diferença significativa na produção de matéria seca. Resultado semelhante foi encontrado por Barroso et al. (2005), porém com o uso da espécie teca (*Tectona grandis*), verificando que os danos mais intensos e imediatos foram observados na ausência de N e Ca causando, inclusive, apodrecimento das raízes secundárias e paralisação na emissão de novas raízes. A omissão de N resultou em redução no teor de Ca e aumento nos teores de Fe, Zn e Cu da parte aérea das mudas, o que pode ser explicado pelo efeito de concentração, em função da redução de crescimento das mudas. O teor de alguns cátions foi variado conforme as interações entre eles no meio. Já Marques et al. (2004), verificaram que em solução nutritiva as mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) apresentaram decréscimos nos teores de nutrientes devido as suas respectivas omissões e apresentaram sintomas visuais de deficiência, quando o nível exigido pela planta para o seu crescimento vegetal ficou abaixo do considerado suficiente. Estes autores ainda relatam que em virtude do rápido crescimento, o fornecimento de N torna-se crítico ao desenvolvimento inicial da espécie e que os nutrientes Mg, S e Cu foram os menos limitantes ao seu crescimento. Enquanto que Sarcinelli et al. (2004) avaliando a exigência nutricional de mudas *Acacia holosericea*, relataram que houve decréscimo da produção de biomassa em função da omissão de nutrientes, obedecendo a seguinte ordem: -N = -Mg > -K > -S > -Ca > completo > -P, e que, com exceção dos tratamentos completo e -P, todos os outros apresentaram sintomas de deficiência nutricional.

Entretanto, Farias et al. (2010) conduzindo experimento com mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth.) num Latossolo Vermelho Amarelo, verificaram que em tratamento com omissão de N obtêm-se positiva influência nas características morfológicas analisadas, que por se tratar de uma leguminosa pode ter sido beneficiada pela associação com microrganismos. Muito exigente em P, na sua ausência a espécie apresentou maior relação R/PA provavelmente devido ao fato da espécie investir mais em raiz sob condições de baixa fertilidade buscando uma maior absorção dos nutrientes no solo. Locatelli et al. (2007), em solução nutritiva, com mudas de cedro rosa (*Cedrela odorata* L.), também verificaram maior exigência por P, enquanto que a omissão do N foi a que menos afetou o desenvolvimento da planta em diâmetro. Entretanto com base na produção de massa seca total a planta foi afetada obedecendo a seguinte ordem decrescente: -K>-S>-B>-Ca>-Zn>-N>-Mg>-P>água. Portanto, assim como o N, o P tem sido um nutriente muito importante para mudas florestais (DUBOC et

al., 1996; MENDONÇA et al., 1999; NICOLOSO et al., 1999; BENEDETTI et al., 2009; SOUZA et al., 2010), e muito limitante ao seu crescimento (FURTINI NETO et al., 2000).

A necessidade da aplicação de P em substrato para formação de mudas florestais ainda pode ser verificado no trabalho de Souza et al. (2009), que avaliando as exigências nutricionais do cedro (*Cedrela fissilis*), utilizando como substrato um Latossolo Vermelho-Amarelo, constataram ser o P o nutriente mais limitante a produção de matéria seca da parte aérea, estabelecendo a exigência nutricional da espécie na seguinte ordem: $P > N > K > B > S > Ca > Zn > Mg$. Em relação a raiz/parte aérea a espécie apresentou comportamento diferente do encontrado por Farias et al. (2010), sendo seus valores inferiores sobretudo no tratamento com omissão de P. Quanto a absorção de nutrientes, o tratamento com a omissão do P apresentou valores estatisticamente iguais ao do tratamento controle (natural). Menor crescimento com omissão de P, e estatisticamente igual ao do tratamento testemunha, também pode ser verificado em mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish), que segundo Venturin et al. (2005), impediu a produção de matéria verde da planta. Observou-se ainda que a exigência nutricional da candeia, com base na matéria seca da parte aérea, em ordem decrescente foi: $P > N > S > Mg = B > Ca > K > Zn$. Souza et al. (2006), também verificaram comportamento de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Sandwith), em Latossolo Vermelho-Amarelo com omissão de P igual ao do tratamento testemunha, e concluíram que a exigência nutricional apresentada pelas mudas com base na produção de matéria seca da parte aérea em ordem decrescente foi: $P > N > S > B > Zn > Mg > Ca > K$. Quanto a relação R/PA verificou-se altos valores, sobretudo para N, B e Zn. Quanto ao teor dos nutrientes na planta o autor destaca a inibição competitiva entre o K e Ca.

Como verificado até aqui as espécies florestais apresentam requerimentos nutricionais distintos, comumente tendo os nutrientes P e N como os mais limitantes ao crescimento das plantas enquanto que a exigência pelos demais variam bastante entre as espécies. Outro aspecto a ser considerado em trabalhos avaliando a exigência nutricional de espécies florestais é o uso da calagem. Benedetti et al. (2009), avaliando a exigência nutricional em mudas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*) em vasos contendo Latossolo Vermelho Distrófico, verificaram que em condições de adubação mineral, independente da presença ou não da calagem, o P mostrou-se importante à nutrição da espécie, e que a calagem utilizada como prática isolada não resulta em benefícios significativos ao crescimento das plantas. Resultado semelhante ao encontrado por

Souza et al. (2010), em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*), e também por Mendonça et al. (1999), que estudando a nutrição de mudas de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*), observaram que os parâmetros biométricos e produção de biomassa, foram afetados pela omissão de calagem, assim como a calagem aplicada de forma isolada, apresentando neste caso comportamento igual ao do tratamento testemunha, assim como a omissão de P e Ca. Necessidade de calagem para o crescimento pode ser ainda constatada em mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) (MORETTI et al., 2011) e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) (FARIAS et al., 2010).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS) da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), no município de Manaus-AM, no período de setembro a dezembro de 2013.

4.2 COLETA E ANÁLISES DO SOLO

A amostra de solo, que compôs o substrato dos experimentos, foi retirada da camada de 20 a 40 cm de profundidade de um Latossolo Amarelo, de textura argilosa, nas dependências do setor sul da Universidade do Federal do Amazonas (UFAM), cujas coordenadas geográficas são 03° 06' 03,3" de latitude sul e 59° 58' 33,0" de longitude oeste. A amostra foi destorroada e colocada para secar ao ar livre, sendo posteriormente passada em uma peneira de 4 mm de abertura, e acondicionados em sacos de ráfia. Parte da amostra do solo foi passada em peneira de 2 mm de malha e submetida à análises químicas e granulométricas.

As amostras para análises foram enviadas para o Laboratório de Análise de Solo da UFAM e para o Laboratório de Análise de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental. As determinações seguiram metodologias propostas pela Embrapa (2009), sendo feito a determinação de pH em água (1:2,5); Ca, Mg e Al extraídos com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$; S pelo extrator Fosfato de cálcio monobásico em ácido acético; P, K, Fe, Zn, Mn e Cu pelo extrator Mehlich-1; B determinado com água quente; além da determinação da acidez potencial (H+Al) com o extrator Acetato de Cálcio 0,5M e a matéria orgânica (M.O) pelo método Walkley-Black. A partir dos resultados foram calculados os valores da soma de bases (SB), CTC a pH 7,0 (T) e CTC efetiva (t), saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m). Para análise granulométrica foi utilizado o método da pipeta, sendo a fração areia separada através de tamissagem (EMBRAPA, 1997). Os resultados das análises estão descritos na tabela 1.

4.3 PRODUÇÃO DE MUDAS

As sementes das espécies utilizadas foram doadas pelo Centro de Sementes Nativas do Amazonas (CSNAM), pertencentes a lotes provenientes do Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). As características relacionadas as sementes estão descritas no quadro 1.

Espécie	Nº de matrizes	PMS _(g)	Teor de água (%)	G %
Ipê rosa	30	29,89	6,4	80
Cedro	35	9,84	6,1	62

QUADRO 1 – Número de matrizes usadas para coleta das sementes, peso de mil sementes (PMS), teor de água e taxa de germinação (G %) das sementes de ipê e cedro utilizadas para a produção de mudas.

FONTE: CSNAM, 2013.

4.3.1 Mudanças de ipê rosa

Para germinar as sementes foram colocadas em bandejas plásticas (60 x 30 x 8 cm) utilizando como substrato areia lavada e passada em peneira de crivo de 0,8 mm para aumentar a uniformidade das suas partículas, sob 50% de sombreamento.

A repicagem foi feita 30 dias após a semeadura, quando as plântulas apresentaram a formação de dois pares de folhas (SILVA et al., 2007), sendo selecionadas aquelas com altura próximo a 2,5 cm para homogeneização quanto ao tamanho. As plântulas selecionadas foram transplantadas para tubetes tipo citro-pote de polietileno, com capacidade para 3,6 dm³ de substrato.

4.3.2 Mudanças de cedro

As sementes de cedro foram mergulhadas em água durante 24 horas para induzir a germinação mais uniforme das sementes (CORDERO; BOSHIER, 2003).

A germinação foi feita em ambiente com sombreamento de 50% (ROWEDER et al., 2012). As sementes foram colocadas em bandejas plásticas (60 x 30 x 8 cm) utilizando como

substrato areia lavada e passada em peneira de crivo de 0,8 mm para aumentar a uniformidade das suas partículas.

A repicagem foi feita 30 dias após a semeadura, quando as plântulas apresentaram a formação de dois pares de folhas (SILVA et al., 2007), sendo selecionadas aquelas com altura próximo a 1,6 cm para homogeneização quanto ao tamanho. As plântulas selecionadas foram transplantadas para tubetes tipo citro-pote de polietileno, com capacidade para 3,6 dm³ de substrato.

4.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

4.4.1 Delineamento experimental

O experimento foi constituído de 10 tratamentos, para cada espécie, dispostos em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais, sendo cada parcela composta por uma planta.

Os tratamentos empregados foram os seguintes: T₁: completo (calagem + macronutrientes + micronutrientes); T₂: completo - calagem; T₃: completo - N; T₄: completo - P; T₅: completo - K; T₆: completo - Ca; T₇: completo - Mg; T₈: completo - S; T₉: completo – micronutrientes; e T₁₀: testemunha (solo natural).

4.4.2 Preparo dos tratamentos

Foi realizada a calagem do substrato, nos tratamentos onde se fazia pertinente, com 3,63 t ha⁻¹ de corretivo, o que equivale a 7,26 g por parcela experimental. Esse valor foi obtido pelo método de elevação da saturação por bases ao valor de 60% (GONÇALVES, 1995).

O corretivo utilizado foi uma mistura de carbonato de cálcio (CaCO₃) e carbonato de magnésio (4MgCO₃.Mg(OH)₂.5H₂O) p.a., com PRNT de 100%, na relação de 4:1, nos tratamentos T₁, T₃, T₄, T₅, T₈ e T₉. Para o tratamento T₆ o corretivo foi composto apenas de carbonato de magnésio (4MgCO₃.Mg(OH)₂.5H₂O), enquanto que no T₇ foi apenas de carbonato de cálcio (CaCO₃).

Após a incorporação do corretivo, o substrato foi umedecido com água destilada, em quantidade equivalente a 31,5 % do peso do substrato seco e incubado por 30 dias para que ocorresse a solubilização e reação do calcário. Após 30 dias de incubação foi feita a aplicação dos tratamentos com fertilizantes.

Para o ipê rosa e para o cedro a adubação completa consistiu de doses equivalentes, e expressas em mg kg^{-1} de solo, a: N = 300; P = 200; K = 150; Ca = 75; Mg = 15; S = 50; B = 0,5; Cu = 1,5; Mn = 3,6; Mo = 0,15; Zn = 5, conforme sugerido por Malavolta (1980) e Novais et al. (1991) para experimento dessa natureza. A aplicação da fonte de N foi de 1/3 no momento do preparo do solo e o restante em doses iguais aos 30 e 60 dias após a repicagem, em cobertura.

As fontes (p.a.) de nutrientes utilizados foram $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; H_3PO_4 ; $\text{CaH}_4\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; KH_2PO_4 ; KCl; K_2SO_4 ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; ZnCl_2 ; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; H_3BO_3 .

Após a aplicação e homogeneização dos nutrientes aos substratos, estes foram recolocados em seus recipientes, e por fim foi realizado o transplântio das plântulas de ipê rosa e cedro. Durante a condução do experimento foi feita a irrigação das mudas com água destilada, em quantidade equivalente a 31,5 % do peso do substrato seco, determinada diariamente por meio de pesagem das unidades experimentais com auxílio de uma balança eletrônica.

Vinte dias após a aplicação dos tratamentos foi feita a amostragem do solo nas parcelas para realização da análise química que seguiram a metodologia proposta pela EMBRAPA (2009), conforme descrito no item 4.2, e estando os resultados descritos na tabela 1.

TABELA 1 – Atributos químicos e granulométricos do solo antes e após a aplicação dos fertilizantes*.

Características	Solo natural	CFSEMG (1999)	Adubação completa	CFSEMG (1999)
pH (H ₂ O)	4,28	muito baixo	4,7	baixo
C (g kg ⁻¹)	9,16	baixo	10,33	baixo
M.O. (g kg ⁻¹)	15,8	baixo	17,76	baixo
N total (g kg ⁻¹)	n.d.	-	0,91	-
P (mg dm ⁻³)	4	baixo	74,1	muito bom
K (mg dm ⁻³)	19	baixo	113,3	muito bom
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,13	muito baixo	2,35	médio
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,06	muito baixo	0,68	médio
S (mg dm ⁻³)	47,98	muito bom	102,29	muito bom
Al (cmol _c dm ⁻³)	1,67	alta	0,20	muito baixo
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	6,77	alta	3,74	médio
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,25	muito baixo	3,32	médio
t (cmol _c dm ⁻³)	1,92	baixo	3,52	médio
T (cmol _c dm ⁻³)	7,01	médio	7,05	médio
V (%)	3,53	muito baixo	47,07	médio
m (%)	87,10	muito alta	5,68	muito baixo
B (mg dm ⁻³)	0,00	muito baixo	0,51	médio
Cu (mg dm ⁻³)	0,09	muito baixo	0,55	baixo
Fe (mg dm ⁻³)	161	alto	97,1	alto
Mn (mg dm ⁻³)	0,97	muito baixo	2,85	baixo
Zn (mg dm ⁻³)	0,51	baixo	3,63	alto
Areia (dagkg ⁻¹)	17,15	-	-	-
Silte (dagkg ⁻¹)	22,85	-	-	-
Argila (dagkg ⁻¹)	60,00	-	-	-

*Análise do solo após aplicação dos fertilizantes com base no tratamento que recebeu a adubação completa. n.d: não determinado; CFSEMG (1999): interpretação dos resultados das análises de solos, segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.

4.4.3 Tratos silviculturais

Durante a condução do experimento foi necessário realizar o controle de plantas invasoras e o emprego do inseticida Decis® a 0,1% para controlar o ataques de gafanhotos.

4.5 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Ao final do experimento, 110 dias após o transplante, foram avaliados: altura (H) e diâmetro (D) caulinar, relação altura e diâmetro caulinar (H/D), número de folhas completas (NF_c) e número de folhas totais (NF_t), comprimento da raiz (CR), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR), massa da matéria seca total (MST), relação massa seca da raiz e parte aérea (R/PA) e o índice de Qualidade de Dickson (IQD).

A altura foi medida desde a superfície do substrato até a gema apical, com auxílio de uma trena métrica. O diâmetro caulinar foi medido rente à superfície do solo, com auxílio de um paquímetro digital. O comprimento da raiz foi determinado com auxílio de régua milimetrada, após retirada do substrato com jatos de água. O número de folhas completas (NF_c) foram contadas levando em consideração aquelas formadas por 5 folíolos para mudas de ipê rosa e por 6 a 12 folíolos para mudas de cedro. Para o número de folhas totais (NF_t) foram contadas aquelas consideradas como completa em conjunto com as folhas que ainda não haviam emitido o número máximo de folíolos de acordo com suas respectivas espécies.

Após as medições as plantas foram separadas em parte aérea e raiz e acondicionadas em sacos de papel, previamente identificados, e levadas à estufa mantida sob temperatura de 70° C até a obtenção de massa constante, determinada em balança eletrônica de precisão.

