



DIANA SUZETE NUNES DA SILVA

**NUTRIÇÃO MINERAL DO BARU (*Dipteryx alata*
Vogel) EM SOLUÇÃO NUTRITIVA; CALAGEM
E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO CAMPO**

LAVRAS - MG

2014

DIANA SUZETE NUNES DA SILVA

**NUTRIÇÃO MINERAL DO BARU (*Dipteryx alata* Vogel) EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA; CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Nelson Venturin

LAVRAS – MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Silva, Diana Suzete Nunes da.

Nutrição mineral do Baru (*Dipteryx alata* Vogel) em solução nutritiva; calagem e adubação fosfatada no campo / Diana Suzete Nunes da Silva. – Lavras : UFLA, 2014.

89 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Nelson Venturin.

Bibliografia.

1. Espécie florestal nativa. 2. Mudas. 3. Nutrição florestal. 4. Plantio no campo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.97

DIANA SUZETE NUNES DA SILVA

**NUTRIÇÃO MINERAL DO BARU (*Dipteryx alata* Vogel) EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA; CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2014.

Dr. Renato Luiz Grisi Macedo	UFLA
Dr. Regis Pereira Venturin	EPAMIG
Dr. Cleber Lázaro Rodas	UFLA

Dr. Nelson Venturin
Orientador

LAVRAS - MG

2014

A Deus,
Aos meus pais Maria Uzete e Francisco Junior
Aos meus irmãos Geiziana e Emanuel Junior

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é a realização de um grande sonho: cursar e concluir o mestrado! Não foi fácil chegar até aqui. O caminho literalmente foi longo, de Alta Floresta – Mato Grosso até aqui, e cada ocorrência foi um aprendizado. Foram vários desafios, por vezes aparentemente intransponíveis, porém com a brilhante presença Divina e da família, aliados com o apoio de muitas pessoas, todos os obstáculos se tornaram apenas acontecimentos e um incentivo a buscar sempre a superação. É nesse contexto, que tenho a satisfação de agradecer a pessoas marcantes nesta trajetória, e que viabilizaram essa conquista.

Primeiramente a Deus, pela proteção e inspiração.

À minha família, por me permitir sonhar, acreditar em mim e me apoiar em todos os momentos. Principalmente, à minha mãe Maria Uzete, meu pai Francisco Junior e meus irmãos Geiziana e Emanuel Junior, pelas orações e por não me deixarem desistir desde o primeiro mês após chegar aqui em Lavras – MG quando fiquei sabendo do acidente de trabalho do meu pai. Graças a Deus já recuperado e com saúde.

Ao Bruno, pelo carinho e incentivo incondicionais.

Aos meus queridos amigos do Mato Grosso, Rosangela e Humberto, Marines e Prof. Rogério (que me incentivou vir para a UFLA), Elis Marina, Alan, Jaqueline, Johanes, Lucirene, Juliete, Priscila, Tatiane, Adalgiza e Rodrigo pela amizade e apoio.

À Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT, pela formação em Engenharia Florestal e por me ensinarem que problemas e limitações existem a cada instante, porém cabe a nós transformá-los em incentivos ou fracassos. É uma honra fazer parte da história dessa Instituição sendo integrante da segunda turma do curso. Agradecimento em especial aos professores e amigos Cassiano, Lúcia e Rubens Rondon, que me conduziram para além das teorias.

Ao Professor Nelson Venturin, meu orientador, meu agradecimento todo especial, por seu profissionalismo, ética, boa vontade, disponibilidade, bom senso, paciência e pela oportunidade. Sua participação foi extremamente decisiva para a realização deste trabalho e a conclusão do mestrado. Espero agradecidamente continuarmos os próximos anos, com a já confirmada aprovação para início do doutorado.

Aos membros da banca de defesa dessa dissertação, Prof. Grisi, Regis e Cleber, pela disponibilidade e aprendizado proporcionado ao longo desses dois anos.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA, ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal e ao Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade concedida para minha formação.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos do Laboratório de Silvicultura, pela ajuda na execução dos experimentos, por todos os momentos compartilhados e pelas muitas risadas proporcionadas. Especialmente, Elias, Kmila, Vitor (Carioca), Fernando, Stella, Mirlaine, Regiane, Leandro, Fabrizio, Aline, Fernanda, Samara, Helane, Nicele, Bárbara, Thamyron, Iberê, Fábio (Zebra), Ygoor, João de Moçambique, Jeannot do Congo e Flora.

Aos amigos que surgiram da disciplina de Nutrição Mineral de Plantas, oferecida pelo DCS, Rodrigo e Eduardo, pelos momentos de convivência e aprendizado.

Aos amigos da pós-graduação, por estes anos de convivência que proporcionou-me grande aprendizado e possibilitou cultivar muitas amizades. Em especial, Ivete de Moçambique, Érika Andressa, Mirian de Sousa, Isaac, Rafaela Vidal, Vinícius, e Priscila Ferreira.

Aos colegas e amigos de UFLA e de Lavras, pelos momentos felizes que passamos juntos.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

“E dizia: O reino de Deus é assim como se um homem lançasse semente à terra. E dormisse, e se levantasse de noite ou de dia, e a semente brotasse e crescesse, não sabendo ele como.

Porque a terra por si mesma frutifica, primeiro a erva, depois a espiga, por último o grão cheio na espiga.

E, quando já o fruto se mostra, mete-se-lhe logo a foice, porque está chegada a ceifa.

E dizia: A que assemelharemos o reino de Deus? ou com que parábola o representaremos?

É como um grão de mostarda, que, quando se semeia na terra, é a menor de todas as sementes que há na terra;

Mas, tendo sido semeado, cresce; e faz-se a maior de todas as hortaliças, e cria grandes ramos, de tal maneira que as aves do céu podem aninhar-se debaixo da sua sombra.”

Marcos 4, 26-32

RESUMO

Analisou-se o crescimento de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) em solução nutritiva com omissão individualizada dos nutrientes minerais em casa de vegetação. Além disso, caracterizaram-se os sintomas de deficiências nutricionais dessas mudas; e avaliou-se o crescimento inicial dessa espécie no campo sob efeito de níveis de P e calcário. Na casa de vegetação, foram empregados 13 tratamentos, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo: Solução Hoagland e Arnon completa, soluções nutritivas com omissões individualizadas de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. O experimento em campo foi montado na fazenda experimental da EPAMIG em Lavras, MG, com delineamento experimental em blocos, sendo testados: quatro dosagens de calagem em três blocos, utilizou-se calcário visando elevar a Saturação por bases (V%) natural do solo de 6,7, para 35, 55 e 75%. No outro experimento em campo, testaram-se cinco dosagens de fósforo (0, 10, 20, 40 e 80 g de P_2O_5 cova⁻¹) e 3 blocos. As avaliações ocorreram aos 30 e 60 dias (no caso do experimento no viveiro) e aos 6, 12 e 18 meses (nos experimento em campo). Na casa de vegetação mediram-se as características morfológicas de altura, diâmetro do coleto, e foram contabilizados os números de folhas e de folíolos. As plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raiz para a pesagem e avaliação da massa seca produzida em cada tratamento. Calculou-se o índice de qualidade de mudas de Dickson e a relação raiz/parte aérea. Em campo foram avaliados: a sobrevivência das mudas, a altura e diâmetro do caule na altura do solo. Aos quinze meses após o plantio, coletaram-se folhas recém-maduras do terço superior das plantas, num total de 12 amostras para o experimento de calagem e 15 amostras para o experimento com doses de P. Posteriormente, as folhas foram lavadas, secas e analisadas quanto ao teor de nutrientes. Foi feita a análise de variância e feita regressão entre dosagens e as variáveis dos dados coletados. Realizou-se as análises com auxílio do programa computacional Sisvar. A omissão dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe e Mn nas plantas de Baru, cultivadas em solução nutritiva em casa de vegetação, mostram sintomas visuais de deficiência. As limitações nutricionais para o baru, em relação a massa seca da parte aérea em ordem decrescente, são: Ca > K > Fe > Mg > N > Cu > Mo > Mn > P > S = Zn > B. Os teores, em g kg⁻¹ para macronutrientes e em mg kg⁻¹ para micronutrientes, da parte aérea nas plantas de baru cultivadas em solução nutritiva completa são: N 31,45; P 8,34; K 15,90; Ca 8,66; Mg 2,18; S 4,21; B 39,01; Cu 4,11; Fe 183,21; Mn 87,42 e Zn 14,14. Na fase de crescimento inicial, as plantas de baru apresentaram um baixo requerimento de cálcio e de magnésio e a dose de 45 g de P cova⁻¹ foi a que proporcionou as maiores respostas dessa espécie.

Palavras-chave: Espécie florestal nativa. Mudas. Nutrição florestal. Plantio no campo.

ABSTRACT

We analyzed the growth of baru (*Dipteryx alata* Vog.) seedlings in nutrient solutions with individualized omission of mineral nutrients, in the greenhouse. We also characterized these seedlings' nutritional deficiency symptoms, and evaluated the initial growth of this species in the field under the effect of liming and P levels. In the greenhouse, 13 treatments were used in a completely randomized design with four replicates, with the treatments being: Complete Hoagland & Arnon Solution and nutrient solutions with individualized omissions of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn. The field experiment was set at the EPAMIG experimental farm, in Lavras, MG, Brazil, in an experimental blocks design, testing: four doses of liming in 3 blocks, using limestone in order to raise the soil's natural base saturation (V%) from 6.7 to 35, 55 and 75%. And in another field experiment, we tested five phosphorus doses (0, 10, 20, 40 and 80 g P₂O₅ per hole) and 3 blocks. The evaluations were conducted at 30 and 60 days (experiment in the nursery) and at 6, 12 and 18 months (field experiments). In the greenhouse experiment we measured the morphological characteristics of height, diameter at the base of the seedlings, as well as the number of leaves and leaflets. The plants were collected and separated into shoot and root for weighing and the evaluation of dry matter produced in each treatment. We calculated the Dickson seedling quality index and the root / shoot ratio. In the field we evaluated: seedling survival, height and stem diameter at ground level. At fifteen months after planting, we collected recently matured leaves from the superior third of the plants, in a total of 12 samples for the liming experiment, and 15 samples for the experiment with different P doses. Subsequently, the leaves were washed, dried and analyzed for nutrient content. Analysis of variance and the regression between dosages/treatments and the data variables collected were performed. The statistical analyses were aided by the Sisvar computer program. Most nutritional omissions in baru plants grown in nutrient solution in a greenhouse showed visual deficiency symptoms. The nutritional limitations for the baru plant, in regard to shoot total dry weight in descending order, are: Ca > K > Fe > Mg > N > Cu > Mo > Mn > P > S = Zn > B. The content of shoot of baru plant grown in nutrient solution, in g/kg for macronutrients and in mg/kg for micronutrients, are: N 31.45, P 8.34, 15.90 K, 8.66 Ca, Mg 2.18, S 4.21, B 39.01, Cu 4.11, Fe 183.21, Mn 87.42 and Zn 14.14. In the initial growth phase, the baru plants showed a low requirement for calcium and magnesium, and the dose of 45 g of P/hole provided the highest from this species.

Keywords: Native forest species. Seedlings. Forest nutrition. Field planting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa com localização do experimento	42
Figura 2	Delineamento do experimento com níveis de fósforo	43
Figura 3	Delineamento do experimento com níveis de calagem	44
Figura 4	Crescimento em altura em função da omissão de macronutrientes para mudas de <i>Dipteryx alata</i> em solução nutritiva.....	49
Figura 5	Crescimento em altura em função da omissão de micronutrientes para mudas de <i>Dipteryx alata</i> em solução nutritiva.....	49
Figura 6	Sintomas visuais de deficiência de N em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), clorose das folhas (B), e sistema radicular quando comparado ao tratamento completo (C) foi afetado pela carência em nitrogênio (D)	57
Figura 7	Sintomas visuais de deficiência de P em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), roxeamento da área foliar das folhas (B), e menor desenvolvimento das raízes do tratamento completo (C) quando comparado ao grande desenvolvimento do sistema radicular na omissão de fósforo (D)	60

Figura 8	Sintomas visuais de deficiência de K em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), folhas mais velhas com leve clorose (B), e desenvolvimento das raízes do tratamento completo (C) comparado ao desenvolvimento do sistema radicular na omissão desse nutriente (D).....	63
Figura 9	Sintomas visuais de deficiência de Ca em baru: aspecto geral da planta do tratamento completo (A), comparada com planta sob deficiência (B), e o desenvolvimento do sistema radicular	65
Figura 10	Sintomas visuais de deficiência de Mg em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), pontos necróticos claros na margem e no limbo foliar em folhas mais velhas (B), e o desenvolvimento do sistema radicular.....	67
Figura 11	Sintomas visuais de deficiência de Fe em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), clorose em folhas jovens no início da deficiência, com início das manchas necróticas (B), e o desenvolvimento do sistema radicular (C e D).....	69
Figura 12	Sintomas visuais de deficiência de Mn em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), clorose internerval em folhas contrastando com o verde das nervuras (B), e o desenvolvimento do sistema radicular (C e D)	71
Figura 13	Crescimento de plantas de <i>D. alata</i> avaliado pelo diâmetro e altura aos 6 meses após plantio, em função da saturação por bases do solo	74

Figura 14 Crescimento de *D. alata* avaliado pela altura e diâmetro de plantas aos 12 e 18 meses após plantio em função da dose aplicada de P_2O_5 na cova 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição das soluções nutritivas (mL solução estoque L ⁻¹ solução nutritiva) utilizadas no experimento segundo Hoagland e Arnon (1950).....	36
Tabela 2	Características químicas e físicas da amostra de solo da área antes do plantio de <i>Dipteryx alata</i> Vogel (Baru), em Lavras, MG	39
Tabela 3	Altura (H), diâmetro (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA), índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD), número de folhas (NF) e número de folíolos (NF _i) para mudas de <i>Dipteryx alata</i> em solução nutritiva, após dois meses da implantação.....	47
Tabela 4	Produção de massa seca e teor de macronutrientes pela parte aérea de plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob omissão de macro e micronutrientes	51
Tabela 5	Produção de massa seca e acúmulo de macronutrientes pela parte aérea de plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob omissão de macro e micronutrientes	52
Tabela 6	Produção de massa seca e teor de micronutrientes pela parte aérea de plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob omissão de macro e micronutrientes	54
Tabela 7	Produção de massa seca e acúmulo de micronutrientes pela parte aérea de plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob omissão de macro e micronutrientes	55
Tabela 8	Sobrevivência de plantas de baru em função de calagem e doses de P, aos seis meses de plantio em campo	73

Tabela 9	Médias de Diâmetro (D) e Altura (H) para mudas de <i>D. alata</i> aos 12 e 18 meses sob efeito aplicação de calagem em campo.....	75
Tabela 10	Médias de Diâmetro (D) e Altura (H) para mudas de <i>D. alata</i> aos 6 meses, sob efeito aplicação de doses de fósforo em campo	76
Tabela 11	Teor de macronutrientes em plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob efeito de níveis de calagem em campo	78
Tabela 12	Teor de micronutrientes em plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob efeito de níveis de calagem em campo	79
Tabela 13	Teor de macronutrientes em plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob efeito aplicação de fósforo em campo	80
Tabela 14	Teor de micronutrientes em plantas de <i>Dipteryx alata</i> sob efeito aplicação de fósforo em campo	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	<i>Dipteryx alata</i> Vogel.....	20
2.2	Nutrição de plantas em solução nutritiva	21
2.3	Sintomas de deficiência nutricional	23
2.4	Correção da acidez do solo para espécies florestais	30
2.5	Adubação fosfatada em espécies florestais nativas	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1	Casa de vegetação	34
3.1.1	Crescimento de mudas de Baru em solução nutritiva – Técnica do elemento faltante	37
3.1.2	Teor de nutrientes	37
3.1.3	Análise estatística	38
3.1.4	Diagnose visual das deficiências nutricionais	38
3.2	Experimento de campo.....	38
3.2.1	Níveis de P e Calagem no crescimento inicial de Baru no campo.....	39
3.2.2	Localização do experimento.....	40
3.2.3	Coleta de sementes	40
3.2.4	Formação das mudas.....	40
3.2.5	Delineamento experimental e tratamentos	41
3.2.6	Instalação do experimento	44
3.2.7	Crescimento de mudas de Baru em campo.....	45
3.2.8	Teor de nutrientes	45
3.2.9	Análise estatística	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	Casa de vegetação.....	46
4.1.1	Crescimento	46
4.1.2	Teor e Acúmulo de nutrientes.....	50
4.1.3	Sintomas visuais de deficiência nutricional em mudas de Baru sob o efeito do elemento faltante	55
4.1.3.1	Deficiência de nitrogênio (N).....	56
4.1.3.2	Deficiência de fósforo (P)	59
4.1.3.3	Deficiência de potássio (K)	61
4.1.3.4	Deficiência de cálcio (Ca)	64
4.1.3.5	Deficiência de magnésio (Mg)	66
4.1.3.6	Deficiência de ferro (Fe).....	68
4.1.3.7	Deficiência de manganês (Mn)	70
4.2	Experimento de campo.....	72

4.2.1	Efeito da aplicação de Calagem em <i>D. alata</i> no campo	72
4.2.2	Efeito da aplicação do fósforo sobre o crescimento <i>Dipteryx.</i> <i>alata</i> no campo	76
4.2.3	Teor de nutrientes	78
5	CONCLUSÕES	82
	REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm sido muito divulgadas as qualidades e utilidades da vegetação dos cerrados, seu potencial madeireiro, alimentício e medicinal. Entretanto, ainda pouco se sabe sobre esta vegetação e suas inter-relações com as condições de clima e de solo.

Assim, iniciativas precisam ser promovidas e incentivadas para se evitar a perda desta valiosa biodiversidade e para viabilizar o uso sustentável do cerrado (DAVIDE; SILVA, 2008).

Em geral, as espécies florestais apresentam características distintas de comportamento, sobretudo, quanto às exigências nutricionais. O conhecimento do comportamento nutricional peculiar a cada espécie gera maior produtividade, economia e menores impactos ambientais nos plantios florestais.

Algumas pesquisas têm sido realizadas em casa de vegetação determinando as exigências nutricionais de espécies nativas. Conhecer a silvicultura dessas espécies é um fator essencial visto que a exploração excessiva de tais recursos pode gerar perdas enormes para o futuro. Um dos fatores limitantes relacionados à produção de mudas dessas espécies é o desconhecimento dos requerimentos nutricionais das mesmas, o que pode comprometer o sucesso de projetos de reflorestamento e de recomposição das áreas nativas.

Estudos com produção de mudas em solução nutritiva e em ambientes controlados para avaliar as exigências nutricionais no crescimento inicial de espécies florestais, têm sido priorizados em detrimento de experimentos utilizando outros substratos. Essa técnica apresenta como vantagens: a grande flexibilidade por permitir o

monitoramento e manipulação das concentrações de nutrientes e gás ao redor das raízes quase em tempo real; contaminantes potenciais podem usualmente ser reduzidos a níveis não detectáveis (EPSTEIN; BLOOM, 2006); a composição da solução nutritiva que circunda as raízes é conhecida em termos quantitativos; homogeneidade da composição da solução da rizosfera em relação ao restante da solução (FAQUIN, 2005).

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma espécie nativa das áreas de cerrado brasileiro e destaca-se por apresentar potencialidade para usos múltiplos. Para essa espécie, bem como para a grande maioria das espécies nativas do cerrado, pouco se conhece sobre suas exigências e requerimentos nutricionais.

Nesse sentido os objetivos deste trabalho foram: (1) Analisar o crescimento de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) em solução nutritiva com omissão individualizada dos nutrientes minerais em casa de vegetação; (2) Caracterizar os sintomas de deficiências nutricionais de mudas do baru sob omissão dos nutrientes minerais; (3) Avaliar o crescimento inicial de baru no campo sob efeito de níveis de P e calagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Dipteryx alata* Vogel

A espécie *Dipteryx alata* Vogel da família Fabaceae (Leguminosae: Papilionoideae), popularmente conhecida como baru, ocorre naturalmente no bioma Cerrado. Conhecido também como barujo, em Mato Grosso; baruzeiro, no Distrito Federal; bauí, em Goiás; bugreiro, chuva-de-ouro e guaiçára, no Estado de São Paulo; coco-feijão e combaru em Goiás e Mato Grosso; cumaru, na Bahia e em São Paulo; cumarurana e cumbaru em Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo; emburena-brava; fava-de-cumaru, na Bahia; feijão-coco, pau-cumaru e sucupira-branca no Piauí (CARVALHO, 2003).

O Baru possui altura de 15 – 25 m, com tronco de 40 – 70 cm de diâmetro, folhas compostas, alado-pecioladas, glabras, com 6 – 12 folíolos, de 8 – 12 cm de comprimento. Fruto legume lenhoso, de cor parda, contendo em seu interior uma única semente comestível. É uma planta perenifólia, heliófita, seletiva xerófita, característica de terrenos secos do cerrado e da floresta latifoliada semidecídua (LORENZI, 2008).