Com os dados de crescimento e da massa seca das plantas foi determinado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Dickson et al., 1960 apud FONSECA et al., 2002), conforme descrito a seguir:

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST (g)}}{\text{H (cm) / D (mm) + MSPA (g) / MSR (g)}}$$

Após a pesagem, as amostras secas foram trituradas em moinho tipo Willey e submetidas à análise química para a determinação dos teores de nutrientes pelo método de digestão úmida, segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). A análise do nitrogênio total foi realizada a partir de amostras contendo 0,1 g de matéria seca submetidas à digestão com duplo ácido (H₂O₂ + H₂SO₄), sendo seus teores determinados pela metodologia de Kjeldahl. Os teores de fósforo foram determinados a partir de amostras contendo 0,5 g de matéria seca submetidas à

digestão nitro-perclórica, sendo em seguida, determinados por espectrofotometria a 660 nm. A partir do mesmo extrato nitro-perclórico foram determinados os teores de enxofre por espectrofotometria a 420 nm e os demais (K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn e Cu) por espectrofotometria de absorção atômica. E o conteúdo de nutriente na planta foi estimado com base na MSPA.

A exigência nutricional do ipê e do cedro foi estabelecida com base na produção relativa (PR) de MST das espécies, tomando-se como 100% o tratamento completo (T₁), conforme a seguinte equação:

$$PR (\%) = \frac{\text{MST do tratamento}}{\text{MST do tratamento completo}} \times 100$$

A determinação dos pigmentos cloroplastídicos foi realizada pelos métodos químico e óptico apenas nas mudas de ipê rosa, porque as de cedro não produziram folhas em quantidade e tamanhos que possibilitasse sua determinação.

O método óptico consistiu na determinação do Índice de Conteúdo de Clorofilas (ICC) a partir de leituras realizadas com clorofilômetro portátil (modelo CCM-200, Opti-Science) em duas folhas completamente expandidas e com bom aspecto fitossanitário, realizando-se três leituras a cada lado da nervura central (JESUS et al., 2008), totalizando 12 leituras por indivíduo.

Quanto ao método química, os teores de pigmentos cloroplastídeos foram determinados usando o método de espectrofotômetro modificado de Lichtenthaler e Wellburn (1983). Folhas expandidas e sadias do terço médio superior das plantas foram coletadas, envolvidas em papel alumínio e acondicionadas em caixa térmica protegidas da luz, sendo conduzidas ao Laboratório de Plantas Daninhas da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). As amostras foram compostas por 2 discos foliares retirados em cada planta. As amostras foram pesadas e maceradas em solução de acetona (80% v/v) contendo MgCO₃ (0,5% p/v), e depois centrifugados a 2.500 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi recolhido em um balão volumétrico de 10mL, e adicionado mais acetona 80% até completar o volume.

As absorbâncias dos extratos cetônicos foram determinadas em espectrofotômetro digital, nos comprimentos de 663 nm para clorofila *a* (Chl *a*), 645 nm para clorofila *b* (Chl *b*) e 480 nm para os carotenoides (c_{x+c}). Para o cálculo das concentrações dos pigmentos cloroplastídeos na base de massa fresca (μmol g⁻¹), foram utilizadas as equações descritas por Hendry e Price (1993):

$$\text{Chl } a \text{ (}\mu\text{mol g}^{-1}\text{)} = \frac{(12,7. A663 - 2,69. A645). 1,119. V}{1000.\text{peso (g)}}$$

$$\text{Chl } b \text{ (}\mu\text{mol g}^{-1}\text{)} = \frac{(22,9. A645 - 4,68. A663). 1,102. V}{1000.\text{peso (g)}}$$

$$c_{x+c} \text{ (}\mu\text{mol g}^{-1}\text{)} = \frac{(A480 + 0,114. A663 - 0,638. A645) V. 1000}{112,5.\text{peso (g)}.1000}$$

Onde:

A = absorvância no comprimento de onda indicado;

V= volume final do extrato clorofila-acetona (mL).

Adicionalmente foram calculadas as concentrações de clorofila total (chl *a* + chl *b*), as razões chl *a*/chl *b* e as razões clorofila total/carotenóides (Chl total/ C_{x+c}).

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se as ferramentas do programa Assistat 7.6 Beta. Os dados foram submetidos à análise de variância, e o contraste entre as médias realizado pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 IPÊ ROSA

Observou-se efeito dos tratamentos para todas as características de crescimento (Tabelas 1A e 2A) e para o conteúdo de nutriente (Tabelas 3A e 4A), exceto para o acúmulo de Cu.

5.1.1 Características de crescimento e número de folhas

Em relação à altura das mudas de ipê rosa os tratamentos completo e o completo-S foram superiores aos demais (Tabela 2). Isto evidencia a necessidade de correção da acidez do solo e da adição de nutrientes, exceto S, em substrato ácido e com baixo teor de nutrientes (Tabela 1).

A resposta do ipê rosa a adubação e calagem corroboram com Furtini Neto et al. (1999b) e Paiva et al. (2009), onde afirmam que espécies florestais caracterizadas por um crescimento inicial rápido, respondem bem a calagem e à pronta liberação de nutrientes supridos com a adubação mineral. A ausência de resposta a S pode ser devido ao nível muito bom do elemento no substrato (Tabela 1). Todavia, trabalhos mostram que mesmo em solo com níveis baixos de S, sua omissão não influencia o crescimento de espécies florestais (MENDONÇA et al., 1999; VENTURIN et al., 2005; FARIAS et al., 2010; VALENCIA et al., 2010). Duboc et al. (1996) verificaram que a omissão do S promoveu crescimento maior que do tratamento completo, em altura e diâmetro caulinar em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*). Em solução nutritiva espécie florestal também tem demonstrado crescimento em altura e diâmetro indiferente a omissão de S, como verificado por Sorreano et al. (2011), em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*).

TABELA 2 – Características de crescimento e número de folhas de plantas de ipê rosa (*Tabebuia rosea*), 110 dias após a repicagem das mudas, em função dos tratamentos.

Tratamento	H	D	H/D	C.R.	N.F _t	N.F _c
	(cm)	(mm)	-----	(cm)	(Und)	(Und)
Completo	35,00 a	18,31 a	1,92 b	42,18 a	13,00 a	2,00 a
- Calagem	27,23 b	12,84 b	2,16 a	39,83 a	10,00 b	2,75 a
- N	31,05 b	18,61 a	1,67 b	37,70 a	11,75 b	3,75 a
- P	13,93 d	6,25 d	2,21 a	35,63 a	11,25 b	0,00 b
- K	30,20 b	13,15 b	2,30 a	36,93 a	15,25 a	3,00 a
- Ca	29,93 b	14,36 b	2,09 a	37,30 a	14,250 a	3,25 a
- Mg	26,25 b	11,87 b	2,22 a	38,03 a	10,75 b	2,25 a
- S	36,30 a	18,80 a	1,92 b	35,95 a	14,00 a	3,50 a
- Micro	21,00 c	9,62 c	2,18 a	36,80 a	15,00 a	0,50 b
Testemunha	5,60 e	3,73 e	1,53 b	17,80 b	9,25 b	0,00 b

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. H: Altura da parte aérea; D: Diâmetro caulinar; H/D: Relação altura da parte aérea e diâmetro caulinar; CR: Comprimento da raiz ; N.F_t: Número de folhas totais e N.F_c: Número de folhas completas.

Em relação ao diâmetro caulinar das mudas de ipê rosa, verifica-se que além dos tratamentos completo e completo-S tem-se ainda o tratamento completo-N superior aos demais (Tabela 2), também evidenciando a necessidade de correção da acidez do solo e da adição de nutrientes, exceto N e S em substrato ácido e com baixo teor de nutrientes (Tabela 1).

Considerando a importância de N para o crescimento das plantas e que o teor de matéria orgânica do substrato era baixo (Tabela 1), provavelmente, a exigência da planta em N no tratamento completo-N tenha sido suprida pela reserva desse nutriente existente na semente. Neuburger et al. (2010), verificaram que em plantas de *Euterpe edulis*, o crescimento parece ser independente da fertilidade do solo enquanto há reservas na semente. Segundo o mesmo autor os gastos dessas reservas também parecem ser independentemente do tratamento nutricional a que as plantas foram submetidas mesmo 135 dias após a semeadura. Pouca exigência por N para o crescimento do diâmetro caulinar também foram encontrados em mudas de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) (MENDONÇA et al., 1999) e cedro (*Cedrela odorata*) (LOCATELLI et al., 2007), que apresentaram limitações em altura pela omissão de N e valores médios do diâmetro caulinar estatisticamente igual ao tratamento completo. Já Benedetti et al. (2009), verificaram que mudas de espinheira santa (*Maytenus ilicifolia*) não foram afetadas pela

omissão do N tanto em crescimento em altura quanto em diâmetro caulinar. Resultado semelhante foi encontrado com plantas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*), que ainda apresentaram médias maiores que as do tratamento com adubação completa (FARIAS et al., 2010).

Entretanto o N tem sido o nutriente mais limitante para o crescimento em altura e diâmetro de muitas espécies florestais (NICOLOSO et al., 1999; SOUZA et al., 2009; VALENCIA et al., 2010), das quais podemos citar o pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) (RENÓ et al., 1997), candiúva (*Trema micranta* L.) (VENTURIN et al., 1999a), angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) (VENTURIN et al., 1999b), ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) (SOUZA et al., 2006) e a sangra d'água (*Croton urucurana*) (SORREANO et al., 2011). Essa diferença de exigência nutricional mostra que a prática de adubação não deve ser feita de forma generalizada entre as espécies, evitando com isso mudas de baixa qualidade, deficiência ou toxidez de nutrientes e o desperdício de fertilizantes no setor florestal.

A relação altura/diâmetro caulinar apresentou resultado oposto ao diâmetro caulinar (Tabela 2), assim os tratamentos completo, completo-N e o completo-S foram inferiores aos demais (Tabela 2).

O índice oriundo da relação altura /diâmetro caulinar exprime o equilíbrio de crescimento dessas duas partes da planta (CARNEIRO, 1995), portanto ao considerar o tratamento completo como padrão de comparação, pode-se afirmar que a omissão de N ou S não afetou o equilíbrio entre altura e diâmetro caulinar do ipê rosa. Entretanto, verifica-se que a relação altura/diâmetro caulinar do tratamento testemunha também não diferiu do tratamento completo, o que demonstra a importância de não se usar apenas uma variável biométrica como parâmetro de determinação de qualidade das mudas para essa espécie, mas usa-lo em combinação com outros parâmetros, como por exemplo, o diâmetro caulinar. Segundo Thompson 1985, a relação altura/diâmetro caulinar é simples e preciso para prever a sobrevivência de mudas pós-plantio, por ser um bom indicador da capacidade de resistência a danos físicos, principalmente se combinado com diâmetro caulinar. Tsakaldimi et al. (2013), verificaram que o índice altura/diâmetro caulinar das mudas obtidas na fase de viveiro estavam relacionadas a sobrevivência em campo das mudas de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Ceratonia silqua* e *Pistacia lentiscus*.

O menor crescimento de raiz foi observado no substrato da parcela testemunha (Tabela 2). Quaisquer dos demais tratamentos obtiveram o comprimento da raiz no mínimo duas vezes maior

que o do tratamento testemunha (Tabela 2). O efeito positivo da calagem e da adição de nutrientes no crescimento de raízes pode ser explicado pela redução dos teores de alumínio trocável e pelo aumento dos teores de Ca trocável (Tabela 1). O Ca é essencial para o crescimento merismático, especialmente para o crescimento e funcionamento dos ápices radiculares (MEURER et al., 2007), enquanto que o alumínio em teores elevado no solo afeta a divisão celular da planta, com consequente inibição do alongamento celular, alterando a morfologia e o crescimento das raízes (SOUZA et al., 2007). Mesmo sendo adaptadas a regiões de solos ácidos, as espécies florestais podem apresentar redução do sistema radicular quando submetidas a teores elevado de alumínio (FURTINI NETO et al., 1999a).

A tabela 2 mostra que os tratamentos com omissão de calagem, N e Mg afetam a produção de folhas totais ($N.F_t$), porém são capazes de formar folhas completas ($N.F_c$) estatisticamente iguais ao tratamento completo.

Quanto ao tratamento com omissão de micronutrientes verifica-se que a produção de folhas completas ($N.F_c$) é afetada, e que seu elevado número de folhas totais ($N.F_t$) pode estar relacionado a um distúrbio causado pela deficiência de Cu na planta, pois de acordo com Malavolta et al. (1997) e Epstein e Bloom (2006), um dos sintomas característicos de deficiência desse nutriente é a ocorrência de gemas múltiplas no indivíduo, resultando numa aparência de arbusto.

A omissão de P afeta tanto a produção de folhas totais ($N.F_t$) quanto de folhas completas ($N.F_c$), que assim como o tratamento testemunha, não chegou a formar nenhuma folha completa ao final do experimento (Tabela 2). O P tem um papel-chave em todos os metabolitos relacionados com aquisição, estocagem e utilização de energia necessária para o desenvolvimento da planta (EPSTEIN; BLOOM, 2006), requerida principalmente em espécies pioneiras, uma vez que seu rápido crescimento é decorrente de seu maior metabolismo (GONÇALVES et al., 2000). Por isso, a importância do P para o crescimento da parte aérea do ipê rosa não se limita apenas a altura e diâmetro caulinar, mas também para a produção foliar, pois um dos efeitos mais marcantes da deficiência de P em plantas é a acentuada redução no crescimento da planta como um todo (MALAVOLTA et al., 1997). Nicoloso et al. (1999), observaram que em plantas de *Apuleia leiocarpa* o P também foi o nutriente mais limitante a produção de folhas, porém verificaram que não houve limitação com a omissão dos micronutrientes, o que poderia estar relacionado aos bons teores de micronutrientes do substrato. Segundo Gonçalves et al. (2000), a

quantidade de folhas é uma característica importante pois constituem-se em umas das principais fontes de assimilados e nutrientes para adaptação da muda pós-plantio, devendo ser consideradas mudas florestais de qualidade aquelas que apresentarem o caule preenchido em sua maior extensão com folhas, evidenciando ampla área foliar.

5.1.2 Matéria seca, relação raiz/parte aérea e índice de qualidade de Dickson do ipê rosa

Em relação à massa da matéria seca da parte aérea das mudas de ipê rosa os tratamentos completo e o completo-S foram superiores aos demais (Tabela 3). Este resultado está associado à altura e diâmetro das mudas como descrito em 5.1.1, podendo as mudas do tratamento completo-S terem sido beneficiadas pelo teor natural de S do substrato usado no experimento (Tabela 1). O teor natural de S do substrato pode mascarar os resultados, dificultando o conhecimento da real exigência da espécie por S, visto que espécies florestais têm demonstrado diferentes respostas ao requerimento desse nutriente para a produção de matéria seca da parte aérea (DUBOC et al., 1996; MENDONÇA et al., 1999; NICOLOSO et al., 1999; VENTURIN et al., 1999a; BARROSO et al., 2005; VENTURIN et al. 2005; SOUZA et al., 2006; LOCATELLI et al., 2007; SOUZA et al., 2009; FARIAS et al., 2010; SOUZA et al., 2010; VALENCIA et al., 2010; SORREANO et al., 2011; MORETTI et al., 2011).

Renó et al. (1997), verificou que a baixa produção de matéria seca da parte aérea em mudas de *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* e *Piptadenia gonoacantha* pode ser tão afetada pela omissão de S quanto ao do tratamento testemunha. O mesmo foi verificado por Venturin et al. (1999b), em mudas de *Peltophorum dubium*.

Dentre os tratamentos que afetaram a matéria seca da parte aérea das mudas de ipê rosa, verifica-se que o P apresentou-se novamente como o nutriente mais limitante ao crescimento do ipê rosa (Tabela 3) com produção igual a testemunha, que apresentava teor de P disponível baixo (Tabela 1). O tratamento completo-P promoveu produção da matéria seca da parte aérea de apenas 6,65 % em relação ao tratamento com adubação completa.