Além do Brasil, a espécie pode ser encontrada também em países vizinhos como na Bolívia, sendo conhecida como almendrillo, e na Colômbia, sendo conhecida como congrio (CARVALHO, 2003).

A madeira do Baru é própria para construção de estruturas externas, como estacas, postes, obras hidráulicas, moirões, cruzetas, dormentes, etc., para construção naval e civil, como vigas, caibros, ripas, batentes de portas e janelas, tabuas e tacos para assoalhos, lambris, forros, carrocerias, entre outros. A polpa dos frutos é aromática e avidamente consumida pelo gado e animais silvestres. Além de proporcionar ótima sombra e abrigo aos animais, a árvore pode ser utilizada com sucesso no paisagismo em geral (LORENZI, 2008).

A fruta do baru tem ganhado mercado no Brasil e no mundo. Aproveita-se tudo: a polpa do fruto assemelha-se à farinha de biscoito doce, com a qual são feitos bolos e biscoitos; sua castanha assemelha-se ao amendoim e, torrada, é usada em pães, bolos, farofas; da parte lenhosa do fruto, faz-se carvão de alta qualidade. Na medicina popular, é utilizada para problemas na coluna e como afrodisíaco, o que lhe conferiu o apelido de “Viagra do Cerrado” (CAMPOS FILHO, 2009).

Tal demanda por frutos para consumo humano tem impulsionado o extrativismo, trazendo a necessidade de implantação de áreas para a produção de frutos. Estas podem ser estabelecidas em pastagens com sistemas Silvopastoris. Dessa forma, ressalta-se o uso múltiplo da espécie (BUNGENSTAB, 2012).

2.2 Nutrição de plantas em solução nutritiva

Durante o surgimento e a evolução de uma floresta, as espécies demonstram exigências nutricionais e ambientais muito específicas, e o simples plantio de espécies da flora regional não garante a sobrevivência dessas mudas no campo (SORREANO; RODRIGUES; BOARETTO, 2012).

Além disso, implantações florestais têm ocorrido principalmente em solos de baixa fertilidade natural, nos quais o uso de fertilizantes tem sido restrito devido à carência de estudos sobre as exigências nutricionais e a resposta à fertilização de espécies nativas (FURTINI NETO et al., 2005).

Para estabelecer a essencialidade dos elementos minerais para os vegetais e seus papéis no metabolismo, foram feitos experimentos com plantas superiores crescendo em solo e em soluções nutritivas (MARSCHNER, 2012).

A solução nutritiva é a alma de qualquer cultivo sem solo (substrato, areia lavada, hidroponia). Ela substitui uma das funções mais nobres do solo: a de fornecedor de nutrientes às plantas. O cultivo sem solo não é uma técnica

recente; os registros da sua utilização datam de milhares de anos, como os cultivos sobre tábuas flutuantes praticados pelos astecas, os jardins suspensos da Babilônia e os registros em hieróglifos dos experimentos de Teophrastus sobre nutrição de plantas (SORREANO; RODRIGUES; BOARETTO, 2012).

Conforme esses mesmos autores, as técnicas de cultivo utilizando soluções nutritivas com composição química bem definida e a possibilidade de obtenção de compostos químicos de alto grau de pureza foram fatores que contribuíram muito para os avanços nas pesquisas em nutrição mineral de plantas, uma vez que possibilitaram o crescimento normal das plantas e o controle do fornecimento de nutrientes às raízes.

O histórico da nutrição mineral de plantas e o cultivo em solução nutritiva foram detalhadamente relatados por Epstein e Bloom (2006). Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012) destacam os principais acontecimentos como: os primeiros experimentos quantitativos em nutrição de plantas foram desenvolvidos por J. B. Helmont (1580-1644); todavia, somente em 1699 John Woodward (1665-1728) realizou os primeiros cultivos de plantas em meio líquido, sem uso de substratos sólidos. Em 1804, Saussure (1767-1845) influenciado pela nova química de Lavoisier (1743-1794), realizou as primeiras tentativas do cultivo de plantas em solução nutritiva, estabelecendo a necessidade do uso de nitrato e outras fontes de nutrientes ao meio.

Assim, surgiram algumas soluções e dentre elas Hoagland e Arnon (1950), Johnson et al. (1957) e Epstein e Bloom (2006).

Segundo Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012), as soluções nutritivas fornecem os nutrientes ao desenvolvimento das plantas, porém, não existe uma que seja adequada para todas as espécies vegetais. Para cada espécie e condição de cultivo existe uma solução nutritiva mais adequada, dependendo da exigência nutricional. Essa exigência refere-se às quantidades de nutrientes que uma

cultura extrai da solução nutritiva para atender às suas necessidades, crescer e produzir adequadamente.

De modo geral, as exigências totais obedecem à seguinte ordem decrescente (MALAVOLTA, 2006):

Macronutrientes: $N > K > Ca > P = Mg = S$

Micronutrientes: $Fe > Mn > B > Cu > Zn > Mo$

De acordo com Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012), dentre os poucos estudos envolvendo a nutrição de espécies florestais, podem ser citados Barbosa (1994); Dias, Faria e Franco (1994); Duboc (1994); Braga et al. (1995); Muniz e Silva (1995); Silva, Furtini Neto e Curi (1996); Venturin et al. (1996); Venturin et al. (2000a); Venturin et al. (2005); Daniel et al. (1997); Lima et al. (1997); Renó et al. (1997); Silva et al. (1997); Veloso et al. (1998a); Veloso et al. (1998b); Salvador, Moreira e Muraoka (1999); Resende et al. (1999); Mendonça et al. (1999); Furtini Neto et al. (2005); Silveira et al. (2002); Viégas et al. (2002); Sarcinelli et al. (2004); Marques et al. (2004); Barroso et al. (2005); Sorreano et al. (2008); Sorreano et al. (2011), os quais restringem a avaliação nutricional a uma ou poucas espécies florestais e, ainda, várias delas não nativas ou ocorrentes nas florestas estacionais semidecíduas.

2.3 Sintomas de deficiência nutricional

Os nutrientes exercem funções específicas no metabolismo da planta. E devido a essas funções os sintomas decorrentes da carência de um determinado nutriente se manifestam de forma semelhante independentemente da espécie (MALAVOLTA, 1980).

Nitrogênio (N): O sintoma característico de deficiência de N nas plantas é uma clorose generalizada e estiolamento. O crescimento é lento e as plantas têm aparência não viçosa. As partes mais velhas da planta são as primeiras a

serem afetadas, pois o N transloca-se das regiões mais velhas para as mais jovens, que crescem ativamente (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Segundo Mengel e Kirkby (1987), os sintomas visíveis são somente as consequências do distúrbio metabólico, e diferentes causas podem proporcionar síndromes similares. A deficiência de N é caracterizada por baixa taxa de crescimento, plantas pequenas, folhas de tamanho reduzido, morte prematura das folhas mais velhas, raízes sem ramificações, colapso no desenvolvimento dos cloroplastos, folhas cloróticas com necrose no estágio mais avançado da deficiência.

Fósforo (P): os sintomas de deficiência de P nos vegetais são descritos por Mengel e Kirkby (1987), como sendo redução no crescimento e da taxa de matéria seca da parte aérea/raiz, o que afeta a formação de frutos e sementes.

Marschner (2012), descreve vários sintomas de deficiência de P nas plantas, entre eles: crescimento vegetal mais lento que o crescimento normal, frequentemente com uma coloração avermelhada decorrente do aumento da formação de antocianinas. Ocorre a redução generalizada de muitos processos metabólicos, incluindo a divisão celular, respiração e fotossíntese.

Epstein e Bloom (2006) descrevem que os primeiros sintomas de deficiência de P em muitas espécies é a presença de folhagem verde-escura ou azul-esverdada. Frequentemente se desenvolvem pigmentos vermelhos, purpúreos e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras. O crescimento é reduzido e, sob condições de deficiência severa, as plantas tornam-se atrofiadas.

Potássio (K): Marschner (2012) descreve que, na deficiência de K, o crescimento é retardado e o K é retranslocado para amadurecimento de folhas e caule, e sob condições de severa deficiência, esses órgãos tornam-se cloróticos e necróticos.

Epstein e Bloom (2006) descrevem que a deficiência de K em muitas espécies deixa as folhas verde-escuras ou azul-esverdeadas, assim como a deficiência de P. Pequenas manchas de tecidos morto (necróticas) frequentemente se desenvolvem nas folhas, nas quais pode haver também necrose marginal ou murchamento. O crescimento é abaixo do normal e, sob condições severas, gemas laterais e terminais podem morrer.

Cálcio (Ca): os sintomas de deficiência de Ca nos vegetais foram descritos por Mengel e Kirkby (1987) como sendo redução no crescimento do tecido meristemático, observada primeiramente na região do crescimento apical e nas folhas mais novas, que se tornam deformadas e cloróticas. Nos estágios mais avançados, constata-se uma necrose das margens das folhas e os tecidos tornam-se “moles”, por causa da dissolução da parede celular.

Conforme Epstein e Bloom (2006), os sintomas de deficiência de Ca aparecem mais cedo e mais severamente nas regiões meristemáticas e nas folhas jovens. As demandas de Ca parecem ser altas nesses tecidos. No entanto, o Ca contido em tecidos mais velhos tende a se tornar imobilizado. Dessa forma, os pontos de crescimento são danificados ou mortos, especialmente flores e frutos. O sintoma é conhecido como “podridão apical”, no caso do tomateiro. O crescimento das raízes é severamente afetado.

Magnésio (Mg): Mengel e Kirkby (1987) descreveram que os sintomas de deficiência de Mg ocorrem inicialmente nas folhas mais velhas, com amarelecimento internerval ou clorose, em casos extremos, tornam-se necróticas. As folhas tornam-se rígidas e quebradiças e as nervuras intercostais, torcidas. Na região basal das folhas, observam-se pequenas manchas verde-escuras, por causa do acúmulo de clorofila, em contraste com folhas de cor amarelada. Ocorre a necrose no ápice das folhas e, nos cloroplastos, constata-se deformação de estrutura lamelar, afetando a estabilidade dos tilacóides.

Para Epstein e Bloom (2006), a deficiência de Mg aparece primeiro nas folhas mais velhas. Clorose marginal é comum, frequentemente acompanhada pelo desenvolvimento de uma variedade de pigmentos. A clorose também pode começar em fragmentos ou manchas irregulares que, mais tarde, fundem-se e espalham-se até as margens e pontas das folhas. Esses autores ressaltam que a variedade de sintomas em diferentes espécies é tão grande que uma descrição generalizada dos sintomas da deficiência de Mg é ainda mais difícil do que para deficiências de outros nutrientes.