Resultado semelhante pode ser encontrado em mudas de *Swietenia macrophylla* (SOUZA et al., 2010); *Cedrela fissilis* (SOUZA et al., 2009); *Cedrela odorata* (LOCATELLI et al., 2007); *Tabebuia impetiginosa* (SOUZA et al., 2006); *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999); e *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* e *Piptadenia gonoacantha* (RENÓ

et al., 1997). Em mudas de *Eremanthus erythropappus* (VENTURIN et al., 2005), a omissão de P foi tão limitante ao desenvolvimento da espécie que a mesma não chegou a produzir biomassa para avaliação.

TABELA 3 – Produção de matéria seca e Índice de Qualidade de Dickson, em mudas de ipê rosa (*Tabebuia rosea*), 110 dias após o transplântio das mudas, em função dos tratamentos.

Tratamento	MSPA	MSR	MST	R/PA	IQD
	------(g)-----			-----	-----
Completo	25,12 a	14,35 a	39,67 a	0,58 a	10,82 a
- Calagem	11,60 c	5,25 b	16,84 c	0,44 b	3,97 c
- N	21,10 b	15,07 a	36,17 a	0,73 a	11,92 a
- P	1,67 d	0,65 c	2,32 d	0,40 b	0,48 d
- K	13,75 c	4,74 b	18,50 c	0,35 b	3,54 c
- Ca	19,25 b	7,56 b	26,81 b	0,40 b	5,80 b
- Mg	10,05 c	4,12 b	14,17 c	0,41 b	3,04 c
- S	26,47 a	12,68 a	39,15 a	0,49 b	9,74 a
- Micro	7,23 c	2,16 c	9,38 c	0,31 b	1,69 d
Testemunha	0,24 d	0,17 c	0,41 d	0,71 a	0,15 d

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca da raiz; MST: matéria seca total; R/PA: relação peso da matéria seca da raiz e da parte aérea e IQD: Índice de Qualidade de Dickson.

A menor produção de matéria seca de raiz foi observada no substrato com o tratamento completo-P e completo-micronutriente, além do testemunha (Tabela 3). Quanto ao tratamento completo-P, este apresentou apenas 5,84% de massa de matéria seca de raiz em relação ao tratamento com adubação completa, evidenciando sua importância para o desenvolvimento desta parte da planta que está diretamente relacionada a exploração do solo e absorção dos nutrientes.

O crescimento radicular deriva das atividades meristemáticas e, é altamente dependente de condições nutricionais externas, uma vez que é relativamente lento a translocação de carboidratos e nutrientes das partes mais maduras das plantas necessárias para os processos de divisão e expansão isotrópica celular, para essa região (EPSTEIN; BLOOM, 2006), o que pode explicar a menor produção de matéria seca da raiz do ipê rosa sob omissão de P. Trabalhos com espécies florestais tem demonstrado que o P é o nutriente mais limitante para a produção de matéria seca da raiz (DUBOC et al., 1996; RENÓ et al., 1997; MENDONÇA et al., 1999;

NICOLOSO et al., 1999; VENTURIN et al., 1999b; SOUZA et al., 2006; BENEDETTI et al., 2009; SOUZA et al., 2009; SOUZA et al., 2010).

Quanto aos micronutrientes, plantas com deficiência de B podem apresentar menor crescimento das raízes por ser um nutriente envolvido no processo de divisão celular, regulação da rigidez da parede celular e transporte de carboidratos das folhas para outros órgãos da planta; redução no crescimento radicular também são provocados pela deficiência de Cu, que reduz a síntese de carboidratos e, de Mn e Zn, que afetam a síntese de proteínas afetando a divisão celular (MALAVOLTA, 1980). Exigência nutricional em micronutrientes para produção de matéria seca da raiz pode ser verificado em mudas de *Swietenia macrophylla* (SILVA et al., 2007); *Schizolobium amazonicum* (MARQUES et al., 2004), *Cedrela fissilis* e *Caesalpinia ferrea* (RENÓ et al., 1997). Plantas de *Trema micranta* (VENTURIN et al., 1999a) também são afetadas principalmente com a omissão do Zn; enquanto que *Cedrela fissilis* (SOUZA et al., 2009), *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999) e *Eremanthus erythropappus* (VENTURIN et al., 2005) são afetadas pela omissão de B.

A massa da matéria seca total e o índice de qualidade de Dickson das mudas de ipê rosa nos tratamentos completo, completo-N e o completo-S foram superiores aos demais (Tabela 3), também evidenciando a necessidade de correção da acidez do solo e da adição de nutrientes, exceto N e S em substrato ácido e com baixo teor de nutrientes (Tabela 1). Estes resultados foram iguais aos obtidos para o diâmetro caulinar (Tabela 2). Segundo Gonçalves et al. (2000), a matéria seca total apresenta relação com o crescimento do diâmetro caulinar, uma vez que este parâmetro está estreitamente relacionado com atividade cambial, que é estimulada pela disponibilidade de carboidratos gerada na fotossíntese, sendo por isso o diâmetro caulinar um bom indicador das taxas de assimilação líquida de produtos da fotossíntese.

Quanto ao índice de qualidade de Dickson, verifica-se uma relação com a produção de matéria seca total. Esta relação, possivelmente, se deve ao fato da matéria seca ter influência no valor final desse índice (TUCCI et al., 2011). Entretanto considerar apenas esse parâmetro como base para determinação de qualidade de mudas de ipê rosa pode inferir em erros gravíssimos visto que as plantas no tratamento completo-N apresentaram sintomas de deficiência do nutriente. Carneiro (1995), enfatiza que não se pode tomar um parâmetro isoladamente para determinação de qualidade de mudas, visto não poder ser bem relacionado a sobrevivência pós plantio.

A produção relativa da matéria seca total evidencia a grande exigência das mudas de ipê rosa por calagem, P, K, Mg e micronutrientes (Figura 1). Os baixos teores desses nutrientes no solo natural (Tabela 1) causaram perda da produção matéria seca total superior a 40% em relação ao tratamento completo (Figura 1). Segundo Sánchez (1981), normalmente, considera-se severa a deficiência de um nutriente quando a produção de massa seca total cai 40% em relação ao tratamento completo.

Com base na produção relativa da matéria seca total apresentado na figura 1, pode-se estabelecer a seguinte ordem decrescente dos nutrientes limitantes ao crescimento do ipê rosa: P > micronutrientes > Mg > calagem > K > Ca > N > S.

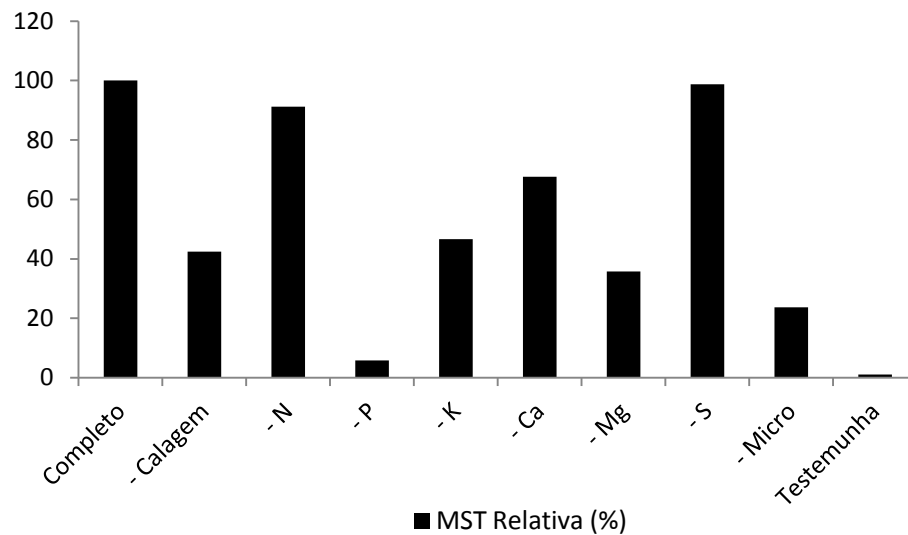


FIGURA 1 – Produção relativa de matéria seca total (MST) de mudas de ipê rosa, submetidas a tratamentos com omissão da calagem e de nutrientes.

A relação ao peso seco de raiz/peso seco da parte aérea (R/PA) tiveram os maiores valores observados nos tratamentos completo e completo-N, além do testemunha (Tabela 3). Esta relação nos fornece um índice da participação da massa do sistema radicular sobre a massa total das mudas. Sendo assim, para os tratamentos mencionados, a relação R/PA mostra que a matéria seca da raiz tem maior participação na matéria seca total das mudas que nos demais tratamentos. Espécies florestais tem demonstrado maior relação R/PA, em função da omissão de N na adubação (VENTURIN et al., 1999b; VENTURIN et al., 2005; SOUZA et al., 2006; SOUZA et al., 2009). Esses resultados corroboram com Marques et al. (2006) que verificaram que em mudas

de *Mimosa caesalpiniaefolia* a relação parte aérea pela raiz com base no peso seco aumentou linearmente com a elevação das doses de N no solo, o que conseqüentemente significa que se houver a redução das doses de N se teria maior relação raiz pela parte aérea.

Tanto a relação R/PA encontrada no tratamento completo-N quanto a encontrada no tratamento testemunha (solo natural) podem ser uma resposta da planta em busca do nutriente com teores baixo no solo, pois frequentemente maior relação R/PA são encontradas em plantas que crescem em solos de baixa fertilidade, como estratégia da planta para explorar ao máximo os nutrientes dos quais necessita (GONÇALVES; MELO, 2000). Isso se dá porque as relações entre o sistema radicular e a parte aérea não consiste apenas em troca de água e nutrientes, mas envolve processos mais complexos. Segundo Epstein e Bloom (2006), hormônios coordenam o processo de desenvolvimento entre raiz e parte aérea: plantas sob níveis baixo de nutrientes apresentam baixas quantidades de citoquinina e altas quantidades de auxina, que favorece o desenvolvimento da raiz em relação ao da parte aérea, e vice-versa.

5.1.3 Absorção de nutrientes pelo ipê rosa

Os maiores conteúdos de N foram observados nos tratamentos completo, completo-calagem, completo-Ca e completo-S (Tabela 4). Estas respostas demonstram que a correção da acidez do substrato, bem como a adição de Ca e S, não aumenta a absorção de N. O acúmulo de N no tratamento completo-S deve-se ao fato de que as mudas de ipê rosa tiveram a maior produção de matéria seca da parte aérea nesse tratamento, e que embora a concentração de S no substrato seja considerada naturalmente muito bom (Tabela 1), a absorção de N pode ser indiferente a presença de sulfato, pois de acordo com Malavolta et al. (1997) a ordem de absorção dos nutrientes aniônicos obedece a série decrescente de $\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{H}_2\text{PO}_4^-$, sendo também o NH_4^+ o mais absorvido entre os nutrientes catiônicos.

TABELA 4 – Conteúdo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de ipê rosa (*Tabebuia rosea*), 110 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- Conteúdo (g planta ⁻¹) -----					
Completo	0,3473 a	0,0225 a	0,2687 b	0,1980 a	0,0314 b	0,0266 a
- Calagem	0,2556 a	0,0081 c	0,2217 b	0,0440 c	0,0094 b	0,0179 b
- N	0,1740 b	0,0208 a	0,2593 b	0,1473 b	0,0274 b	0,0178 b
- P	0,0346 c	0,0010 d	0,0318 d	0,0113 d	0,0024 b	0,0024 d
- K	0,2063 b	0,0101 c	0,0462 d	0,1699 a	0,0375 b	0,0168 b
- Ca	0,3071 a	0,0157 b	0,1770 c	0,0405 c	0,2551 a	0,0262 a
- Mg	0,1650 b	0,0106 c	0,2342 b	0,1128 b	0,0050 b	0,0139 b
- S	0,3623 a	0,0229 a	0,3629 a	0,2124 a	0,0367 b	0,0267 a
- Micro	0,1505 b	0,0101 c	0,1797 c	0,0766 c	0,0172 b	0,0115 c
Natural	n.d.	0,0001 d	0,0014 d	0,0004 d	0,0001 b	0,0001 d

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. n.d.: não determinado por insuficiência de material vegetal.

A omissão de calagem e Ca não afetou o acúmulo de N na planta, explicado em parte, pelo fato deste nutriente poder ser absorvido na forma de cátion NH_4^+ e ânion NO_3^- , pois segundo Mendonça et al. (1999), mudas de *Myracrodruon urundeuva* em substratos com a omissão de calagem possivelmente tenderam a absorver N na forma nítrica, uma vez que os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn tem suas disponibilidades elevadas e podem dificultar a absorção de N na forma de amônio pelas raízes, enquanto que a omissão de Ca deva ter propiciado maior absorção de N na forma amoniacal, devido a redução da competição entre estes cátions. Estudo realizado por Tucci et al. (2010), testando diferentes doses de calcário na formação de mudas de *Ochroma lagopus* também afirma que tal prática não favoreceu a absorção de N pela espécie.

Entretanto os conteúdos de N dos tratamentos completo-calagem e completo-Ca, não corroboram com os encontrados por Sena et al. (2010), que trabalhando com *Dinizia excelsa* verificaram que as mudas tratadas com calcário magnesiano (relação Ca e Mg 9:1), calcário calcítico (relação Ca e Mg 15:1;) e compostos químicos não-corretivos de acidez contendo Ca e Mg na proporção 9:1, foram as que apresentaram maiores conteúdos de N mostrando a importância de uma adequada relação Ca:Mg no substrato de cultivo para a absorção de N, enquanto que para a correção da acidez do substrato para a formação das mudas do ipê rosa usou-

se calagem com Ca e Mg na proporção 4:1, e no tratamento completo-Ca usou-se apenas carbonato de magnésio ($4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) como fonte corretiva.

Silva et al. (2008), estudando o efeito da calagem na produção de mudas de *Ceiba pentandra*, também verificaram que o conteúdo de N na parte aérea e raiz foi afetado positivamente pela calagem, e que segundo os autores estava relacionado à elevação do pH do solo que provoca aumento na decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, a maior mineralização do N, após a calagem. Comportamento semelhante foi relatado por Souza et al. (2010), que afirma haver necessidade de calagem para maior absorção e conseqüente acúmulo de N em mudas de *Swietenia macrophylla*. Afirma-se ainda que para *Swietenia macrophylla* tanto a calagem como a adubação NPK como práticas isoladas afetam a absorção de N, em substrato com baixo teor de nutrientes no solo, não devendo ser recomendada.

Esses resultados demonstram que as espécies florestais podem responder de forma diferenciada à absorção de N sob a aplicação de calagem. A necessidade da adubação nitrogenada para a nutrição de espécies florestais (DUBOC et al., 1996; VENTURIN et al., 1996; RENÓ et al., 1997; VENTURIN et al., 1999b; SARCINELLI et al., 2004; SOUZA et al., 2010) também se evidencia para a formação de mudas de ipê rosa, confirmado pelo baixo conteúdo de N (Tabela 4) e pela manifestação de sintomas característicos de deficiência no tratamento completo-N.

Em relação ao conteúdo de P estes foram maiores nos tratamentos completo, completo-N e completo-S (Tabela 4), indicando que a adição de N e S não interferem na absorção de P. Conforme citado anteriormente os elementos são absorvidos com velocidade diferente, sendo que entre os íons aniônicos o P é o elemento absorvido em menor velocidade (MALAVOLTA et al., 1997). Portanto o conteúdo de P encontrado nos tratamentos com omissão de N e S deve, em parte, estar relacionado com o menor teor desses elementos no substrato, que em quantidade maiores teria a preferência pela absorção da planta. Mudas de *Swietenia macrophylla* também apresentaram maior conteúdo de P com omissão de N, porém em conjunto com a omissão de calagem (SOUZA et al., 2010). Porém a absorção de P pelas mudas de ipê rosa é afetada pela omissão dos demais nutrientes, sobretudo no tratamento completo-P (Tabela 4). Este tratamento foi também o responsável pelos menores conteúdos dos demais nutrientes, com exceção do Cu (Tabela 4 e 5), equiparando-se ao testemunha. A resposta do P como fator limitante à absorção de nutrientes tem sido verificado em espécies florestais (VENTURIN et al., 1996; VENTURIN et al., 1999b; SOUZA et al., 2010), e refletida no crescimento, demonstrando a importância deste

nutriente para a formação das mudas de espécies arbóreas (RENÓ et al., 1997; MENDONÇA et al., 1999; VENTURIN et al., 2005; SOUZA et al., 2006; LOCATELLI et al., 2007; SOUZA et al., 2009; SOUZA et al., 2010). Entretanto Duboc et al. (1996), verificaram que mudas de *Hymenaea courbaril*, são indiferentes a presença de P no substrato indicando haver uma elevada capacidade de extração pelas plantas em condições de pequena disponibilidade (1 mg dm^{-3} de P). O mesmo foi verificado por Sena et al. (2010) com mudas de *Dinizia excelsa* submetida a diferentes doses de calagem. Esta diferença de respostas ao fornecimento de P são constatadas entre espécies florestais de diferentes classes ecológicas. Segundo Rezende et al. (1999), espécies florestais de crescimento rápido como as pioneiras são mais responsivas ao fornecimento de P indicando a necessidade do suprimento deste nutriente para o adequado desenvolvimento das mudas, enquanto que as espécies clímax, dentre as quais está *Hymenaea courbaril* e *Dinizia excelsa*, apresentam-se pouco sensíveis ao suprimento de P.