Enxofre (S): Como o S é pouco móvel na planta, os sintomas de deficiência ocorrem inicialmente nas folhas superiores, ao contrário do N, cuja deficiência caracteriza-se por uma clorose gradual das folhas mais velhas, cujo tamanho é reduzido (MARSCHNER, 2012).

Epstein e Bloom (2006) afirmaram que os sintomas de deficiência de S geralmente relembram os de deficiência de N, essa similaridade não é surpreendente, já que S e N são ambos constituintes de proteínas. Entretanto, a clorose causada pela deficiência de S surge geralmente nas folhas jovens, e não maduras, como ocorre na deficiência de N, pois, diferentemente do N, o S não é redirecionado para as folhas jovens na maioria das espécies.

Boro (B): Marschner (2012) descreveu alguns dos sintomas de deficiência de B, que foram caracterizados por um encurtamento do internódio, clorose internerval das folhas mais novas, deformação da lâmina foliar, aumento do diâmetro do pecíolo e do caule, diminuição da formação do botão floral, flores e desenvolvimento irregular do fruto.

Mengel e Kirkby (1987) descreveram que a deficiência de B aparece, primeiramente, com o crescimento anormal da região apical da planta, com inibição na formação de flores e frutos. As folhas jovens apresentam-se encrespadas e atrofiadas, tornando-se marrons ou pretas, e o caule mostra-se mais grosso, rígido e quebradiço.

Epstein e Bloom (2006) descreveram que, quando ocorre deficiência de B, frequentemente as gemas são danificadas e podem morrer. As folhas podem tornar-se distorcidas e o caule, áspero e fendido, em geral com saliências e/ou manchas. O florescimento é severamente afetado. Se o fruto se forma, mostra sintomas similares àqueles encontrados nos caules. As raízes e as partes aéreas das plantas sofrem infecções por bactérias e fungos, uma consequência secundária da deficiência de B.

Cobre (Cu): na deficiência de Cu, os sintomas comuns são crescimento lento, distorção, murchamento e branqueamento das folhas mais novas, necrose do meristema apical e lignificação prejudicada da parede celular (MARSCHNER, 2012).

Mengel e Kirkby (1987) descreveram que a deficiência de Cu afeta a viabilidade dos grãos de pólen, provoca a diminuição dos internódios, as folhas tornam-se finas e torcidas, com ápice esbranquiçado, e forma “pêndula” das árvores pela redução de síntese de lignina.

Epstein e Bloom (2006) relataram que a deficiência de Cu varia grandemente, dependendo da espécie. Folhas podem ficar cloróticas ou com um tom azul-esverdeado-escuro, com margens enroladas para cima. As cascas das árvores frequentemente ficam ásperas e cobertas de bolhas, e uma goma pode exsudar a partir de fissuras da casca.

Ferro (Fe): o Fe possui pouca mobilidade na planta. Dessa forma, é comum, no caso de deficiência desse elemento, o aparecimento de sintomas inicialmente nas folhas novas, progredindo para as folhas mais velhas, dependendo da severidade da deficiência. Nas folhas verdes, 80% do Fe está localizado no estroma do cloroplasto, na forma de fitoferretina, servindo como reserva (MARSCHNER, 2012).

Mengel e Kirkby (1987) descrevem que a deficiência de Fe é similar à de Mg, mas sempre iniciando nas folhas mais novas com clorose internerval, ou

seja, as nervuras verde-escuras contrastando com a superfície de cor verde brilhante ou amarelada das folhas.

Epstein e Bloom (2006) relataram que o sintoma mais evidente de deficiência de Fe é a clorose geral das folhas jovens. Primeiramente as nervuras podem permanecer verdes, mas, na maioria das espécies em que a deficiência foi observada, elas também se tornam cloróticas no decorrer do tempo.

Manganês (Mn): Marschner (2012) relatou que a deficiência de Mn afeta a produção da matéria seca, a fotossíntese líquida e o conteúdo de clorofila. As plantas são mais suscetíveis aos danos por temperaturas mais baixas. Em dicotiledôneas, os sintomas de deficiência de Mn são clorose intercostal das folhas mais novas e manchas verde-acinzentadas na base das folhas.

Mengel e Kirkby (1987) descreveram que os cloroplastos são as organelas mais sensíveis à deficiência de Mn. Foram observadas desorganizações do sistema lamelar dos cloroplastos, com volume celular pequeno e dominado pela parede celular. Os tecidos intepidermais se mostraram enrugados, com clorose internerval nas folhas mais novas.

Epstein e Bloom (2006) relataram que os sintomas de deficiência de Mn variam muito de uma espécie para outra. As folhas frequentemente mostram uma clorose entre as nervuras, com estas produzindo um desenho verde em um fundo amarelo ou verde-claro, assemelhando-se muito com a deficiência de Fe. Também podem ocorrer manchas ou riscas necróticas nas folhas.

Molibdênio (Mo): em algumas espécies de plantas, os sintomas mais típicos da deficiência de Mo seriam uma drástica redução e irregularidades na formação da lâmina foliar, o que é conhecido como *whiptail*, causado pela necrose nos tecidos e pela insuficiente diferenciação dos feixes vasculares no estágio inicial do desenvolvimento da folha. Clorose e necrose ao longo da nervura principal das folhas mais velhas e *whiptail* em folhas mais novas podem

refletir os mesmos tipos de distúrbios, que ocorrem, entretanto, nos diferentes estágios de desenvolvimento das folhas (MARSCHNER, 2012).

Mengel e Kirkby (1987) descreveram que a deficiência de Mo assemelha-se à de N, com clorose das folhas mais velhas. E, ao contrário da deficiência de N, a necrose é mais rápida nas margens das folhas, em decorrência do acúmulo de nitrato. As folhas mais velhas apresentam coloração amarelada a verde-amarelada, com as margens enroladas, seguida por necrose. A lamela média da parede celular apresenta-se mal formada e, no caso extremo, a lâmina foliar não chega a ser formada, ficando apenas as nervuras das folhas.

Epstein e Bloom (2006) relataram que a deficiência de Mo, identificada primeiramente em tomates, causou nessa espécie e em outras uma clorose entre as nervuras. As nervuras permanecem verde-claras, o que dá às folhas uma aparência mosqueada, similar à deficiência de Mn. As margens das folhas tendem a torcer e enrolar. Em casos mais severos, observa-se a necrose e a planta inteira tem seu desenvolvimento comprometido.

Zinco (Zn): os sintomas da deficiência de Zn em dicotiledôneas seriam o crescimento retardado, com encurtamento dos internódios e uma redução da área foliar. Em combinação com esses sintomas, as folhas mais novas apresentam clorose e necrose. Ocorre a redução de grãos e sementes, decorrente do papel específico do Zn na fertilização, afetando a germinação dos grãos de pólen (MARSCHNER, 2012).

Mengel e Kirkby (1987) descreveram que na deficiência de Zn ocorre clorose internerval das folhas, com colorações verde-claras, amarelecidas ou esbranquiçadas; distribuição irregular de cachos e/ou rosetas de folhas pequenas dormentes que foram formadas no final das gemas jovens, bem como a diminuição do número de brotos e internódios mais curtos.

Para Epstein e Bloom (2006), os sintomas clássicos de deficiência de Zn são folhas pequenas e formação de rosetas. Ambos os sintomas exultam da

dificuldade dos tecidos em crescer normalmente. A dificuldade das folhas em expandir-se as torna pequenas, e a dificuldade dos internódios em alongar-se leva as folhas de nós sucessivos a se aproximarem, dando origem ao sistema de “roseta”. Em algumas espécies, as folhas se tornam cloróticas; em outras, porém, elas podem tornar-se verde-escuras ou azul-esverdeadas, torcidas e necróticas. O florescimento e a frutificação são muito reduzidos sob condições de severa deficiência de Zn, e a planta toda pode ficar raquítica e disforme.

2.4 Correção da acidez do solo para espécies florestais

Conforme Van Raij (2011), a condição desfavorável de reação do solo mais comum nos solos brasileiros é a acidez excessiva. Assim, a correção da acidez dos solos pela calagem é um dos melhores investimentos a ser feito, em condições nas quais as culturas respondem a esta prática.

Segundo Souza e Lobato (2004), na região do Cerrado, o problema da acidez (excesso de alumínio, baixos teores de cálcio e magnésio) não é só superficial (0 a 20 cm), podendo ocorrer também na subsuperfície (camadas mais profundas).

O alumínio pode inibir a absorção de cálcio, principalmente pelo bloqueio ou competição nos sítios de troca, e de fósforo através da formação de complexos que se precipitam como fosfato de alumínio na superfície da raiz, encontrando-se desta forma indisponível para a planta (MARSCHNER, 2012).

Uma calagem bem feita irá neutralizar o alumínio do solo e fornecer cálcio e magnésio como nutrientes. Além disso, promove o aumento da disponibilidade do fósforo e de outros nutrientes no solo, assim como da capacidade de troca de cátions efetiva e da atividade microbiana, entre outros benefícios. A calagem possibilita, então, maior desenvolvimento do sistema

radicular das plantas, facilitando ainda mais a absorção e a utilização dos nutrientes e da água pelas culturas (SOUZA; LOBATO, 2004).

O cálcio desempenha três tipos de funções na planta: estrutural, regulador enzimático e de mensageiro secundário, este nutriente é essencial para manter a integridade estrutural e funcional das membranas e da parede celular, além de ser requerido para a elongação e divisão celular, refletindo no desenvolvimento e funcionamento das raízes, na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (MALAVOLTA, 2006).

Haridasan (2006) sugere que a maioria das espécies nativas do Cerrado é capaz de responder à calagem e adubação. Contudo, há diferenças entre as espécies nas respostas aos nutrientes individuais.

Rocha et al. (2008) estudaram os efeitos de doses de calcário dolomítico incorporado ao solo da cova de plantio, nas propriedades do solo, no crescimento inicial e estado nutricional das plantas de um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico, textura argilosa, com acidez elevada e rico em matéria orgânica em profundidade. Concluíram que a calagem é recomendada para a cultura do eucalipto em Latossolo húmico, na dose de 300 g cova⁻¹, que resulta no equivalente a 64% de saturação por bases no solo. Esses autores consideram ainda que, valores superiores a esse causam redução no crescimento e desequilíbrio nutricional, diminuindo os teores de N e de Mn e aumentando a relação Ca/Mg nas folhas.