Para o K os conteúdos foram maiores no tratamento completo-S (Tabela 4), isto evidencia que a aplicação de S não aumenta a absorção de K. Segundo Malavolta et al. (1997), o íon acompanhante influencia a absorção de seu par. Sendo o K^+ um dos cátions absorvido mais rapidamente, pode-se propor que a necessidade da planta em absorve com eficiência íons de SO_4^{2-} em substrato com menor concentração, possa ter favorecido aqueles acompanhados com cátions de K^+ , o que explicaria em parte o conteúdo de K no tratamento completo-S. Este foi o único macronutriente em que o conteúdo do tratamento completo diferiu do tratamento completo-S (Tabela 4). Mudas de *Hymenaea courbaril* também apresentaram conteúdo de K indiferente a presença de S (DUBOC et al., 1996). O requerimento do K por mudas de ipê rosa pode ser verificado no tratamento com sua omissão, que mesmo apresentado matéria seca da parte aérea aproximadamente 8 vezes maior que o do tratamento completo-P, não diferiram quanto ao conteúdo de K (Tabela 4). Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os encontrados por vários autores (DUBOC et al., 1996; VENTURIN et al., 1996; RENÓ et al., 1997; VENTURIN et al., 1999b; WALLAU et al., 2008; SOUZA et al., 2010; TUCCI et al., 2011), indicando a omissão do K como fator limitante à sua absorção por espécies florestais.

Os maiores conteúdos de Ca foram observados nos tratamentos completo, completo-K e completo-S (Tabela 4). Esses resultados corroboram com os encontrados por Duboc et al. (1996), em mudas de *Hymenaea courbaril* e Venturin et al. (1996), em mudas de *Copaifera langsdorffii*. Na omissão de K, o conteúdo de Ca encontrado deve-se possivelmente à redução da inibição

competitiva, favorecendo a absorção de Ca. Renó et al., (1997) trabalhando com mudas de *Piptadenia gonoacantha* e *Cedrela fissilis* relatam que a adubação completa apresentou acúmulo de Ca menor que sob omissão do K. Segundo este autor o maior conteúdo de Ca no tratamento com omissão de K se deve à redução da inibição competitiva entre esses nutrientes. Verifica-se ainda neste mesmo trabalho que a adição de K, na adubação do tratamento completo não aumenta a absorção de Ca em mudas de *Caesalpinia férrea*. Resultado semelhante foi encontrado em mudas de *Swietenia macrophylla* (SOUZA et al., 2010), *Peltophorum dubium* (Venturin et al., 1999), *Hymenaea courbaril* (DUBOC et al., 1996), e *Copaifera langsdorffii* (VENTURIN et al., 1996). A influência da adubação potássica sobre o acúmulo de Ca em espécie florestal ainda pode ser verificado no trabalho de Tucci et al. (2011), que em mudas de *Swietenia macrophylla* verificaram que a medida em que se aumentavam as doses de K de 60 para 100 kg ha⁻¹, o conteúdo de Ca na planta reduziu de 5,93 para 4,68 g/unidade experimental. Percebe-se ainda nesse mesmo trabalho que no tratamento sem K o conteúdo desse nutriente na planta é menor que o de Ca e que a medida que se eleva as dose de K no solo aumentava-se o conteúdo de K e diminui o de Ca na planta.

No tratamento completo-Ca, o conteúdo de Ca só foi maior que dos tratamentos completo-P e testemunha (Tabela 4), tratamentos que tiveram as menores produções de matéria seca da parte aérea. Restrições no acúmulo de Ca em plantas pela deficiência de Ca e P no substrato de formação de mudas florestais tem sido constatado (VENTURIN et al., 1996; DUBOC et al., 1996; RENÓ et al., 1997; VENTURIN et al., 1999; SARCINELLI et al., 2004; WALLAU et al., 2008). A necessidade de substratos adubados com P para melhor absorção de Ca encontrado para o ipê rosa, corrobora com o trabalho de Rezende et al. (2000), que verificaram que espécies florestais, tanto clímax como pioneiras, são responsivas a absorção de Ca com a elevação de diferentes doses de P no solo.

Em relação ao conteúdo de Mg este foi maior no tratamento completo-Ca (Tabela 4), indicando que omissão de Ca de forma isolada não interfere na absorção de Mg. Entretanto há de se considerar que no tratamento completo-Ca a fonte corretiva do substrato foi constituída unicamente de carbonato de magnésio ($4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), o que pode ter influenciado a maior absorção de Mg pelas mudas de ipê rosa. Todavia, segundo Malavolta et al., (1997), inibição competitiva entre íons pode ocorrer quando estes combinam-se com o mesmo sítio ativo do carregador da membrana celular, como acontece com o Ca e Mg, e que esta competição pode

ser desfeita em favor do nutriente que vier a ter o aumento de sua concentração no solo. A inibição competitiva entre Ca e Mg pode ser confirmada pelo tratamento completo que teve o acúmulo de Mg afetado (Tabela 4). Resultado semelhante foi encontrado por Duboc et al., (1996), que verificaram que em mudas de *Hymenaea courbaril* o tratamento com adubação completa foi afetado, enquanto que maiores conteúdos de Mg foram encontrados com omissão de Ca, bem como na omissão de K e N, atribuindo-o a uma possível redução da inibição competitiva, entre estes e o Mg.

Para o S os conteúdos foram maiores nos tratamentos completo, completo-Ca e completo-S (Tabela 4). Conforme os dados de análise química do solo, o substrato usado neste experimento apresentou teores de S considerados muito bom (Tabela 1), o que pode ter contribuído com a absorção deste nutriente no tratamento sob sua omissão. Este fato pode explicar o bom desempenho das mudas de ipê rosa em praticamente todos os parâmetros de crescimento avaliados (Tabela 2 e 3), e indica não haver necessidade de adubação com S em substratos com tais características para a produção de mudas dessa espécie. Quanto ao conteúdo de S encontrado no tratamento completo-Ca, pode ser em parte relacionado ao fato de que no processo de absorção o Ca é o íon acompanhante que promove a menor velocidade de absorção do sulfato, talvez sendo por isso que o ipê rosa mostrou-se indiferente a omissão de Ca para absorção de S. De acordo com Malavolta (1980), a velocidade de absorção do sulfato depende do cátion acompanhante, e obedece a seguinte série crescente: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , NH_4^{+} e K^{+} .

O conteúdo de Fe foi maior no tratamento completo, completo-Ca e completo-S (Tabela 5), isto demonstra que a aplicação de Ca e S não influenciam na absorção de Fe em mudas de ipê rosa. Verifica-se que os teores de Fe do substrato usado para a formação das mudas de ipê rosa eram naturalmente considerados alto (Tabela 1). O Fe é o micronutriente que se apresenta em maior teor no solo, por isso sua deficiência quando aparece é geralmente atribuída a uma diminuição na disponibilidade ou na absorção (MALAVOLTA, 1980). Segundo o mesmo autor a absorção de Fe diminui quando aumenta a concentração Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} e Mn^{2+} , no meio. Portanto o conteúdo de Fe encontrado no completo-Ca pode ser atribuído a própria omissão de Ca nesse tratamento. Enquanto que nos tratamentos com omissão de calagem deva ter sido afetada pelas maiores disponibilidade de Cu^{2+} , Zn^{2+} e Mn^{2+} ocorrendo inibição competitiva, e os demais tratamentos sendo afetados pela elevação do pH e presença de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} e Mn^{2+} .

TABELA 5 – Conteúdo de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de ipê rosa (*Tabebuia rosea*), 110 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	Fe	Zn	Mn	Cu
	----- Conteúdo (mg planta ⁻¹) -----			
Completo	0,9868 a	0,4759 b	0,8450 b	0,0459
- Calagem	0,4341 b	0,3819 b	0,4371 c	0,0287
- N	0,6633 b	0,5343 b	0,5201 c	0,0286
- P	0,0900 c	0,0495 c	0,0525 d	0,0092
- K	0,5542 b	0,4712 b	0,6555 c	0,0775
- Ca	0,9164 a	0,4537 b	0,6766 c	0,0477
- Mg	0,5835 b	0,3680 b	0,5088 c	0,0447
- S	1,1388 a	1,2340 a	1,1286 a	0,0837
- Micro	0,5360 b	0,1673 c	0,2241 d	n.d.
Natural	0,0099 c	0,0039 c	0,0018 d	n.d.

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. n.d: não detectado.

O conteúdo de Zn e Mn foi maior no tratamento completo-S (Tabela 5), mais uma vez evidenciando que o teor natural de S do substrato usado (Tabela 1) não afeta negativamente a absorção de nutrientes pelas mudas de ipê rosa, enquanto que a omissão dos demais nutrientes afetaram a absorção de Zn e Mn (Tabela 5). Porém verifica-se que nos tratamentos completo-calagem, completo-N, completo-K, completo-Ca e no completo-Mg os conteúdos de Zn não diferiram do tratamento com adubação completa. Segundo Malavolta (1980) a calagem pode reduzir a disponibilidade de Zn²⁺, portanto o acúmulo desses nutrientes no tratamento completo-calagem, estaticamente igual ao do tratamento completo, é explicada pela não correção da acidez desse substrato. O mesmo autor cita que a absorção de Zn²⁺ é menor na presença de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ no meio, o que pode explicar também os conteúdos de Zn sob a omissão desses, iguais ao do tratamento com adubação completa, em função da redução da competição entre estes elementos. Esperava-se os mesmo resultados para o conteúdo de Mn nos tratamentos sob omissão desses nutrientes, uma vez que o Mn²⁺ tem sua absorção afetada pelos mesmos fatores. Portanto estes resultados corroboram em parte com os encontrados por Renó et al. (1997), que verificaram que mudas de *Senna multijuga* também apresentam conteúdo de Mn afetado nos tratamentos com omissão de K, Ca e Mg mas não diferindo da adubação completa, o mesmo ocorrendo com o conteúdo de Zn, com exceção sob omissão de Ca. A responsividade do ipê rosa a adubação com

micronutrientes pode ser melhor verificada no tratamento completo-micronutrientes que apresentou conteúdos de Zn e Mn estatisticamente iguais ao dos tratamentos com menor crescimento, completo-P e testemunha (Tabela 5), enquanto que o nutriente Cu não foi encontrado nos tratamentos sob omissão de micronutrientes e testemunha. Sá et al. (2004) também verificaram não haver efeito dos tratamentos com omissão de N, P, K, Ca, Mg e S na absorção de Cu, mas somente com omissão desse mesmo nutriente em mudas de *Schizolobium amazonicum*, o mesmo ocorrendo com a absorção de Zn. Enquanto Mendonça et al. (1999), em *Myracrodruon urundeuva* verificaram que os teores de Cu também não foram afetados com a omissão de calagem, Ca, Mg, N, K, mas sim com a omissão de S, sendo que este não diferiu do tratamento completo.

5.1.4 Teores foliares de pigmentos cloroplastídicos e índice de conteúdo de clorofilas (ICC) do ipê rosa.

A omissão de nutrientes do substrato de crescimento do ipê rosa afetou apenas a concentração de clorofila *a* (Chl *a*) e o índice de conteúdo de clorofilas (ICC) (Tabela 5A).

TABELA 6 – Teores de pigmentos cloroplastídicos e índice de conteúdo de clorofilas (ICC) de plantas de ipê rosa (*Tabebuia rosea*), 110 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	c_{x+c}	Chl total	Chl <i>a</i> /Chl <i>b</i>	Chl total/ c_{x+c}	ICC
	----- $\mu\text{mol g}^{-1}$ -----			----	----	----	
Completo	2,56 a	1,29	0,91	3,85	2,30	4,14	36,68 a
- Calagem	2,52 a	1,06	0,95	3,58	2,46	3,85	27,07 b
- N	0,91 b	1,04	0,26	1,96	3,17	2,49	15,74 b
- P	1,29 b	0,42	0,48	1,71	2,95	3,42	19,63 b
- K	1,82 a	1,01	0,75	2,82	2,27	4,12	25,36 b
- Ca	2,24 a	0,57	0,75	2,80	3,59	4,08	27,24 b
- Mg	1,08 b	0,73	0,46	1,81	3,41	4,23	21,26 b
- S	1,69 a	0,56	0,73	2,25	0,78	2,96	35,13 a
- Micro	2,07 a	0,78	0,75	2,86	2,64	3,85	24,76 b

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Chl *a*: clorofila *a*; Chl *b*: clorofila *b*; c_{x+c} : carotenoides; Chl total: chl *a* + chl *b*; Chl *a*/Chl *b*: razão Chl *a*/Chl *b*; Chl total/ c_{x+c} : razão Chl total/ c_{x+c} ; ICC: índice de conteúdo de clorofila.

Os teores de clorofila *a* foram maiores nos tratamentos completo, completo-calagem, completo-K, completo-Ca, completo-S e completo-micronutrientes (Tabela 6) demonstrando que a correção da acidez do substrato e as adições de K, S e micronutrientes não influenciam no teor de clorofila *a*. Isso pode estar relacionado ao fato de que esses elementos não são diretamente associados ao funcionamento dos pigmentos cloroplastídicos. Ainda pode ser verificado que os teores de clorofila *a* apresentados nesses tratamentos são maiores que os encontrados por Gonçalves et al. (2012) que verificaram em mudas de *Swietenia macrophylla*, submetida a ambiente de alta irradiância, médias próximas de $1,3 \mu\text{mol g}^{-1}$, e também maiores aos encontrados por Gonçalves et al. (2001), que em mudas de *Swietenia macrophylla* e *Dipteryx odorata* plantadas a pleno sol apresentaram médias de 1,16 e $1,77 \mu\text{mol g}^{-1}$, respectivamente, enquanto que sob ambiente sombreado seus teores foram de 2,12 e $2,94 \mu\text{mol g}^{-1}$. Segundo este autor sob alta irradiância, a taxa de degradação de clorofila é maior do que a de síntese, o que explica os maiores teores de pigmentos nos tratamentos sob sombra. Desta forma, pode-se afirmar que as mudas de ipê rosa apresentam padrões de pigmentos com capacidade para se adaptar a ambientes ensolarados, mesmo que produzidas em substrato sem calagem ou com menor concentração de K, Ca, S e micronutriente, pois a produção de clorofila *a* nas mudas de ipê rosa é indiferente a fertilização de substrato com esses nutrientes. Esta informação confirma a importância do ipê rosa para projetos de recuperação de áreas degradadas, pois alta irradiância e baixa fertilidade do solo são fatores característicos dessas áreas.

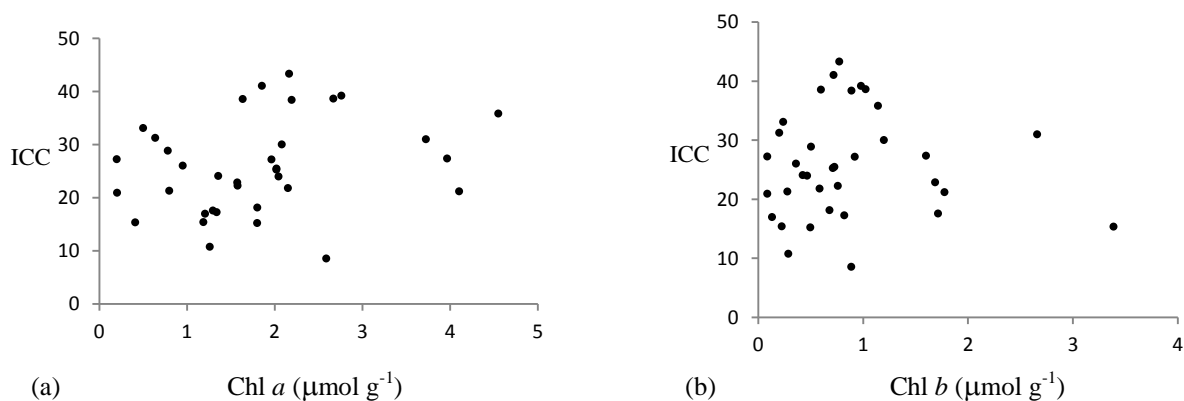
Os tratamentos completo-N, completo-P e completo-Mg afetaram o teor foliar de clorofila *a* apresentando uma redução correspondente a 64,5, 49,6 e 57,8%, respectivamente, em relação ao tratamento completo. O menor teor de clorofila *a* encontrado nesses tratamentos se deve ao fato de que o N, P e Mg são nutrientes que estão diretamente relacionados a síntese e estrutura da molécula de clorofila *a* (TAIZ; ZEIGER, 2006), e que portanto seu menor teor está relacionado a deficiência desses nutrientes no solo.

Os teores de clorofila *b*, carotenoides, clorofila total, razão Chl *a*/Chl *b* e Chl total/ c_{x+c} não difiram entre os tratamentos (Tabela 6). Porém, verifica-se que no tratamento com omissão de N, P e Mg se teve menor valor de clorofila total, e que no tratamento com omissão de N também se tem a menor razão Chl total/ c_{x+c} , que é um indicativo de que esteja ocorrendo a desagregação mais rápida das clorofilas, o que pode explicar a coloração verde - amarelado

apresentado pelas plantas no tratamento com omissão de N. Menor valor da razão $\text{Chl total}/c_{x+c}$ é um indicador de senescência, estresse, e de danos para a planta (HENDRY; PRICE, 1993).

O índice de conteúdo de clorofila foi maior nos tratamentos completo e completo-S, isto evidencia que a aplicação de S não afeta este índice (Tabela 6). O maior índice de conteúdo de clorofila encontrado nesses tratamentos coincide com o fato de que sob esses tratamentos obtiveram-se as mudas de melhor qualidade com base nos parâmetros de crescimento (Tabela 2 e 3) e com folhas com aspectos aparentemente mais saudáveis, sem apresentar sintomas de deficiência nutricionais. Os índices de conteúdo de clorofila dos demais tratamentos foram afetados e não diferindo entre si (Tabela 6). Este resultado, entretanto não se correlacionam com os teores cloroplastídicos determinados pelo método químico. A falta de um comportamento padrão dos teores de pigmentos cloroplastídicos entre os tratamentos influenciou na baixa (e não significativa) correlação (r) encontrada entre os dois métodos de determinação de clorofila que foi de 0,2598, -0,0250 e 0,1688 (Tabela 6A), para clorofila a , clorofila b e clorofila total, respectivamente, em relação ao índice de conteúdo de clorofila (Figura 2). A relação entre os valores de índice de conteúdo de clorofila e os teores de clorofila pelo método químico pode estar sujeito a variação na distribuição da clorofila na superfície da folha, apresentando certa desuniformidade, sobretudo em folhas bem esverdeada o que pode levar a uma subestimação dos valores do clorofilômetro (JESUS; MARENCO, 2008).

Embora os dois métodos de determinação de clorofila não tenham apresentado correlação significativa entre eles, o índice de conteúdo de clorofila apresentou os menores valores nos tratamentos com omissão de N, P e Mg, assim como ocorreu para os teores de clorofilas determinados pelo método químico. Portanto, mais estudos se faz necessário para adequar o uso do clorofilômetro como ferramenta para determinar o teor de pigmentos cloroplastídicos em mudas de *Tabebuia rosea*.



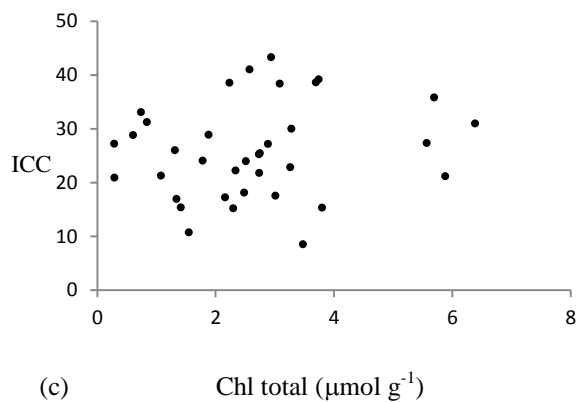


FIGURA 2 – Relações entre o índice de conteúdo de clorofila (ICC) e os teores de clorofila *a* (Chl *a*) (a), clorofila *b* (Chl *b*) (b), clorofila total (Chl total) (c).

5.2 CEDRO

Observaram-se efeito dos tratamentos para todas as características de crescimento (Tabelas 1B e 2B), exceto para a relação peso seco de raiz pelo peso seco da parte aérea, e para o conteúdo de nutriente (Tabelas 3B e 4B).

5.2.1 Características de crescimento e número de folhas

TABELA 7 – Características de crescimento e número de folhas de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.), 110 dias após o transplântio das mudas, em função dos tratamentos.

Tratamento	H (cm)	D (mm)	H/D -----	C.R. (cm)	N.F _c (Und)	N.F _t (Und)
Completo	10,73 b	5,44 c	1,98 b	28,18 a	4,50 c	5,25 d
- Calagem	14,40 a	7,89 b	1,86 b	28,53 a	7,00 b	7,00 c
- N	17,03 a	10,26 a	1,62 b	33,28 a	9,50 a	11,25 b
- P	3,80 c	1,48 d	2,54 a	8,03 d	0,00 d	0,75 e
- K	8,88 b	4,48 c	2,02 b	14,18 c	3,75 c	3,75 d
- Ca	13,38 a	6,20 b	2,22 a	18,00 c	5,50 b	5,50 d
- Mg	9,25 b	4,81 c	1,92 b	21,83 b	2,75 c	2,75 e
- S	7,45 b	3,23 c	2,30 a	12,68 c	4,00 c	4,50 d
- Micro	8,85 b	3,57 c	2,51 a	12,23 c	9,50 a	29,25 a
Testemunha	3,90 c	2,00 d	1,93 b	4,95 d	0,00 d	3,00 e

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. H: Altura da parte aérea; D: Diâmetro caulinar; H/D: Relação altura da parte aérea e diâmetro caulinar; CR: Comprimento da raiz; N.F_c: Número de folhas completas e N.F_t: Número de folhas totais.

Em relação à altura das mudas de cedro os tratamentos completo-calagem, completo-N completo-Ca foram superiores aos demais (Tabela 7). Os maiores crescimento em altura nesses tratamentos evidenciam a baixa responsividade dessa espécie à correção da acidez do solo, a relação Ca:Mg e a adubação com adição de N e Ca na fase de muda. Este resultado pode ser explicado em parte pelo padrão de crescimento lento da espécie. Assim, tal informação corrobora com a proposta de que espécie com crescimento lento, geralmente mais adaptada a solos com suprimento restrito de nutrientes, são menos responsivas ao seu fornecimento. Ao contrário de espécies com maiores taxas de crescimento que se apresentam mais sensíveis à diminuição da

disponibilidade de nutrientes, reduzindo consideravelmente o seu crescimento (FURTINE NETO et al., 1999b; REZENDE et al., 1999).

Ribeiro (2008), também avaliando a exigência nutricional de *Cedrela odorata* L., verificou que com omissão de N, na presença ou ausência de calagem, a espécie apresentou considerável crescimento em altura em relação ao seu tratamento completo. Embora este autor relacione este resultado ao elevado teor de matéria orgânica do solo usado, outro trabalho avaliando a exigência nutricional de *Cedrela odorata* L. realizado em solução nutritiva por Locatelli et al. (2007), verificaram que sob omissão de N a espécie apresentou considerável crescimento em altura e o maior diâmetro caulinar, enquanto que sob omissão de Ca esses parâmetros mantiveram-se com médias intermediárias. Já Souza et al. (2009), verificaram que mudas de *Cedrela fissilis* não tem a altura das mudas afetadas pela omissão de Ca. Não obstante, outras espécies florestais também mostram-se indiferentes a calagem (SOUZA et al., 2010; FARIAS et al., 2010) e adubação com N (SOUZA et al., 2010) e Ca (VENTURIN et al., 2005; SOUZA et al., 2006; SOUZA et al., 2009; VALENCIA et al., 2010; MORETTI et al., 2011), como relatado por Benedetti et al. (2009), que em mudas de *Maytenus ilicifolia* verificaram que a espécie não teve seu crescimento em altura afetado pela omissão do N, na presença ou ausência de calagem. Resultado semelhante foi encontrado com plantas de *Dalbergia nigra*, que sob a omissão de N e de calagem ainda apresentaram médias superiores à do tratamento com adubação completa (FARIAS et al., 2010), enquanto que Nicoloso et al. (1999), verificaram que mudas de *Apuleia leiocarpa* não teve sua altura afetada pela omissão de Ca atribuindo a possibilidade de que os teores naturais do solo fossem adequados para o crescimento em altura da espécie.

Constatado que crescimento das mudas de cedro foram influenciadas positivamente pela omissão de calagem, N e Ca nos tratamentos completo-calagem, completo-N e completo-Ca, pode-se propor que a calagem, ou o Ca proveniente da calagem e o N tenha parte no menor crescimento da planta nos demais tratamentos (Tabela 7).

Os tratamentos completo-K e completo-S dão evidências de que a calagem, e não necessariamente a omissão de K e S possa ter influenciado no baixo crescimento das mudas, pois Ribeiro (2008) verificou que os tratamentos com omissão de K e S, onde a calagem era de apenas 0,5 t.ha⁻¹, apresentaram maiores crescimento em altura da *Cedrela odorata*, mesma dose usada por Silva et al. (2007 e 2008) para produção das espécies florestais *Swietenia macrophylla* e *Ceiba pentandra*. Locatelli et al. (2007) também relataram bom crescimento em altura de *Cedrela*

odorata sob a omissão de K e S, inferiores apenas ao seu tratamento completo, em solução nutritiva. Portanto, a calagem em quantidade de $3,63 \text{ t.ha}^{-1}$, parece afetar o crescimento das mudas de cedro. Quanto ao N, Ribeiro (2008) usou dose de apenas 150 mg kg^{-1} de solo, obtendo-se médias de altura de 25,14, 33,87, 39,67 e 21,25 cm com omissão de P, K, S e calagem, respectivamente, todas superiores ao do tratamento com maior altura obtido nesse experimento (Tabela 7). Tucci et al. (2009), verificaram que para mudas de *Swietenia macrophylla* doses de N a partir de 120 g ton^{-1} de solo há efeito negativo da adubação sobre o seu crescimento e que não foi observado efeitos das doses crescentes na altura das plantas. Portanto, também pode-se propor que a dose de 300 mg kg^{-1} de solo usado neste experimento pode, em parte, ter suprimido o crescimento em altura do cedro.

Para o diâmetro caulinar das mudas de cedro o tratamento completo-N foi superior aos demais (Tabela 7), evidenciando a necessidade de correção da acidez do solo e da adição de nutrientes, exceto N em substrato ácido e com baixo teor de nutrientes (Tabela 1). Ribeiro (2008), também verificou que o cedro sob omissão de N apresenta a maior média do diâmetro caulinar. Estes resultados reforçam o baixo requerimento de N pela espécie, confirmado por Locatelli et al. (2007), que em solução nutritiva, verificaram também o maior crescimento em diâmetro do cedro sob omissão deste nutriente. Diferentemente do crescimento em altura, o crescimento em diâmetro caulinar foi afetado pelos tratamentos completo-calagem e completo-Ca (Tabela 7). Carneiro (1995), fazendo referência a vários trabalhos sobre produção de mudas florestais enfatiza que há uma relação entre diâmetro caulinar e desenvolvimento de raízes, em que mudas com maiores diâmetros também apresentam sistema radicular mais desenvolvido. Verificado a importância da prática da calagem e conseqüentemente do Ca para o desenvolvimento do sistema radicular de espécies florestais (FURTINI NETO et al., 1999a), pode-se afirmar que a ausência desta prática pode também ter afetado o diâmetro caulinar das mudas de cedro. Exigência de Ca para o crescimento em diâmetro caulinar do cedro também foi verificado por Locatelli et al. (2007). Tanto a calagem (MENDONÇA et al., 1999; SILVA et al., 2008; FARIAS et al., 2010; SENA et al., 2010; SOUZA et al., 2010; MORETTI et al., 2011) como a adubação com P, K, Ca, Mg, S (VENTURIN et al., 1999a; VENTURIN et al., 1999b; LOCATELLI et al., 2007; FARIAS et al., 2010; SOUZA et al., 2010) e micronutrientes (MENDONÇA et al., 1999; LOCATELLI et al., 2007; SILVA et al., 2007; SOUZA et al., 2009; FARIAS et al., 2010) tem se mostrado importante para a formação de mudas de espécies florestais pois suas deficiências tem resultado

no menor crescimento do diâmetro caulinar. A importância desse parâmetro para a formação de mudas está relacionado ao fato de que aquelas com maior diâmetro do caule apresentarão maiores chances de sobrevivência em campo (CARNEIRO, 1995).

A omissão de P no solo, ainda que adubado com os demais nutrientes, o torna no mais limitante nutriente ao crescimento em altura e diâmetro das mudas de cedro, comparando-se ao do testemunha (Tabela 7), coletado de profundidade 20 a 40 cm. Este nutriente também foi o mais limitante para a *Cedrela odorata* nos trabalhos de Locatelli et al. (2007) e Ribeiro (2008). Em mudas de *Trema micranta* (VENTURIN et al., 1999a), o crescimento da espécie com omissão de P também foi menor que o do tratamento com solo natural do experimento. Enquanto que em mudas de *Eremanthus erythropappus* (VENTURIN et al., 2005), a planta não chegou sequer a produzir matéria verde, sendo retirado do experimento 60 dias após o plantio. Vários trabalhos com espécies florestais apresentam o P como o nutriente mais limitante para o crescimento das plantas, dentre os quais podemos citar *Cedrela fissilis* (SOUZA et al., 2009); *Maytenus ilicifolia* (BENEDETTI et al., 2009); *Tabebuia impetiginosa* (SOUZA et al., 2006); *Apuleia leiocarpa* (NICOLOSO et al., 1999); *Peltophorum dubium* (VENTURIN et al., 1999b); *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999) e *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis* e *Piptadenia gonoacantha* (RENÓ et al., 1997).

A relação altura/diâmetro caulinar foi maior nos tratamentos completo-P, completo-Ca, completo-S e o completo-micronutrientes (Tabela 7). Como esta relação exprime o equilíbrio de crescimento das mudas, pode-se afirmar que substratos com menor disponibilidade de P, Ca, S e micronutrientes promovem caules menos espessos em relação a altura das mudas de cedro, se comparados com os demais tratamentos. Isto pode ser interpretado como um desequilíbrio entre esses parâmetros, uma vez que diferiu do tratamento completo, tomado como padrão (Tabela 7). Com base na informação de que o diâmetro do caule tem forte relação com a taxa de sobrevivência após plantio, poderíamos considerar que o tratamento completo-Ca, que teve o segundo maior crescimento em altura, reduziu consideravelmente a qualidade do cedro, apresentando diâmetro do caule considerado pequeno para o tamanho em altura das mudas dessa espécie.

O maior comprimento de raiz das mudas de cedro foi observado no substrato com os tratamentos completo, completo-calagem e completo-N (Tabela 7). Isto evidencia que a calagem e a adubação com N de forma isolada não afeta o comprimento da raiz. O comprimento da raiz no

tratamento com omissão da calagem mostra que o cedro apresenta certa adaptabilidade a condições de acidez, enquanto que no tratamento com omissão de N, mais uma vez confirma-se que a espécie apresenta pouca exigência por este nutriente corroborando com vários trabalhos que mostram que espécies florestais não tem o crescimento do sistema radicular afetado pela deficiência de N no meio (MENDONÇA et al., 1999; BENEDETTI et al., 2009; FARIAS et al., 2010; SOUZA et al., 2010; MORETTI et al., 2011; SORREANO et al., 2011).