Venturin et al. (2000a) estudaram o efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), observaram que os tratamentos influenciaram o crescimento e teores foliares de nutrientes das mudas de aroeira. As melhores respostas obtidas em altura de plantas e diâmetro do caule foram dos tratamentos CaCO₃ +

Mg Solúvel, seguido das relações 2:1, 1:1 e 8:1, exceto este último para diâmetro do caule.

Bernardino et al. (2007) em trabalho realizado com o jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) observaram resultados negativos de variáveis de crescimento em resposta a elevação da saturação por bases pois para a espécie, nenhuma característica avaliada (altura e diâmetro do colo) sofreu influência significativa.

2.5 Adubação fosfatada em espécies florestais nativas

Malavolta (2006) cita as funções do fósforo como sendo um componente dos lipídeos do plasmalema e do tonoplasto, os quais são passagem obrigatória dos nutrientes no processo de absorção, tanto na raiz quanto na folha, armazenamento de energia na fotossíntese e respiração, utilização de energia para reações de síntese de proteínas, na fixação biológica do nitrogênio, transferência dos caracteres genotípicos da planta com suas manifestações externas que dependem do ambiente.

Sabendo-se da importância do Ca e P para o crescimento das plantas, o efeito do pH do solo na solubilidade do P e a influência do Al inibindo a absorção do Ca e P, podem ser fatores limitantes ao crescimento das plantas (ULHÔA, 1997).

Tucci et al. (2007) estudaram o efeito da calagem e da fertilização do solo para a produção de mudas de Mogno (*Swietenia macrophylla*). Observou em seus resultados que os maiores valores de altura, diâmetro e biomassa foram observados com a fosfatagem corretiva e sua combinação com a calagem mais adubação com NPK.

Conforme Sousa e Lobato (2004), o fósforo é um dos nutrientes que merecem mais atenção para a produção agrícola nos solos da Região do Cerrado

onde a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa. A adubação fosfatada, dessa forma, é prática imprescindível nesse ambiente.

Martinotto et al. (2012) avaliaram a sobrevivência e o crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (angico-vermelho), *Anacardium occidentale* (caju), *Dipteryx alata* (baru), *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá), *Hancornia speciosa* (mangaba) e *Sclerolobium paniculatum* var. *rubiginosum* (taxi-branco)) em consórcio com mandioca (*Manihot esculenta*), com ou sem adubação fosfatada. Esses autores concluíram que a taxa média de sobrevivência das espécies arbóreas foi crescente na seguinte ordem: baru (79%), taxi-branco (86%), jatobá (95%), mangaba (98%), angico (99%) e caju (100%). O taxi-branco apresentou maiores taxas de crescimento relativo em diâmetro e altura, enquanto jatobá e baru apresentaram os menores valores. A adubação fosfatada favoreceu apenas ao taxi-branco.

Souza et al. (2013) avaliaram os efeitos da adição de N e P sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*), espécie florestal nativa do Cerrado, em Latossolo Vermelho distroférico. As maiores doses de N e P proporcionaram maior crescimento das mudas, no entanto, com relação à qualidade das mudas, a variável RAD (relação altura/diâmetro), RPAR (relação massa seca da parte aérea/massa seca raiz) e o índice de qualidade de Dickson indicaram ser o fósforo elemento relevante.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Casa de vegetação

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), sul de Minas Gerais. O município está situado a 21° 14' de latitude sul e 44° 00' de longitude oeste de Greenwich, a altitude de 919 m.

Sementes de baru provenientes da região de ocorrência natural da espécie, coletadas no nordeste do Mato Grosso, região de Bom Jesus do Araguaia, foram colocadas para germinar em bandeja rasa (5 cm de profundidade), contendo vermiculita, recobertas e umedecidas com água. Após as plântulas atingirem altura entre 5 - 10 cm, com um mês e meio, foram transplantadas para uma bandeja plástica contendo 30 L de solução referente à Hoagland e Arnon (1950) completa, com aeração constante, nas concentrações de 25, 50 e 75% da sua força iônica, as quais ficaram um período de 15 (quinze) dias em cada concentração. Após o período de adaptação, as plantas foram individualizadas em vasos plásticos com capacidade de 05 L, com aeração constante, sobre uma bancada.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizados (DIC), com quatro repetições e 13 tratamentos, representados por: Solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) completa, solução nutritiva com omissão de N (-N), solução nutritiva com omissão de P (-P), solução nutritiva com omissão de K (-K), solução nutritiva com omissão de Ca (-Ca), solução nutritiva com omissão de Mg (-Mg), solução nutritiva com omissão de S (-S), solução nutritiva com omissão de B (-B), solução nutritiva com omissão de Cu (-Cu), solução nutritiva com omissão de Fe (-Fe), solução nutritiva com omissão de Mn (-Mn), solução

nutritiva com omissão de Mo (-Mo), e solução nutritiva com omissão de Zn (-Zn) (Tabela 1).

A parcela foi composta por um vaso plástico com volume de 05 (cinco) litros contendo uma planta por vaso, totalizando de 52 vasos. Utilizaram-se placas de isopor de dois centímetros de espessura como suporte para as plantas. As soluções eram trocadas quinzenalmente durante o período experimental.

Na preparação de todas as soluções estoques dos nutrientes empregaram-se reagentes P.A. As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções (15 dias), o volume dos vasos foi verificado diariamente e completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

Tabela 1 Composição das soluções nutritivas (mL solução estoque L⁻¹ solução nutritiva) utilizadas no experimento segundo Hoagland e Arnon (1950)

Solução estoque	Completa	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B	-Cu	-Fe	-Mn	-Mo	-Zn
NH₄H₂PO₄ M (115,03g L ⁻¹) ¹	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KNO₃ M (101,11g L ⁻¹)	6	0	6	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Ca(NO₃)₂.4H₂O M (236,16g L ⁻¹)	4	0	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4
MgSO₄.7H₂O M (246,9g L ⁻¹)	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2
KH₂PO₄ 1M (136g L ⁻¹)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K₂SO₄ 0,5M (87,13g L ⁻¹)	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
CaSO₄.2H₂O 0,005M (0,86 g L ⁻¹)	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg(NO₃)₂.6H₂O M (256g L ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
NH₄NO₃ M (80,04g L ⁻¹)	0	0	0,5	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0
¹ Solução 'a'	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
² Solução Fe-EDTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1

¹Solução 'a': Solução contendo micronutrientes (quantidade por litro): 2,86 g H₃BO₃; 2,43 g MnSO₄.H₂O; 0,22 g ZnSO₄.7H₂O; 0,08 g CuSO₄.5H₂O; 0,02 g H₂MoO₄.H₂O.

²Solução de Fe-EDTA: Solução contendo Ferro quelatizado por EDTA na concentração de 24,9 g L⁻¹ de FeSO₄.7H₂O e 26,1 g de EDTA.

3.1.1 Crescimento de mudas de Baru em solução nutritiva – Técnica do elemento faltante

Após a instalação do experimento foram anotados a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do colo (D). Realizaram-se novas medições aos 30 e 60 dias, sendo então contabilizados os números de folhas (NF) e folíolos (NF_i).

No final do experimento as plantas foram colhidas, separadas as partes aérea e radicular, lavadas em água corrente e em água deionizada. Posteriormente foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65-70°C, até o material atingir massa constante.

O material vegetal foi pesado em uma balança de precisão (0,01 g), para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). Juntamente com esses dados, calculou-se a relação raiz/parte aérea (R/PA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; HOSNER, 1960), obtido pela seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{D}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

3.1.2 Teor de nutrientes

Após a pesagem, o material oriundo da parte aérea da planta foi moído em moinho tipo Wiley para determinação de macro e micronutrientes.

Os teores de N nas plantas foram determinados pelo método de Kjeldahl. Boro por extração através da digestão por via seca (incineração), e determinação analítica por Colorimetria. No extrato, obtido por digestão nítrico-perclórica, foi determinado o P por colorimetria, o K por fotometria de chama de emissão, os

teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica e os de S total por turbidimetria (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

3.1.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias avaliadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2003).

3.1.4 Diagnose visual das deficiências nutricionais

À medida que ocorriam as manifestações dos sintomas visuais de deficiências nutricionais, todas as alterações na planta que distinguiam as plantas sob omissão de nutrientes das plantas cultivadas em solução completa foram fotografadas e anotadas. Desse modo foi possível acompanhar a evolução dos sintomas visuais de deficiência durante o período experimental.

As plantas que não apresentavam condições de continuarem crescendo foram colhidas para a determinação da massa seca e subseqüentes análises foliares.

3.2 Experimento de campo

Com base em pesquisas realizadas no Departamento de Ciências Florestais (DCF) foi instalada outra etapa do trabalho com a finalidade de avaliar o crescimento inicial das plantas no campo com diferentes doses de P e Calagem.

3.2.1 Níveis de P e Calagem no crescimento inicial de Baru no campo

O solo foi amostrado na profundidade de 0 a 20 cm, analisado segundo EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997), de acordo com os resultados da análise (Tabela 2), foram definidas as práticas adotadas e as doses dos demais adubos para a implantação.

Tabela 2 Características químicas e físicas da amostra de solo da área antes do plantio de *Dipteryx alata* Vogel (Baru), em Lavras, MG

Atributos	Solo não adubado
pH (H ₂ O)	4,7
P (mg dm ⁻³)	1,0
K (mg dm ⁻³)	54
Ca ²⁺ (cmol _c dm ³)	0,1
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,1
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,5
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,3
(t) (cmol _c dm ⁻³)	1,5
(T) (cmol _c dm ⁻³)	4,5
V (%)	6,7
m (%)	80
MO (dag kg ⁻¹)	2,7
P-rem (mg L ⁻¹)	16
Zn (mg dm ⁻³)	0,5
Fe (mg dm ⁻³)	34,3
Mn (mg dm ⁻³)	1,9
Cu (mg dm ⁻³)	1,5
B (mg dm ⁻³)	0,3
S (mg dm ⁻³)	20,7
Areia (dag kg ⁻¹)	13
Silte (dag kg ⁻¹)	29
Argila (dag kg ⁻¹)	58

3.2.2 Localização do experimento

O presente estudo foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG Sul de Minas – Unidade do Farias, no município de Lavras, nas coordenadas geográficas 21° 21'29"S e 45° 06'52"W, apresentando uma altitude de 871 m, em Latossolo Vermelho argiloso (Figura 1). O clima da região segundo a classificação de Köppen é Cwa (clima temperado com inverno seco) com mais ou menos cinco meses secos. A precipitação local é em torno de 1530 mm anuais, a temperatura média anual de 19,4°C e a umidade relativa média anual de 76,2% (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

3.2.3 Coleta de sementes

As sementes foram coletadas na região de ocorrência natural da espécie, no Norte do estado de Minas Gerais, na cidade de Paracatu e região.

3.2.4 Formação das mudas

As mudas foram formadas no viveiro florestal da UFLA em tubetes de 100 cm³, o tempo de formação das mudas foi de 8 meses e levadas ao campo no dia 22 de dezembro de 2011, com a média de 20,75 cm de altura e 9,76 mm de diâmetro do colo, atendendo às recomendações propostas por Davide e Faria (2008).

A adubação no viveiro consistiu da aplicação de 3 kg de osmocote (15-9-12 de liberação de 8-9 meses) por m³ de substrato, o substrato utilizado foi Bioplant com as características: pH 5,8, Ce 1,0; densidade 280; umidade 55% e CRA 100%. A adubação de cobertura seguiu recomendação de Gonçalves et al. (2005) e consistiu de 200g de N e 150g de K₂O dissolvidos em 100L de água,

volume suficiente para 10000 mudas. Essa adubação foi realizada semanalmente, sendo que o potássio era aplicado intercalado entre as semanas.

3.2.5 Delineamento experimental e tratamentos

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos, com as dosagens de cada nutriente constituindo os tratamentos. As mudas foram plantadas em espaçamento de 2,5 m entre as linhas de plantio e de 1,5 m entre plantas (Figuras 2 e 3). A intenção do espaçamento reduzido é diminuição dos tratos culturais, bem como induzir competição melhorando assim a qualidade do fuste. Foi pensada também a realização futura de experimentos de manejo do povoamento com presença de desbastes e de podas controladas para obtenção de madeira livre de nós.

Para os tratamentos no experimento de calagem foi utilizado calcário visando elevar o V% 6,7 (natural), para 35, 55 e 75%. Utilizou-se calcário dolomítico com proporção Ca:Mg de aproximadamente 4:1, as dosagens calculadas foram 0; 1,27; 2,17 e 3,08 toneladas por hectare.

Os tratamentos no experimento de fósforo foram constituídos de: 0, 10, 20, 40 e 80 g de P_2O_5 por cova. Para as doses de Fósforo utilizou-se como fonte o Superfosfato triplo.

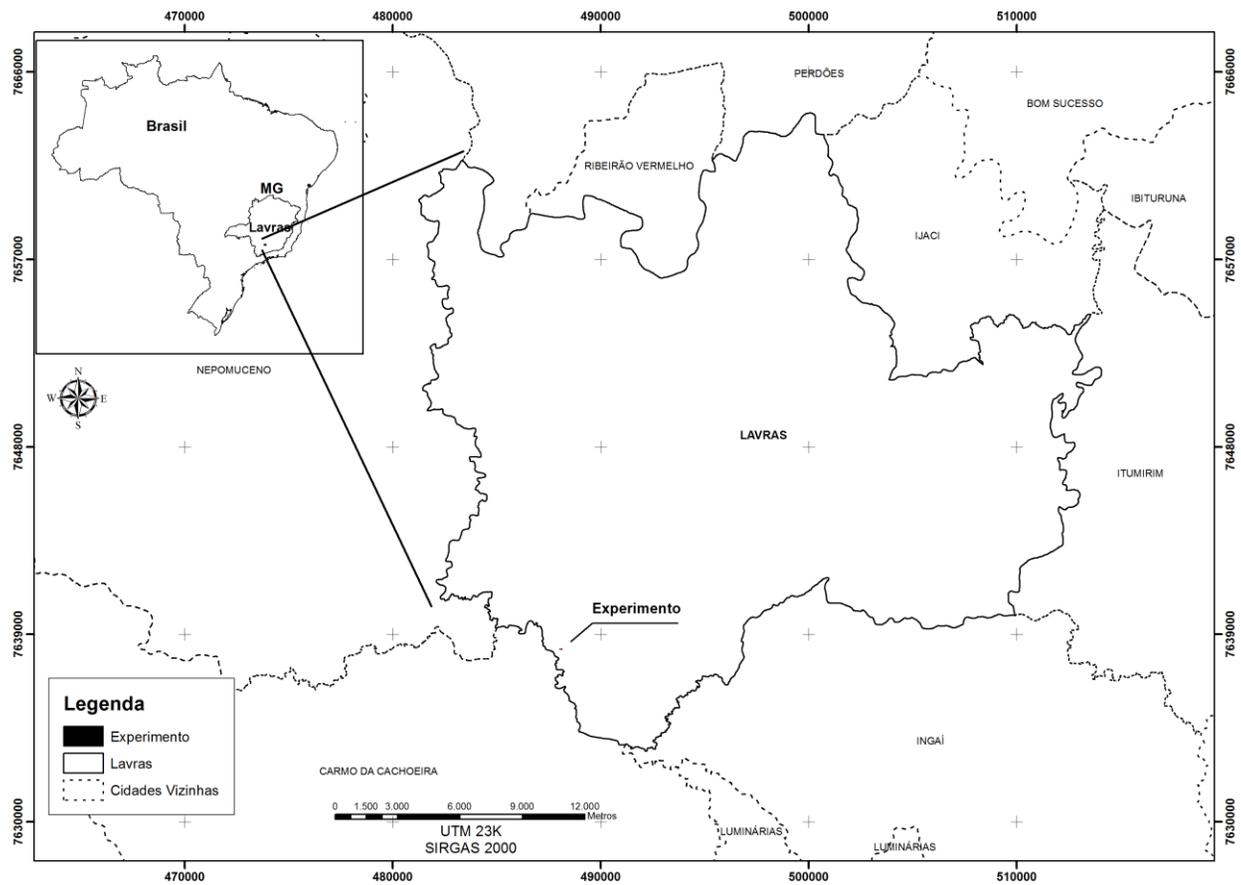


Figura 1 Mapa com localização do experimento

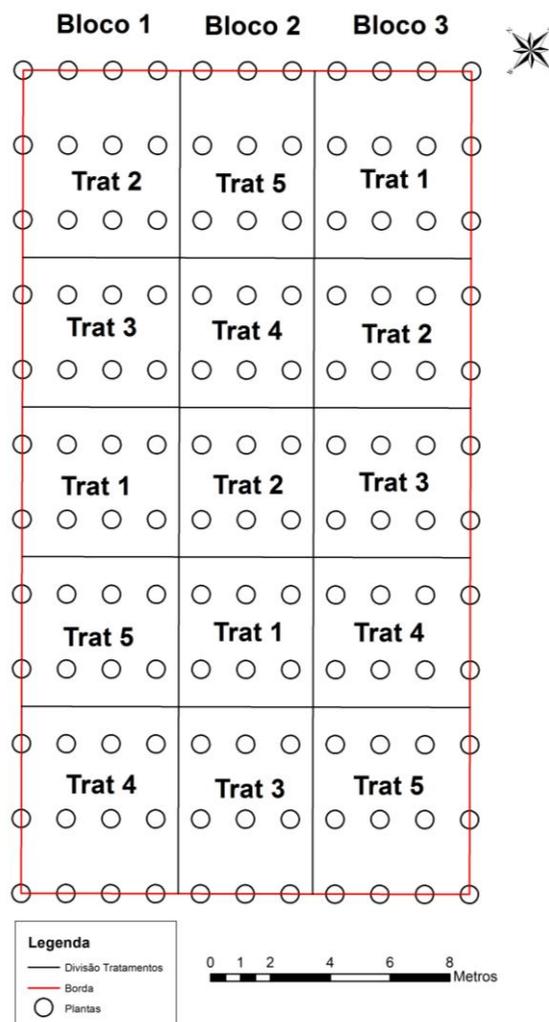


Figura 2 Delineamento do experimento com níveis de fósforo

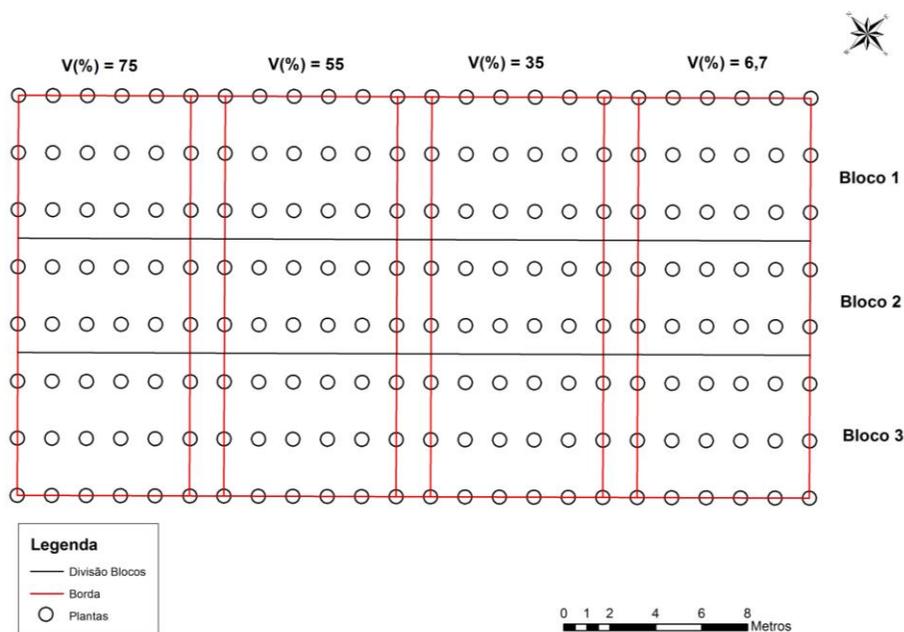


Figura 3 Delineamento do experimento com níveis de calagem

3.2.6 Instalação do experimento

Foram instalados 2 experimentos distintos.

O experimento de calagem teve 04 dosagens e 3 blocos contendo as repetições, cada repetição constou de 8 plantas úteis.

O experimento com doses de P teve 05 dosagens e 3 blocos contendo as repetições, cada repetição com 6 plantas úteis.

Após a abertura da área de plantio foi realizada calagem em área total no experimento com níveis de P, utilizou-se calcário dolomítico para elevação da saturação por bases a 60%. O calcário foi incorporado na camada de 0-20 cm de profundidade, logo após foram feitos os sulcos de plantio.

A adubação básica dos experimentos seguiram as recomendações adaptadas de Gonçalves (1995) aplicando-se: 50 g de ureia, 40 g de P_2O_5 , 50 g

de KCl, e 1 g de B, 1g de Zn, 0,5g de Cu e 0,1g de Mo. O fósforo foi aplicado na cova de plantio, os micro foram aplicados junto com a primeira cobertura, N e K foram aplicados em 3 parcelas mensais.