O maior número de folhas consideradas completas ($N.F_c$) em mudas de cedro foi observado nos tratamentos completo-N e completo-micronutrientes (Tabela 7), evidenciado que a adição de N e micronutrientes não afeta o número de folhas. A maior produção de folhas completas promovida pelo tratamento com omissão de N condiz com o crescimento das mudas de cedro apresentado neste experimento. Quanto ao tratamento com omissão de micronutrientes, sua maior produção de folhas completas pode estar relacionado a própria deficiência de micronutriente. Segundo Malavolta et al. (1997) e Epstein e Bloom (2006), plantas com deficiência de Cu podem ter seus ramos jovens frequentemente seco, em consequência disso, brotos novos emergem de múltiplos botões inferiores resultando numa aparência de arbusto, como verificado neste experimento. Quando analisado o número de folhas totais emitidas pelo cedro sob condição de omissão de micronutrientes (Tabela 7), verifica-se que neste tratamento chega-se a emitir quase 6 vezes mais folhas do que o tratamento completo. Os demais tratamentos afetaram a produção de folhas completas e totais (Tabela 7). O tratamento completo-Mg teve seu número de folhas completas ao final do experimento reduzido pelas perdas das folhas durante a condução do experimento, em consequência de cloroses manifestadas nas folhas com posterior sequidão dos ramos. Porém o tratamento que mais limitou a produção de folhas nas mudas de cedro foi tratamento completo-P. Em condições de deficiência de P no solo, as mudas de cedro não foram capazes de produzir folhas completas, não diferindo do tratamento testemunha. Nicoloso et al. (1999), observaram que em plantas de *Apuleia leiocarpa* o nutriente P também foi o nutriente mais limitante a produção de folhas.

5.2.2 Matéria seca, relação raiz/parte aérea e índice de qualidade de Dickson do cedro

Em relação às características da matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e índice de qualidade de Dickson das mudas de cedro, o tratamento completo-N foi

superior aos demais (Tabela 8). Para todas as características os resultados evidenciam que a adição de N não afeta a produção de matéria seca da planta de cedro, nem o índice de qualidade de Dickson. O resultado para a matéria seca da parte aérea está associado à altura e diâmetro das mudas como descrito em 5.2.1. A produção de matéria seca da parte aérea de cedro parece ser favorecida pela omissão de N no substrato, pois Ribeiro (2008), também verificou que mudas de *Cedrela odorata* não tiveram este parâmetro afetado, apresentando média de 5,77 g, e aumentando ainda mais este peso quando a omissão de N se dava em conjunto com a omissão da calagem, para 9,18 g. Porém neste caso, o autor atribuiu o resultado ao elevado teor de matéria orgânica do solo. A produção de matéria seca da parte aérea de mudas de *Dalbergia nigra* (FARIAS et al., 2010), *Maytenus ilicifolia* (BENEDETTI et al., 2009) e *Swietenia macrophylla* (SOUZA et al., 2008), também não mostraram-se limitadas pela omissão de N do substrato de crescimento. A matéria seca da raiz, assim como a matéria seca total do tratamento completo-N, também tendeu a acompanhar o maior crescimento da parte aérea das mudas de cedro deste tratamento, o que culminou com mudas de maior qualidade segundo o índice de qualidade de Dickson. Para a matéria seca da raiz, isto se dá por que, há uma estreita relação entre diâmetro caulinar e desenvolvimento de raízes, em que mudas com maiores diâmetros também apresentam sistema radicular mais desenvolvido (CARNEIRO, 1995). Enquanto que para a matéria seca total, se dá por que, segundo Gomes e Paiva (2004), os mesmos fatores que influenciam no crescimento em altura das mudas atuam sobre a massa da matéria seca total. No trabalho de Ribeiro (2008), verificou-se que a omissão de N, quando em conjunto com a omissão da calagem, também promoveram as maiores produções da matéria seca da raiz e total. Comportamento semelhante, diante da omissão de N no meio, também foi observado em mudas de *Toona ciliata*, (MORRETI et al., 2011); de *Croton urucurana* (SORREANO et al., 2011); de *Swietenia macrophylla* (SOUZA et al., 2010); de *Dalbergia nigra* (FARIAS et al., 2010); de *Maytenus ilicifolia* (BENEDETTI et al., 2009); e de *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA et al., 1999). Considerando a importância de N para o crescimento das plantas pode-se propor que o cedro apresente baixo requerimento nutricional por N na fase de muda ou que a exigência da planta em N no tratamento completo-N tenha sido suprida pela reserva desse nutriente existente na semente, ou mesmo pelo seu teor existente no solo natural.

A produção relativa da matéria seca total do cedro evidencia sua grande exigência nutricional por P, S e micronutrientes (Figura 3). Os baixos teores desses nutrientes no substrato

(Tabela 1) causaram produção de matéria seca total de apenas 3,6, 21,7 e 26,1% nos tratamentos completo-P, completo-S e completo-micronutrientes, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Figura 3). Os teores de P, S e micronutrientes do substrato podem ser considerados como de grande deficiência para a produção de mudas de cedro, pois segundo Sánchez (1981), normalmente, considera-se severa a deficiência de um nutriente quando a produção de massa seca total cai 40% em relação ao tratamento completo.

Com base na produção relativa da matéria seca total apresentado na figura 3, pode-se estabelecer a seguinte ordem decrescente dos nutrientes limitantes ao crescimento do cedro: P > S > micronutrientes > Mg > K > Ca > calagem > N.

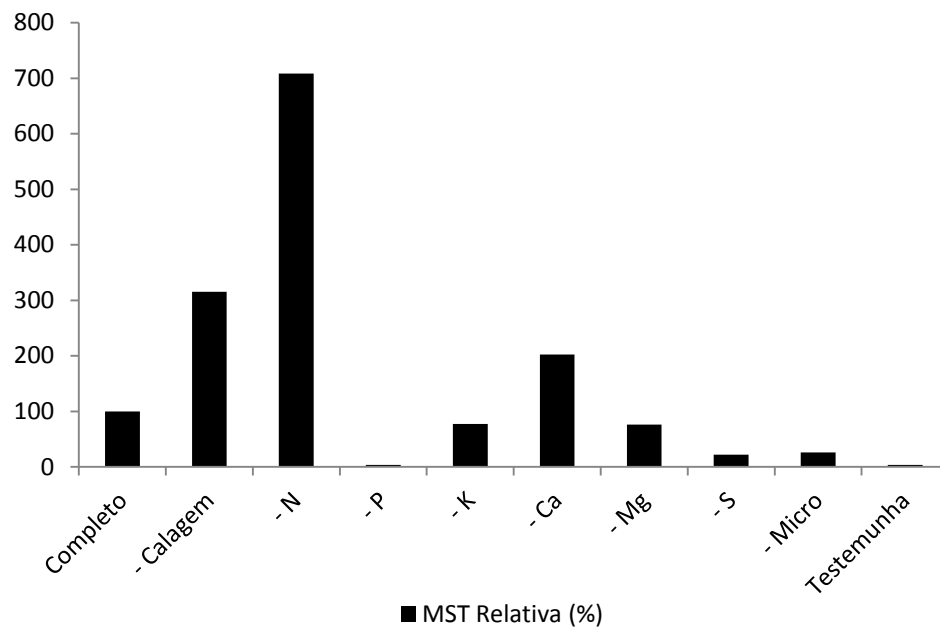


FIGURA 3 – Produção relativa de matéria seca total (MST) de mudas de cedro, submetidas a tratamentos com omissão da calagem e de nutrientes.

TABELA 8 – Produção de matéria seca e Índice de Qualidade de Dickson, em plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.), 110 dias após o transplântio das mudas, em função dos tratamentos.

Tratamento	MSPA	MSR	MST	R/PA	IQD
	------(g)-----			-----	-----
Completo	1,06 c	0,31 b	1,38 b	0,29 b	0,26 b
- Calagem	3,08 b	1,27 b	4,35 b	0,40 b	1,04 b
- N	5,55 a	4,24 a	9,78 a	0,70 a	3,25 a
- P	0,04 c	0,02 b	0,05 b	0,68 a	0,01 b
- K	0,64 c	0,42 b	1,07 b	0,67 a	0,30 b
- Ca	2,34 b	0,45 b	2,79 b	0,20 b	0,38 b
- Mg	0,85 c	0,20 b	1,05 b	0,24 b	0,17 b
- S	0,24 c	0,06 b	0,30 b	0,24 b	0,05 b
- Micro	0,30 c	0,06 b	0,36 b	0,20 b	0,05 b
Testemunha	0,03 c	0,02 b	0,05 b	0,70 a	0,01 b

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. MSPA: peso da matéria seca da parte aérea; MSR: peso da matéria seca da raiz; MST: peso da matéria seca total; R/PA: relação peso da matéria seca da raiz e da parte aérea e IQD: Índice de Qualidade de Dickson.

A relação peso seco de raiz/peso seco da parte aérea (R/PA) das mudas de cedro foram maiores nos tratamentos completo-N, completo-P, completo-K e no testemunha (Tabela 8). Os resultados evidenciam que omissões isoladas de N, P e K não afetam esta relação. Os maiores valores da relação R/PA encontrados nesses tratamentos indicam que as mudas investiram mais em biomassa da raiz em relação a biomassa da parte aérea do que os demais tratamentos, em função da omissão de seus respectivos nutrientes. Este fato é comumente relacionado a plantas que crescem sob condições de baixa fertilidade do solo, como uma estratégia para explorar ao máximo o solo e assim obter os nutrientes que estão em baixas concentrações (GONÇALVES; MELO, 2000), conforme verificado no tratamento testemunha (Tabela 8). Portanto, a maior relação R/PA promovida pelo tratamento completo-N pode ter sido o resultado tanto do maior crescimento da planta quanto da estratégia da planta para explorar o solo em busca desse nutriente. Resultado semelhante pode ser encontrado em mudas de *Cedrela fissilis* (SOUZA et al., 2009); *Tabebuia impetiginosa* (SOUZA et al., 2006); *Eremanthus erythropappus* (VENTURIN et al., 2005); *Trema micranta* (VENTURIN et al., 1999a); e em mudas de *Peltophorum dubium* (VENTURIN et al., 1999b). Esta estratégia da planta pode ser melhor verificado no tratamento completo-K, onde as plantas chegaram a produzir matéria seca da raiz

superior ao do tratamento completo, mesmo apresentando produção de matéria seca da parte aérea de apenas 60,4% em relação a este tratamento. Maior participação das raízes na produção de matéria seca total de cedro também foram verificados por Locatelli et al. (2007), quando submetidas a tratamentos com omissão de N, P e K, em solução nutritiva. Ribeiro (2008), verificou que na ausência de P a relação R/PA nas muda de cedro foi igual a 0,97. Mudanças de *Cedrela fissilis* também manifestaram maior relação R/PA em tratamentos com omissão de N, P e K (RENÓ et al., 1997). Já mudas de *Toona ciliata* apresentaram relação R/PA maior que 1,0, evidenciando que peso da matéria seca da raiz contribui com mais da metade da biomassa total, quando submetidas a solos com omissão desses nutrientes (MORETTI et al., 2011).

5.2.3 Absorção de nutrientes pelo cedro

Os maiores conteúdos de N foram observados nos tratamentos completo-calagem, completo-N e completo-Ca (Tabela 9). Estas respostas demonstram que a omissão isolada da calagem, bem como a omissão de N e Ca, não influenciaram na absorção de N, podendo as suas adições até afetarem o conteúdo desse nutriente na planta, conforme visto no tratamento completo. Lembrando que estes três tratamentos foram os que apresentaram os maiores crescimento em altura (Tabela 7) evidenciando a pouca exigência nutricional por N e Ca e a prática da calagem para a formação de mudas de cedro. Estes resultados corroboram com os encontrados no trabalho de Ribeiro (2008), onde as mudas de cedro submetidas a substratos com omissões isoladas de calagem e de N apresentaram os maiores teores de N na matéria seca da parte aérea. Em trabalhos testando dosagem de N para a absorção de nutrientes Tucci et al. (2011), verificaram que mudas de *Swietenia macrophylla* não tiveram a absorção de N influenciada pela elevação deste nutriente no substrato. O mesmo foi verificado por Tucci et al (2010) testando doses de corretivo da acidez do substrato em mudas de *Ochroma lagopus*, evidenciado que a calagem não contribuiu com o acúmulo de N na parte aérea da planta. A absorção de N também não foi afetada pela omissão isolada de Ca em mudas de *Hymenaea courbaril* (DUBOC et al, 1996), *Senna multijuga* (RENÓ et al, 1997) e *Acacia holosericea* (SARCINELLI et al, 2004). A omissão de calagem e Ca pode não afetar o acúmulo de N na planta, explicado em parte, pelo fato deste nutriente poder ser absorvido na forma de cátion NH_4^+ e ânion NO_3^- . Segundo Mendonça et al. (1999), mudas de *Myracrodruon urundeuva* em

substratos com a omissão de calagem tenderam a absorver mais N na forma nítrica, atribuindo a uma possível elevação da disponibilidade de micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn em meio mais ácido, enquanto que a absorção de N na forma de amônio foi propiciado pela omissão de Ca devido a redução da competição entre esses cations, fazendo com que a absorção de N não fosse afetada. A menor produção de matéria seca do cedro nos tratamentos completo-P e testemunha não foi suficiente para a determinação dos teores de N.

TABELA 9 – Conteúdo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.), 110 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- Conteúdo (g planta ⁻¹) -----					
Completo	0,0383 b	0,0011 b	0,0261 b	0,0121 b	0,0021 b	0,0021 c
- Calagem	0,1241 a	0,0037 b	0,0257 b	0,0248 b	0,0040 b	0,0062 b
- N	0,0753 a	0,0078 a	0,0975 a	0,0896 a	0,0120 a	0,0096 a
- P	n.d.	0,00001 b	0,0001 b	0,0001 b	0,00001 b	0,00002 c
- K	0,0256 b	0,0005 b	0,0054 b	0,0086 b	0,0017 b	0,0014 c
- Ca	0,0745 a	0,0021 b	0,0262 b	0,0113 b	0,0192 a	0,0045 b
- Mg	0,0303 b	0,0011 b	0,0220 b	0,0147 b	0,0007 b	0,0019 c
- S	0,0103 b	0,0002 b	0,0044 b	0,0043 b	0,0006 b	0,0007 c
- Micro	0,0151 b	0,0007 b	0,0093 b	0,0098 b	0,0012 b	0,0014 c
Natural	n.d.	0,0001 b	0,0009 b	0,0003 b	0,00003 b	0,0001 c

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. n.d.: não determinado por insuficiência de material vegetal.

O conteúdo de P, K, Ca e S foram maiores no tratamento completo-N (Tabela 9), também evidenciando que a aquisição desses nutrientes pelas mudas de cedro é indiferente a omissão de N no meio, podendo ser até afetados pela adubação nitrogenada, conforme apresentado no tratamento completo. Os maiores conteúdo desses nutrientes podem em parte ser atribuídos a maior produção de matéria seca da parte aérea promovida pelo tratamento com omissão de N, visto que os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. No trabalho de Ribeiro (2008), os conteúdos de P, Ca e S das mudas de cedro também não diferiram entre os tratamentos aplicados. Indiferença a N no substrato de crescimento para absorção de nutrientes também foram constatados por TUCCI et al. (2011) em mudas de *Swietenia macrophylla*, relatando que o

conteúdo de nenhum macro ou micronutriente foi influenciado pela adição de doses crescentes de N. Em mudas dessa mesma espécie, SOUZA et al. (2010) verificaram que os tratamentos com omissão de N apresentaram os maiores conteúdos de K e Ca, possivelmente devido a redução da competição entre o N e esses nutrientes.