3.2.7 Crescimento de mudas de Baru em campo

Neste experimento avaliou-se a sobrevivência das mudas no campo, a altura das plantas e diâmetro do caule na altura do solo. As avaliações de altura e diâmetro foram realizadas aos seis, doze e dezoito meses após plantio.

3.2.8 Teor de nutrientes

Aos quinze meses após o plantio, coletaram-se folhas recém-maduras do terço superior de cada planta, conforme sugerido para seringueira (*Hevea brasiliensis*) e eucalipto por Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), num total de 12 amostras para o experimento de calagem e 15 amostras para o experimento com doses de P. Posteriormente as folhas foram lavadas, secas e analisadas quanto ao teor de nutrientes, assim como descrito para o experimento em casa de vegetação.

3.2.9 Análise estatística

Realizou-se a análise de variância e foi feita regressão entre dosagens e as variáveis dos dados coletados. Utilizou-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2003). Os gráficos e tabelas foram gerados pelo programa Microsoft Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Casa de vegetação

O crescimento das mudas de baru apresentou comportamento diferenciado de acordo com o tratamento adotado, conforme apresentado a seguir.

4.1.1 Crescimento

As omissões de nutrientes em solução nutritiva comprometeram o crescimento das plantas de baru. Para todas as variáveis analisadas, exceto para relação raiz/parte aérea (R/PA), o tratamento completo mostrou diferença significativa (Tabela 3).

Tabela 3 Altura (H), diâmetro (D), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA), índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD), número de folhas (NF) e número de folíolos (NFi) para mudas de *Dipteryx alata* em solução nutritiva, após dois meses da implantação

Tratamentos	H (cm)	D (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	R/PA	IQD	NF	NFi
Completo	11,7 a	7,24 a	3,80 a	1,72 a	5,52 a	0,45 c	1,45 a	7,6 a	57,6 a
-N	09,7 a	6,29 b	2,40 b	2,04 a	4,45 b	0,91 a	1,63 a	5,6 b	40,6 b
-P	10,6 a	5,59 c	3,37 a	2,30 a	5,67 a	0,66 b	1,69 a	6,3 b	46,6 b
-K	09,4 a	5,69 c	1,97 b	0,92 b	2,96 b	0,46 c	0,78 b	5,3 b	36,0 b
-Ca	08,5 a	5,26 c	1,81 b	0,66 b	2,47 b	0,37 c	0,56 b	6,0 b	39,0 b
-Mg	12,1 a	5,50 c	3,05 a	1,05 b	4,10 b	0,34 c	0,80 b	5,3 b	33,0 b
-S	12,4 a	6,35 b	4,15 a	1,73 a	5,88 a	0,41 c	1,35 a	7,6 a	52,6 a
-B	13,0 a	5,84 c	4,93 a	2,04 a	7,18 a	0,42 c	1,53 a	8,0 a	57,6 a
-Cu	11,4 a	5,89 c	3,46 a	1,47 b	4,68 b	0,45 c	1,13 b	7,0 a	46,3 b
-Fe	11,1 a	4,67 c	2,38 b	1,44 b	3,82 b	0,60 b	0,94 b	6,3 b	44,6 b
-Mn	12,3 a	6,28 b	4,20 a	1,41 b	5,57 a	0,34 c	1,12 b	8,0 a	57,0 a
-Mo	11,6 a	5,64 c	3,25 a	1,62 a	4,88 a	0,51 c	1,20 b	7,6 a	51,6 a
-Zn	12,0 a	6,43 b	3,81 a	2,03 a	5,88 a	0,53 c	1,53 a	7,3 a	52,0 a
CV (%)	16,53	9,21	29,78	30,34	29,01	19,76	28,92	14,9	17,91

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

Houve redução na MSPA nos tratamentos em que foram removidos N, K, Ca e Fe. Esse efeito refletiu em redução da MST nos tratamentos em que foram removidos N, K, Ca e Fe. Isso demonstra que esses elementos influenciam diretamente na biomassa vegetal produzida pela planta. N e K são elementos requeridos em grande quantidade para a maioria das plantas (MARSCHNER, 2012) como observado também em espécies florestais, como por exemplo para *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish (VENTURIN et al., 2005) e *Tectona grandis* (BARROSO et al., 2005).

Com relação à MSR verifica-se redução nos tratamentos em que há omissão de Ca, Mg, K, Cu, Fe e Mn. Destaca-se o efeito causado pela omissão de Ca, extensamente abordado na literatura por sua influência no crescimento de raízes em plantas. A deficiência de Ca afeta principalmente os pontos de

crescimento da raiz, causando o surgimento de núcleos poliploides, células binucleadas, núcleos constrictos e divisões amitóticas ocasionando seu escurecimento e posterior morte da raiz, levando a uma paralisação do crescimento (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Em plantas de *Myracrodruon urundeuva*, o fósforo e o cálcio, seguidos de Mg, mostraram-se altamente limitantes ao crescimento das mudas de aroeira do sertão (MENDONÇA et al., 1999).

Houve aumento da relação R/PA com a omissão de N, P e Fe em relação ao tratamento completo e aos demais. Grant et al. (2001) relatam que as plantas podem mostrar o aumento do sistema radicular como mecanismo para melhorar seu acesso ao P em condições de deficiência desse elemento, desenvolvendo aceleradamente as raízes laterais, ricas em pelos radiculares.

As deficiências de P, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo e Zn não provocaram redução na produção de MSPA. Isso ocorreu, provavelmente, pelo fato das plantas terem adquirido reserva desses nutrientes durante a fase de adaptação à solução nutritiva. Ressalta-se que esses tratamentos podem desencadear efeitos negativos sobre o crescimento em período posterior ao avaliado, refletindo no estabelecimento das plantas no campo. Analogamente, os tratamentos com omissão de P, S, B, Mn, Mo e Zn também não diferiram do tratamento completo para a MST.

Com relação ao diâmetro, as maiores limitações foram devidas à deficiência de P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe e Mo. Os mais limitantes para cadiúva (*Trema micrantha*) também foram P e B (VENTURIN et al., 2000b). O B foi também o nutriente mais limitante para *Croton urucurana* (SORREANO et al., 2008). No trabalho de Mendonça et al. (1999), a ausência de calagem, P, Ca, Mg, K e B (principalmente P e Ca) propiciou menor crescimento em diâmetro.

Estatisticamente (p-valor = 0,052), pelo teste Scott-Knott, não houve redução no crescimento em altura em função da omissão. O que pode ser

explicado em função do crescimento lento de *Dipteryx alata*, como observado nas Figuras 4 e 5. Nessas figuras são apresentados o crescimento das plantas em altura em função da omissão de nutrientes, avaliadas 2 meses consecutivos até a conclusão do experimento.

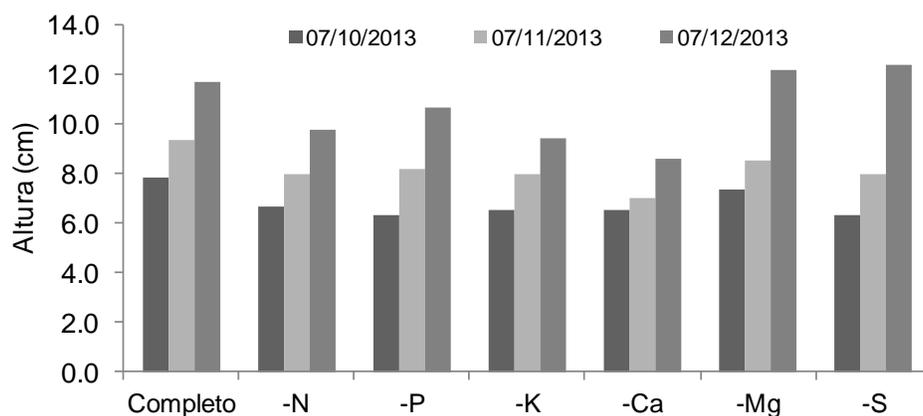


Figura 4 Crescimento em altura em função da omissão de macronutrientes para mudas de *Dipteryx alata* em solução nutritiva

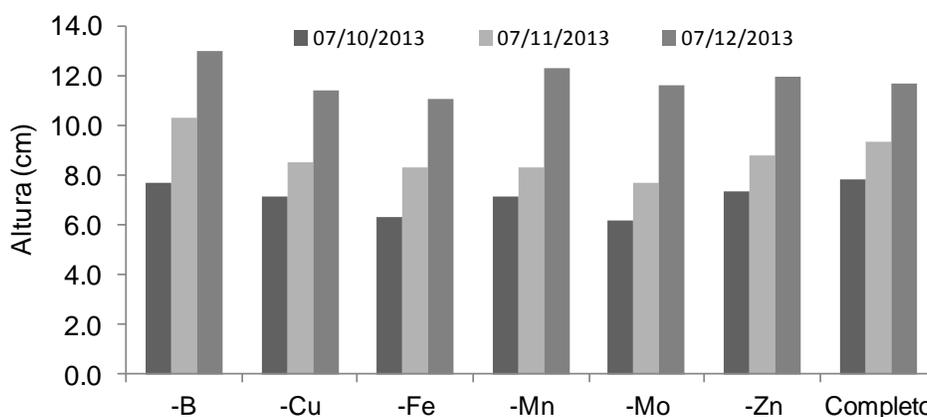


Figura 5 Crescimento em altura em função da omissão de micronutrientes para mudas de *Dipteryx alata* em solução nutritiva

Gomes (2001) cita que quanto maior o índice de qualidade de Dickson, maior o padrão de qualidade das mudas. Os tratamentos que apresentaram menor índice de qualidade de Dickson, sendo, portanto, os mais limitantes foram os com ausência de Ca, K, Mg, Fe, Mn, Cu e Mo.

A maior produção de folhas foi observada nos tratamentos com omissão de B e Mn, diferindo significativamente dos demais tratamentos, com exceção do Completo, S, Mo, Zn e Cu. Sorreano et al. (2008), em mudas de *Croton urucurana* (sangra d'água), observaram comportamento semelhante na omissão de B.

As omissões de N, K e Mg foram as que mais influenciaram negativamente o desenvolvimento da espécie em número de folhas. Sorreano et al. (2011), em mudas de *Croton urucurana* (sangra d'água), verificaram comportamento semelhante na supressão de N, Ca e Mg.

A maior produção de folíolos foi observada no tratamento completo e nos tratamentos com ausência de B, Mn, S, Zn e Mo, diferindo significativamente dos demais tratamentos.

4.1.2 Teor e Acúmulo de nutrientes

A concentração externa de íons é um dos fatores que afetam a absorção iônica radicular (MARSCHNER, 2012; MALAVOLTA, 2006). Ao omitir-se cada nutriente na solução, separadamente, observou-se diminuição de seus respectivos teores na planta (Tabela 4).