Para o conteúdo de Mg, seus maiores valores foram encontrados nos tratamentos completo-N e completo-Ca (Tabela 9). Os conteúdos de Mg encontrados nos tratamentos com omissão de N e Ca devem em parte está relacionado ao crescimento da parte área das mudas e em parte a ser atribuídos a redução da competição entre este nutrientes. No tratamento completo-Ca a calagem foi composta apenas por carbonato de magnésio ($4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). A elevação dos teores de Mg pela calagem neste tratamento pode ter favorecido a sua absorção. Segundo Malavolta (1980), Ca e Mg são nutrientes que sofrem efeitos interiônicos podendo a absorção de cada um ser influenciado pela maior concentração destes no meio. Uma vez que houve a omissão de Ca com consequente adição de Mg via calagem no tratamento completo-Ca, pode-se confirmar que o conteúdo de Mg neste tratamento deve-se a redução da inibição competitiva entre esses elementos em favor da absorção de Mg pelas mudas de cedro, podendo ainda ser confirmado pelo fato de que embora neste tratamento a produção de matéria seca tenha sido quase duas vezes menor que o do tratamento completo-N, ainda assim obteve-se conteúdo numericamente superior a este.

Quanto aos conteúdo dos micronutrientes Fe, Zn, Mn e Cu, verifica-se que nenhum destes foi afetado pelo tratamento completo-calagem, evidenciando que mudas de cedro são eficientes em absorver micronutrientes em substratos mais ácidos (Tabela 10). Isto pode ser explicado pelo fato de que a disponibilidade destes nutrientes são maiores em meios com pH mais baixos (MALAVOLTA et al., 1997). Já no tratamento completo-N, verificou-se que apenas a absorção de Cu foi afetada (Tabela 10). Esperava-se maior conteúdo desse nutriente uma vez que este tratamento promoveu maiores produções de matéria seca das mudas de cedro. Porém esse resultado pode estar relacionado ao teor de Cu do substrato que mesmo com adubação, mostrou-se em nível considerado baixo (Tabela 1). Quanto ao tratamento completo-Ca, verifica-se que apenas o conteúdo de Mn foi afetado o que pode ser atribuído a calagem que foi feita nesse tratamento apenas com carbonato de magnésio ($4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Essa maior concentração de Mg no meio pode ter afetado a absorção do Mn, pois segundo Malavolta et al.

(1997), este nutriente tem sua absorção inibida pela presença de cátions bivalentes, particularmente pelo Mg^{2+} .

TABELA 10 – Conteúdo de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.), 110 dias após o transplantio das mudas.

Tratamento	Fe	Zn	Mn	Cu
	----- Conteúdo (mg planta ⁻¹) -----			
Completo	0,1321 b	0,0502 a	0,0712 b	0,0001 b
- Calagem	0,2677 a	0,1154 a	0,2061 a	0,0078 a
- N	0,3789 a	0,0649 a	0,3025 a	0,0006 b
- P	0,0018 b	0,00002 b	0,0005 b	0,0004 b
- K	0,0918 b	0,0585 a	0,0430 b	0,0016 b
- Ca	0,2474 a	0,0972 a	0,1162 b	0,0117 a
- Mg	0,2734 a	0,0394 b	0,0671 b	0,0021 b
- S	0,0483 b	0,0151 b	0,0229 b	0,0012 b
- Micro	0,0602 b	0,0123 b	0,0270 b	0,00004 b
Natural	0,0204 b	0,0002 b	0,0005 b	0,00001 b

Nota: Médias seguidas com letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O acúmulo de Fe não foi afetado pelo tratamento completo-Mg, além dos tratamentos já mencionados anteriormente (Tabela 10). A absorção de Fe neste pode ter sido influenciado em parte, pela omissão Mg, pois segundo Malavolta (1980), a absorção de Fe é influenciada pela competição dos cátions bivalentes Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} e Mn^{2+} , no meio.

O conteúdo de Zn foi maior nos tratamentos completo, completo-K, além dos tratamentos completo-calagem, completo-N e completo-Ca como já mencionado (Tabela 10). No tratamento completo-Ca, embora se tenha omitido o Ca, esperava-se que o conteúdo de Zn fosse afetado pela elevação de Mg no meio, pois a calagem foi feita somente com carbonato de magnésio ($4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 5H_2O$). Segundo Malavolta (1980) o Mg^{+2} pode ter efeito inibidor mais acentuado que o Ca^{+2} , para absorção de Zn^{+2} . O conteúdo de Zn também não foi afetado pela omissão de N em mudas de *Swietenia macrophylla* (SOUZA et al., 2010); pela omissão de K em mudas de *Swietenia macrophylla* (SOUZA et al., 2010), de *Copaifera langsdorffii* (VENTURIN et al., 1996), de *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* e *Piptadenia gonoacantha*

(RENÓ et al., 1997); e pela omissão de Ca em mudas de *Hymenaea courbaril* (DUBOC et al., 1996), *Senna multijuga*, *Caesalpinia férrea* e *Piptadenia gonoacantha* (RENÓ et al., 1997).

Quanto ao conteúdo de Cu observa-se que o mesmo não foi afetado pela omissão da calagem, como já justificado anteriormente, e pela omissão de Ca, como também já mencionado. O maior conteúdo de Cu no tratamento completo-Ca pode ser atribuído a não ocorrência de inibição antagônica, que possivelmente ocorreria caso o Ca não fosse omitido diminuindo a absorção de Cu (MALAVOLTA et al., 1997) pelas mudas de cedro. Em mudas de *Senna multijuga* e *Piptadenia gonoacantha* também verificou-se que o conteúdo de Cu não foi afetado pela omissão de Ca (RENÓ et al., 1997). Enquanto que a omissão da calagem também não afetou ao conteúdo de Cu em mudas de *Swietenia macrophylla* (SOUZA et al., 2010), sendo que a prática da calagem em mudas de *Ceiba pentandra* chegou a reduzir a absorção de cobre a medida que se elevava suas doses (SILVA et al., 2008).

6 CONCLUSÕES

As mudas de ipê rosa tem seu crescimento, matéria seca, acúmulo de nutrientes e índice de qualidade de Dickson influenciado pela calagem e pela adição de nutrientes, exceto S.

Apenas os teores de pigmentos cloroplastídicos da clorofila *a* foram afetados pela omissão de N, P e Mg no ipê rosa, enquanto que o índice de conteúdo de clorofila foi afetado pela omissão dos nutrientes, com exceção de S.

A ordem decrescente dos nutrientes limitantes ao crescimento do ipê rosa foi P > micronutrientes > Mg > calagem > K > Ca > N > S.

Mudas de cedro apresentam maior crescimento, massa da matéria seca e índice de qualidade de Dickson influenciado pela calagem e adição de nutrientes, com exceção ao N.

A ordem decrescente dos nutrientes limitantes ao crescimento do cedro foi P > S > micronutrientes > Mg > K > Ca > calagem > N.

O maior acúmulo de nutrientes, com exceção de Cu, nas mudas de cedro foi encontrado quando na construção da fertilidade do substrato se omitiu o N.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.N.; ANGELO, SILVA, J.G.L.; HOEFLICH, V.A. Mercado de madeiras tropicais: substituição na demanda de exportação. **Acta Amazônica**, v. 40, n.1, p. 119 – 126, 2010.
- ANDRADE, A. C. O.; LOBÃO, M. S.; MORATO, E. F. Fenologia de árvores de *Cedrela odorata* L. e *Cedrela fissilis* Vell. no estado do Acre, In: Congresso de Ecologia do Brasil, 9., 2009, São Lourenço – MG. **Anais...** São Lourenço, 2009. Disponível em: < http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_ixceb/1114.pdf >. Acesso em: 20 jan. 2013.
- ANDRADE, A. C. S. de; PEREIRA, T. S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro - *Cedrela odorata* L. (meliaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n. 1, p. 34-40, 1994.
- ANGELO, H.; BRASIL, A. A.; SANTOS, J. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exploradas. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 2, p. 237-248, 2001.
- BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M de A.; PEREIRA, R. de C.; MENDONÇA, A. V. R.; SILVA, L. da C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, v.29, n.5, p.671-679, 2005.
- BAWA, K.; PERRY, D. R.; BEACH, J. H. Reproductive biology of tropical lowland rainforest trees. I: Sexual systems and incompatibility mechanisms. **American Journal of Botany**, v. 72, p. 331–345, 1985.
- BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (BENTH.) BRENAN em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.
- BENEDETTI, E.L.; SERRAT, B.M.; SANTIN, D.; BRONDANI, G.E.; REISSMANN, C.B.; BIASI, L.A. Calagem e adubação no crescimento de espinheira-santa [*Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch.] em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, n.3, p. 269-276, 2009.
- CARMO, D. L.; FERREIRA, M.; SILVA, B. V. N.; DIAS, J. S.; NETO, A. E. F.; CARVALHO, J. G. Micronutrientes em cedro-australiano em função da aplicação de boro e zinco. In: 19º Congresso de Pós-graduação da UFLA, 2010. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. Disponível em: < <http://www.sbpcnet.org.br/livro/lavras/resumos/383.pdf> > Acesso em: 20 dez. 2012.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas de espécies florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.
- CAVERS, S.; NAVARRO, C.; LOWE, A.J. Chloroplast DNA phylogeography reveals colonization history of a Neotropical tree, *Cedrela odorata* L. in Mesoamerica. **Molecular Ecology**, v. 12, p. 1451–1460, 2003.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia aplicada. **Informativo CEPEA Setor Florestal: Exportação de Celulose e Papel continuaram a crescer em Janeiro**. ESALQ/USP, 2014. 12 p. (Informativo, n. 145)

CFSEMG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Lavras, 1999. 395 p.

CINTRON, B.B. *Cedrela odorata* L. Cedro Hembra, Spanish Cedar, Meliaceae. Mahogany family. In: BURNS, R. M; HONKALA, B. H. (Eds.) **Silvics of North America: Hardwoods**. Washington, DC: USDA, 1990. p. 250-257.

CORDERO, J.; BOSHIER, D. **Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas**. Oxford, Reino Unido: CATIE, 2003, 1079 p.

CRUZ, C. A. F. e; PAIVA, H. N. de; GOMES, K. C. de O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 100-107, 2004.

DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; PINTRO, J. C.; ANDRADE, P. J. P.; MUNIZ, A. S. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, n. 3, p. 293-299, 2004.

DIAS, E. S.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. **Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual**. Campo Grande: Ed. UFMS, 2006. 5 p. (Rede de sementes do Pantanal 2).

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, v. 36, p. 10-13 Apud FONSECA, E.P.; SÉRGIO VALIENGO VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; NICOLAO FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. 2000. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

DUBOC, N.; VALE, F. P. DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea coubaril* L. var. *Stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang). **Cerne**, v. 2, n. 1 p. 138-152, 1996.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2009. 627 p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual., Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq 1997. 212p.

EMBRAPA. **Pesquisa em nutrição e fertilização florestal: diagnóstico e prioridades**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1983. 12 p. (Documentos,13)

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta. 2004. 401 p.

FARIAS, E. de S.; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; GARCIA, M. B.; HIGASHIKAWA, E. M.; MACEDO, R. L. G. Requerimentos nutricionais de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth.). In: Congresso de pós-graduação da UFLA, 19., 2010, Lavras – MG. **Anais...** Lavras - MG, 2010. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/lavras/resumos/1626.pdf>> Acesso em: 22 dez. 2012.

FAVARE, L. G.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Níveis crescentes de saturação por bases e desenvolvimento inicial de teca em um Latossolo de textura média. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 693-702, 2012.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.

FRANCISCO, A.; BELOTE, J. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Colombo: EMBRAPA. 2001. 6 p. (Circular Técnica, 54)

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reflorestamento com espécies florestais nativas. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 351-383, 2000.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A.V. de; VALE, F.R. do; FANQUIN, V.; FERNANDES, L.A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Revista Cerne**, v.5, n.2, p. 01-12, 1999a.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A.V. de; VALE, F.R. do; SILVA, I. R. Liming effects on growth of native woody species from brazilian Savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 829-837, 1999b.

GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O. P; SILVA, M. G; NOBRE, N, V; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J, E, R.; SANTOS, R, N, J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 171 - 178, 2010.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. Viveiros florestais (propagação sexuada). **Caderno didático 72**. Viçosa: UFV, 2004, 116 p.

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N. NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 785-792, 2004.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; JUSTINO, G. C.; NINA JUNIOR, A. R. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 337-344, 2012.

GONÇALVES, J. F. C.; MARENCO, R. A.; GIL VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, n. 13, n. 2, p. 149-157, 2001.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 351 - 383, 2000.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 351 – 383, 2000.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, v. 15, n.1, p. 23, 1995.

GUTIÉRREZ, G.; RICKER, M. **Estudios técnicos para definir el desarrollo y funcionamiento del Parque Ecológico Tuzandepetl**: Ecología forestal de algunas especies arbóreas de interés para la reforestación y restauración del Parque Ecológico Tuzandepetl. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. 100 p.

HANADA, R. E.; GASPAROTTO, L.; FERREIRA, F. A. Primeiro relato de mancha foliar em *cedrela odorata* causada por *pseudobeltrania cedrelae*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 299-301. 2005.

HENDRY, G.A.F.; PRICE, A.H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, G.A.F.; Grime, J.P. (eds), **Methods in Comparative Plant Ecology**. Chapman Hall, London, 1993. p. 148-152.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 167-186, 2012.

IMAZON. **Boletim de preços de madeira na Amazônia**, 2009. 4 p. (Boletim, n. 03)

INPE. 2013. **Projeto prodes: monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>> Acessado em 20 de março de 2014.

IPAM, ISA, IMAZON. 2014. **O Aumento no Desmatamento na Amazônia em 2013: um ponto fora da curva ou fora de controle?** Belém. Disponível em: <<http://www.imazon.org.br/publicacoes/outros/o-aumento-no-desmatamento-na-amazonia-em-2013-um-ponto-fora-da-curva-ou-fora-de-controle>> Acessado em 20 de março de 2014.

JAMES, T.; VEGE, S.; ALDRICH, P.; HAMRICK, J.L. Mating systems of three tropical dry forest species. **Biotropica**, v. 30, n. 4, p. 587-594, 1998.

JESUS, S. V.; MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 815-818, 2008.

- KLEIN, R. M. Meliáceas. In: REITZ, R (ed.), **Flora Ilustrada Catarinense: I Parte**. Itajaí: CNPq/IBDF/HBR. 1984. 140p.
- LICHTENTHALER, H.K.; WELLBURN, A. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, v.11, p. 591-592, 1983.
- LOCATELLI, M. **Caracterização de sintomas de deficiências em cedro rosa (*Cedrela odorata* L.)**. Porto Velho, RO: EMBRAPA, 2006. 4 p. (Circular Técnica, 88)
- LOCATELLI, M.; MACÊDO, R. S. de; VIEIRA, A. H. Avaliação de altura e diâmetro de mudas de cedro rosa (*Cedrela odorata* L.) submetidas a diferentes deficiências nutricionais. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 645-647, 2007.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa, Editora Plantarum, v. 1, 1998. 352. p.
- LOUREIRO, A.A.; FREITAS, J.A.; RAMOS, K.B.L.; FREITAS, C.A.A. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: MCT/INPACPPF, 2000.
- LOUREIRO, A.A., SILVA, M.F.; ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: CNPq/INPA, 1979. 187 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba, Patafos, 1997. 308 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1980. 251p.
- MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, n. 71, p. 77-85, 2006.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M.; CARVALHO, J. G.; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Cerne**, v. 10, n.2, p. 184-195, 2004.
- MARTINEZ, H. E. P.; HAAG, H. P.; BRUCKER, C. H; DECHEN, A. R. Diagnóstico da carência de macronutrientes em três variedades de *Pinus caribaea* I: Sintomas visuais e efeitos sobre a produção de matéria seca. **Anais... Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz**, v.42, n.1, p.539-569, 1985. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v42n2/13.pdf> > Acessado em 14 de nov. de 2012.
- MARTINS, K.; RIBAS, L. A.; MORENO, M. A.; WADT, L. H. O. Conseqüências genéticas da regeneração natural de espécies arbóreas em área antrópica, AC, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 22, n. 3, p. 897-904, 2008.

MATO GROSSO. Portaria nº 109/2014, de 11 de maio de 2014. **Institui lista de preços mínimos para produtos oriundos da indústria florestal e extrativa vegetal**. Secretaria Adjunta da Receita Federal Pública/SEFAZ, Cuiabá, MT. 2014.

MÉNDEZ, J. M.; SOIHET, C. **Nota Técnica de Manejo de Semillas Forestales**. Turrialba, Costa Rica: CATIE, n. 8, 1997.

MENDONÇA, A. V. R.; NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão). **Cerne**, v.5, n.2, p.065-075, 1999.

MENDONÇA-SANTOS, M.L.; SANTOS, H. G.; COELHO, M. R.; BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A.; MANZATTO, C. V.; FIDALGO, E. C. C. Soil and land use in the Brazilian Amazon. In: F.M.S. MOREIRA et al. (Ed.) **Soil Biodiversity in Amazonian and Other Brazilian Ecosystems**, CAB International, p. 13- 42, 2006.

MEURER, E. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa, SBCS, 2007.1017 p.

MIRANDA, F. **Fichas Técnicas de Especies Forestales Estratégicas**. México, D.F: Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal/SEMARNAP/PRONARE, n. 3-7. 1999.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; ARTHUR JR., J. C. A.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JR., J. H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.129-137, 2003.

MORETTI, B. S.; FURTINI NETO, A. E.; PINTO, S. I. C.; FURTINI, I. V.; MAGALHÃES, C. A. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.

NAVARRO, C.; WARD, S.; HERNANDEZ, M. The tree *Cedrela odorata* (Meliaceae): a morphologically subdivided species in Costa Rica. **Revista Biologia Tropical**, v. 50, n. 1, p. 21–29. 2002.

NEUBURGER, M.; SOUZA, T. V.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de plantas *Euterpe edulis* Mart. em diferentes condições de luz, água e nutrientes. **Rodriguésia**, v. 61, n. 2, p. 157-165, 2010.

NICOLOSO, F. T.; ZANCHETTI, F.; GARLET, A.; FREITAS FOGAÇA, M. A. de F. Exigências nutricionais da grápia (*Apuleia leiocarpa* Vog. Macbride) em solo podzólico vermelho amarelo. **Ciência Rural**, v. 29, n. 2, 1999.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. VIII-Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**, Viçosa, SBCS, 2007.1017 p.

- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (coord.) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA, 1991. p. 189 – 255.
- PAIVA, A. V.; POGGIANI, F.; MORAES GONÇALVES, J. L. M.; FERRAZ, A. V. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 499 - 511, 2009.
- PARRAGUIRRE, C. Métodos de enriquecimiento de las selvas en Quintana Roo. **Revista Ciencia Forestal em México**, v. 18, n. 74. 1993.
- PEZZUTTI, R. V.; SCNUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 2, p. 117 - 125. 1999.
- PINTO, J. R.; MARSHALL, J. D.; DUMROESE, R. K.; DAVIS, A. S.; COBOS, D. R. Establishment and growth of container seedlings for reforestation: A function of stocktype and edaphic conditions. **Forest Ecology and Management**, n. 261, p. 1876–1884, 2011.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.
- RENÓ, N. B.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; VALE, F. R. do. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n. 1, p. 17 - 25, 1997.
- RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CURTI, N.; MUNIZ, J. A.; FARIA, M. R. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p.160 - 173, 2000.
- RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.11, p. 2071- 2081, 1999.
- RIBEIRO, W. O. **Limitações Nutricionais Para o Crescimento de Mudas de Cedro (*Cedrela odorata* L.) em Latossolo Amarelo**. 2009. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- ROWEDER, C.; NASCIMENTO, M. S.; SILVA, J. B da. Uso de diferentes substratos e ambiência na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cedro. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p. 27- 46, 2012.
- SÁ, T. C. L. L. de; MARQUES, M.; CARVALHO, J. G. de; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. da. Exigências nutricionais do paricá (*Schizolobium amazonicum*, herb.) na fase de muda. **Cerne**, v. 10, n. 2, p. 167-183, 2004.

SALAZAR, R. *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. **Nota Técnica sobre manejo de semillas forestales**. CATIE, n.8, 2 p. 1997.

SANTANA, A. C. Análise da competitividade sistêmica da indústria de madeira no estado do Pará. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.1, n 2, p. 205 – 230, 2003.

SARCINELLI, T. S.; RIBEIRO JR., E. S.; DIAS, L. E.; LYNCH, L. de S. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p. 173 - 181, 2004.

SENA, J. S.; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; HARA, F. A. S. 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). **Acta Amazônica**, v. 40, n. 2, p. 309 – 318, 2010.

SÁNCHEZ, P. A. **Suelos del Trópico: características y manejo**. 1. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1981. 660 p. (IICA: Serie de libros y materiales educativos; 48)

SILVA, T. A. F.; TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; BATISTA, I. M. P.; MIRANDA, J. F. M.; SOUZA, M. M. Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de *Swietenia macrophylla*. **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 459-470, 2011.

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

SILVA, A. R. M.; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; FIGUEIREDO, A. F. Doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 195 – 200, 2007.

SILVA, W. G.; TUCCI, C. A. F.; HARA, F. A. S.; SANTOS, R. A. C. Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em Latossolo amarelo. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 3, p. 371 – 376, 2007.

SIMÕES, J. W.; LEITE, N. B.; TANAKA, O. K.; ODA, S. Fertilização parcelada na produção de mudas de Eucalipto. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, n.8, p. 99 - 109, 1974.

SIMÕES, J.W.; COUTO, H.T.Z. do. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze cultivado em vaso. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, v.4, n.7, p. 3 - 40, 1973.

SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H. da; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 347- 352, 2011.

SOUZA, C. A. S.; TUCCI, C. A. F.; SILVA, J. F.; RIBEIRO, W. O. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 515-522, 2010.

SOUZA, P. A. de; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G. de; VENTURIN, R. P.; TUCCI, C. A. F.; CARLOS, L. Nutritional assessment of cedar seedlings (*cedrela fissilis*; vell.) grown in a greenhouse. **Cerne**, v. 15, n. 2, p. 236 - 243, 2009.

SOUZA, P. H.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, L. S. Influência da saturação por bases do substrato no crescimento e qualidade de mudas de *Machaerium nictitans* (VELL.) BENTH. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.193 - 201, 2008.

SOUZA, D. M. G de; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do Solo e sua Correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J.C.L. (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 205- 274.

SOUZA, P. A.; NELSON VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G. Adubação mineral do ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*). **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 261- 270, 2006.

TAIZ, T.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THOMPSON, B. E. Seedling morphological evaluation—what you can tell by looking. In: DURYE, M. L. (ed.) **Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, p. 59–71, 1985.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, S.C. Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. In: ROIG, F.A. **Dendrocronologia en América Latina**. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2000. p. 381- 431.

TONINI, H.; OLIVEIRA JUNIOR, M. M. C.; SCHWENGBER, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 151-158, 2008.

TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; SILVA JÚNIOR, C. H.; SOUZA, P. A.; BATISTA, I. M. P.; VENTURIN, N. Desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 471- 490, 2011.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; GAMA, A. S.; COSTA, H. S.; SOUZA, P. A. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-debalsa (*Ochroma lagopus* sw., bombacaceae). **Acta Amazônica**, v. 40, n. 3, p. 543 - 548, 2010.

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

TUCCI, C. A. F; SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; BARROS, J. G. Calagem e adubação para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Cerne**, v. 13, n. 3, p. 299-307, 2007.

- TUCCI, C. A. F. **Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia**. 1991. 142f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- TSAKALDIMI, M.; GANATSAS, P.; JACOBS, D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. **New Forests**, n. 44, p. 327 – 339, 2013.
- VALENCIA, W. H.; SAMPAIO, P. de T. B.; SOUZA, L. A. G. de. Crecimiento inicial de Palo de Rosa (*Aniba rosaedora* Ducke) en distintos ambientes de fertilidad. **Acta amazônica**, v. 40, n. 4, p. 693 – 698, 2010.
- VASCONCELOS, F.J.; FREITAS, J.A.; LIMA, V.M.O.C.; MONTEIRO, L.V.; PEREIRA, S.J. **Madeiras tropicais de uso industrial do Maranhão: características tecnológicas**. Manaus: INPA. 2001.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A. de.; MACEDO, R. L. G de; NOGUEIRA, F. D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, v. 35, n. 2, 2005.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A. de; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. de. Avaliação nutricional da candiúva (*Trema micrantha* L. Blumes) em casa de vegetação. **Floresta**, v. 29, n. 1/2, p. 15-26, 1999a.
- VENTURIM, N.; DUBOC, E.; VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. Adubação mineral do angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999b.
- VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* desf. (óleo copaíba). **Cerne**, v. 2, n. 2. 1996.
- VIEIRA, I. C. G.; SILVA, J. M. C.; TOLEDO, P. M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 153-164, 2005.
- WALLAU, R. L. R.; SOARES, A. P.; CAMARGOS, S. L. Concentração e acúmulo de macronutrientes em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.6, n.1, p.1- 12, 2008.
- WILLERDING, A. L.; OLIVEIRA, L. A. de. Diagnóstico de um projeto de enriquecimento florestal na Comunidade do Brasileirinho, Manaus, Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 4, p. 421- 426, 2005.

APÊNDICE

TABELA 1A - Resumo da análise de variância de crescimento e número de folhas em mudas de ipê rosa, aos 110 dias após transplântio.

F.V.	G.L	Quadrado Médio					
		H	D	H/D	C.R.	N.F _c	N.F _t
Bloco	3	10,628 ^{ns}	4,719 ^{ns}	0,042 ^{ns}	9,792 ^{ns}	3,867 ^{ns}	4,633 ^{ns}
Tratamento	9	370,189 ^{**}	106,124 ^{**}	0,261 ^{**}	175,097 ^{**}	8,289 ^{**}	18,378 ^{**}
Resíduo	27	19,995	2,181	0,069	17,411	2,126	3,948
C.V (%)		17,43	11,58	13,03	11,65	69,43	15,96

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).

TABELA 2A - Resumo da análise de variância da produção de matéria seca e do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), em mudas de ipê rosa, aos 110 dias após transplântio.

F.V.	G.L	Quadrado Médio				
		PMSPA	PMSR	PMST	R/PA	IQD
Bloco	3	35,181 ^{ns}	2,565 ^{ns}	56,348 ^{ns}	0,0121 ^{ns}	2,344 ^{ns}
Tratamento	9	341,895 ^{**}	123,370 ^{**}	851,394 ^{**}	0,087 ^{**}	74,074 ^{**}
Resíduo	27	12,541	3,718	23,699	0,014	2,127
C.V (%)		25,91	28,89	23,93	24,27	28,51

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).

TABELA 3A - Resumo da análise de variância do conteúdo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea nas mudas de ipê rosa, aos 110 dias após transplântio.

F.V.	G.L	Quadrado Médio					
		N ¹	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	0,013 [*]	0,00003 [*]	0,00335 ^{ns}	0,00251 ^{ns}	0,00095 ^{ns}	0,00006 ^{ns}
Tratamento	9	0,045 ^{**}	0,00027 ^{**}	0,05511 ^{**}	0,02423 ^{**}	0,02317 ^{**}	0,00036 ^{**}
Resíduo	27	0,003	0,00001	0,00168	0,00105	0,00084	0,00003
C.V (%)		24,3	25,67	23,01	31,98	68,7	33,24

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).

¹Para o conteúdo de N o G.L. do Bloco, Tratamento e Resíduo foram 3, 8 e 24, respectivamente.

TABELA 4A - Resumo da análise de variância do conteúdo de micronutrientes na matéria seca da parte aérea nas mudas de ipê rosa, aos 110 dias após transplantio.

F.V.	G.L	Quadrado Médio			
		Fe	Zn	Mn	Cu
Bloco	3	0,050 ^{ns}	0,072 ^{ns}	0,052 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Tratamento	9	0,0527 ^{**}	0,471 ^{**}	0,488 ^{**}	0,0025 ^{ns}
Resíduo	27	0,044	0,04	0,023	0,0011
C.V (%)		35,32	48,27	29,99	73,22

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).

TABELA 5A - Resumo da análise de variância dos teores dos pigmentos cloroplastídeos e do índice de conteúdo de clorofila (ICC) em mudas de ipê rosa, aos 110 dias após transplantio.

F.V.	G.L	Quadrado Médio						
		chl <i>a</i>	chl <i>b</i>	carot	chl total	ch <i>a</i> /chl <i>b</i>	chl total/carot	ICC
Bloco	3	4,926 ^{**}	2,223 ^{**}	0,696 ^{**}	12,838 ^{**}	7,954 ^{ns}	1,753 ^{ns}	9,513 ^{ns}
Tratamento	8	1,463 [*]	0,332 ^{ns}	0,206 ^{ns}	2,309 ^{ns}	2,811 ^{ns}	1,472 ^{ns}	185,127 ^{**}
Resíduo	24	0,525	0,380	0,118	0,988	3,380	1,987	49,480
C.V (%)		40,30	74,37	51,15	37,85	70,19	38,28	27,19

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).

TABELA 6A - Análise de correlação (*r*) entre Clorofila (Chl *a*, Chl *b* e Chl *a+b*) e índice de conteúdo de clorofila (ICC) em mudas de ipê rosa, aos 110 dias após transplantio.

Correlação	<i>r</i>
Chl <i>a</i> x ICC	0,2598 ^{ns}
Chl <i>b</i> x ICC	-0,0250 ^{ns}
Chl <i>a+b</i> x ICC	0,1688 ^{ns}

r: coeficientes de correlação linear simples; ns - não significativo ($p \geq .05$).

TABELA 1B - Resumo da análise de variância de crescimento e número de folhas em mudas de cedro, aos 110 dias após transplântio.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio					
		H	D	H/D	C.R.	N.F _c	N.F _t
Bloco	3	8,866 ^{ns}	4,885 ^{ns}	0,283 ^{ns}	15,527 ^{ns}	2,500 ^{ns}	1,000 ^{ns}
Tratamento	9	73,501 ^{**}	28,653 ^{**}	0,346 [*]	359,138 ^{**}	45,067 ^{**}	269,989 ^{**}
Resíduo	27	7,685	1,973	0,116	23,624	2,592	3,389
C.V (%)		28,39	28,47	16,26	26,73	34,63	25,22

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).

TABELA 2B - Resumo da análise de variância de da produção de matéria seca em mudas cedro, aos 110 dias após transplântio.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio				
		PMSPA	PMSR	PMST	R/PA	IQD
Bloco	3	5,043 ^{ns}	1,458 ^{ns}	11,674 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,927 ^{ns}
Tratamento	9	12,518 ^{**}	6,729 ^{**}	36,417 ^{**}	0,206 ^{ns}	3,965 ^{**}
Resíduo	27	2,171	1,01	5,725	0,116	2,127
C.V (%)		104,27	142,5	112,94	78,87	137,79

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).

TABELA 3B - Resumo da análise de variância do conteúdo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea nas mudas de cedro, aos 110 dias após transplântio.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio					
		N ¹	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	0,00550 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00087 ^{ns}	0,00058 ^{ns}	0,00007 ^{ns}	0,00002 ^{ns}
Tratamento	9	0,00609 [*]	0,00002 ^{**}	0,00330 ^{**}	0,00277 ^{**}	0,00016 ^{**}	0,00004 ^{**}
Resíduo	27	0,00213	0,00000	0,00045	0,00034	0,00004	0,00001
C.V (%)		93,93	106,79	97,43	105,04	150,51	98,71

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).

¹Para o conteúdo de N o G.L. do Bloco, Tratamento e Resíduo foram 3, 7 e 21, respectivamente.

TABELA 4B - Resumo da análise de variância do conteúdo de micronutrientes na matéria seca da parte aérea nas mudas de cedro, aos 110 dias após transplântio.

F.V.	G.L	Quadrado Médio			
		Fe	Zn	Mn	Cu
Bloco	3	0,03829 ^{ns}	0,00510 ^{ns}	0,01688 ^{ns}	0,00003 ^{ns}
Tratamento	9	0,06745 ^{**}	0,00636 ^{**}	0,03853 ^{**}	0,00006 ^{ns}
Resíduo	27	0,01789	0,00193	0,00736	0,00002
C.V (%)		87,89	96,90	100,07	159,98

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * - significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns - não significativo ($p \geq .05$).