Tabela 4 Produção de massa seca e teor de macronutrientes pela parte aérea de plantas de *Dipteryx alata* sob omissão de macro e micronutrientes

Tratamento	Massa seca (g)	Teores (g kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	3,80	31,45 b	8,34 a	15,90 a	8,66 a	2,18 b	4,21 a
-N	2,40	11,77 d	4,51 b	15,30 a	5,82 b	2,39 a	2,79 c
-P	3,37	24,82 c	1,24 c	11,25 b	4,31 c	1,44 c	2,42 c
-K	1,97	39,42 a	9,19 a	4,35 c	9,75 a	2,60 a	3,28 b
-Ca	1,81	40,00 a	5,54 a	15,15 a	2,72 c	2,07 b	3,14 b
-Mg	3,05	32,67 b	7,72 a	13,65 b	6,32 b	0,47 c	2,35 c
-S	4,15	26,67 c	5,92 a	14,40 a	7,18 b	1,69 c	2,27 c
-B	4,93	32,82 b	6,69 a	14,55 a	6,37 b	1,90 c	2,97 b
-Cu	3,46	34,47 b	6,76 a	12,90 b	7,36 b	1,92 c	3,42 b
-Fe	2,38	38,27 a	7,02 a	16,05 a	7,04 b	2,02 b	3,80 a
-Mn	4,20	35,77 b	7,14 a	15,15 a	6,20 b	1,77 c	3,14 b
-Mo	3,25	31,05 b	6,85 a	13,65 b	6,63 b	1,47 c	3,32 b
-Zn	3,81	34,60 b	7,18 a	14,40 a	6,25 b	2,04 b	3,19 b
CV (%)		13,70	25,24	10,48	20,89	16,04	15,47

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Jones Júnior, Wolf e Mills (1991) salientam que quando o S se torna limitante o teor de N tende a aumentar. Porém, os resultados demonstraram que apesar de ter havido diminuição no teor de N na planta de baru, sob a omissão de S, a quantidade absorvida foi a mesma. Isso ocorreu pelo fato de a matéria seca ter aumentado nesse tratamento em relação ao completo, resultando no efeito de diluição do N (Tabela 5).

Tabela 5 Produção de massa seca e acúmulo de macronutrientes pela parte aérea de plantas de *Dipteryx alata* sob omissão de macro e micronutrientes

Tratamento	Massa seca (g)	Acúmulos (mg planta ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	3,80	119,00 b	31,64 a	60,47 a	32,89 a	8,31 a	16,08 a
-N	2,40	28,06 d	10,54 d	36,27 b	14,13 b	5,62 b	6,51 b
-P	3,37	83,44 c	4,38 d	37,70 b	14,82 b	4,80 b	8,26 b
-K	1,97	77,90 c	18,09 c	8,61 c	19,15 b	5,13 b	6,46 b
-Ca	1,81	71,88 c	9,65 d	27,34 b	4,71 c	3,72 b	5,60 b
-Mg	3,05	98,80 c	23,31 b	41,62 b	19,18 b	1,45 c	7,14 b
-S	4,15	110,43 b	24,57 b	60,55 a	29,95 a	7,05 a	9,52 b
-B	4,93	160,38 a	33,61 a	73,88 a	31,49 a	9,31 a	15,05 a
-Cu	3,46	119,61 b	23,23 b	44,69 b	25,26 a	6,73 a	11,67 a
-Fe	2,38	89,32 c	16,50 c	37,94 b	17,19 b	4,68 b	9,11 a
-Mn	4,20	148,97 a	26,13 a	62,65 a	26,21 a	7,41 a	13,07 a
-Mo	3,25	101,45 c	22,97 b	44,94 b	22,33 a	4,96 b	11,07 a
-Zn	3,81	122,82 b	26,13 b	54,81 a	23,20 a	7,61 a	11,51 a
CV (%)		26,30	27,92	28,50	30,99	30,19	29,87

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na deficiência de P houve diminuição no teor de N, ocorrendo também a diminuição de P na omissão de Jones Júnior, Wolf e Mills (1991) observam esse comportamento em várias espécies vegetais. Segundo esses autores o aumento na absorção de N requer aumento na concentração de P na solução; e fontes nitrogenadas favorecem a transferência do fósforo pelas barreiras celulares, durante a absorção, e o movimento desse nutriente pelo xilema.

Constatou-se que as omissões de K, Ca e de Fe da solução nutritiva promoveram aumentos nos teores de N na parte aérea. Houve efeito de concentração, devido à baixa produção de biomassa nesses tratamentos comparativamente ao tratamento completo. Resultados semelhantes foram encontrados por Mendonça et al. (1999) e Marques et al. (2004) nas espécies aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*), e paricá (*Schizolobium amazonicum*), respectivamente.

A omissão de P resultou na redução dos teores de P e Ca na parte aérea, quando comparada com o tratamento completo. Tanto a omissão de N quanto a de P afetou o comportamento do Ca. Isso porque a adição de N e P no meio favorece o acúmulo de Ca nas folhas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Dessa forma, a ausência desses nutrientes pode ter prejudicado a absorção de Ca pelas plantas, como observado também por Barroso et al. (2005) na espécie florestal *Tectona grandis*.

O aumento nos teores de Mg na parte aérea da planta de baru foi observado no tratamento com a omissão de K, como consequência da competição entre esses nutrientes. Alguns autores também relataram o efeito da inibição competitiva entre o K e o Mg em plantas de *Peltophorum dubium* (angico amarelo) (VENTURIN et al., 1999) e em *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) (MENDONÇA et al., 1999). De acordo com Malavolta (1980), existe um antagonismo entre Ca, Mg e K, em que o aumento na concentração de um destes elementos no meio implica na diminuição da absorção dos outros, o que justifica os altos teores de Mg no tratamento com a omissão de K.

Os maiores teores de S na parte aérea de baru foram encontrados no tratamento completo e no tratamento com deficiência de Fe. Resultado semelhante foi encontrado por Mendonça et al. (1999) na espécie aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*). Segundo Malavolta (1980), os sulfatos se encontram em solução ou em combinações pouco solúveis com Fe e Al, isto explica o alto teor de S no tratamento com omissão de Fe.

Apenas no tratamento com a omissão de B o teor desse nutriente foi estatisticamente inferior ao tratamento completo e aos demais tratamentos (Tabela 6). De acordo com Mengel e Kirkby (1987), o B é um nutriente de baixa mobilidade no tecido da planta e o seu transporte é dependente da transpiração e

das relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera, que afetam a sua distribuição nas diversas partes das plantas.

Tabela 6 Produção de massa seca e teor de micronutrientes pela parte aérea de plantas de *Dipteryx alata* sob omissão de macro e micronutrientes

Tratamento	Massa seca (g)	Teores (mg kg ⁻¹)				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Completo	3,80	39,01 a	4,11 a	183,21 c	87,42 b	14,14 a
-N	2,40	34,76 a	2,26 d	108,3 d	115,21 b	11,34 a
-P	3,37	29,11 a	2,71 c	184,15 c	70,07 b	11,71 a
-K	1,97	28,89 a	4,66 a	224,19 c	73,55 b	17,07 a
-Ca	1,81	33,70 a	3,71 b	232,57 c	65,99 b	15,75 a
-Mg	3,05	32,82 a	3,55 b	212,39 c	108,39 b	18,45 a
-S	4,15	34,58 a	3,38 b	193,38 c	93,26 b	14,70 a
-B	4,93	16,25 b	3,66 b	152,92 c	73,02 b	13,54 a
-Cu	3,46	28,24 a	2,02 d	183,89 c	95,32 b	12,67 a
-Fe	2,38	34,20 a	4,13 a	65,29 d	179,85 a	17,18 a
-Mn	4,20	33,17 a	4,62 a	307,08 b	12,89 b	12,85 a
-Mo	3,25	33,67 a	3,16 c	422,55 a	69,91 b	14,64 a
-Zn	3,81	33,90 a	3,10 c	314,98 b	68,15 b	11,15 a
CV (%)		19,08	17,09	30,10	38,16	23,64

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A supressão do K da solução nutritiva promoveu o aumento da concentração de Cu na parte aérea das plantas de baru. Resultado encontrado também por Mendonça et al. (1999) para a espécie aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*).

Constatou-se que a omissão de N da solução nutritiva promoveu redução nos teores de Fe na parte aérea.

O aumento nos teores e acúmulos de Mn na parte aérea da planta de baru foi observado no tratamento com a omissão de Fe (Tabelas 6 e 7). Conforme observado nesse trabalho, Jones Júnior, Wolf e Mills (1991) citam que ocorre uma relação de antagonismo entre esses nutrientes.

Tabela 7 Produção de massa seca e acúmulo de micronutrientes pela parte aérea de plantas de *Dipteryx alata* sob omissão de macro e micronutrientes

Tratamento	Massa seca (g)	Acúmulos ($\mu\text{g planta}^{-1}$)				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Completo	3,80	148,28 a	15,61 a	697,26 b	335,79 a	53,61 a
-N	2,40	80,73 b	5,44 b	263,19 c	277,50 a	26,21 b
-P	3,37	98,57 b	9,08 b	553,35 b	229,67 b	40,33 b
-K	1,97	57,20 b	9,21 b	441,25 c	144,30 b	33,63 b
-Ca	1,81	60,01 b	6,77 b	422,57 c	118,78 b	26,99 b
-Mg	3,05	99,67 b	10,73 b	653,06 b	330,16 a	55,89 a
-S	4,15	145,07 a	14,16 a	795,68 b	392,43 a	61,69 a
-B	4,93	78,29 b	18,28 a	727,17 b	347,98 a	67,58 a
-Cu	3,46	97,38 b	7,34 b	618,54 b	335,79 a	44,78 b
-Fe	2,38	82,85 b	10,15 b	160,69 c	481,10 a	42,02 b
-Mn	4,20	139,74 a	19,32 a	1228,69 a	57,27 b	53,61 a
-Mo	3,25	08,39 b	10,49 b	1363,14 a	229,93 b	47,99 a
-Zn	3,81	129,79 a	12,47 b	1139,60 a	250,83 b	38,42 b
CV (%)		33,13	31,16	40,22	47,54	32,47

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A absorção de Zn foi favorecida pelas omissões de Mg devido à ocorrência de inibição competitiva. As plantas do tratamento completo apresentaram teores de $14,14 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn, e o maior teor foi alcançado pelo tratamento com omissão de Mg ($18,45 \text{ mg kg}^{-1}$). Entretanto, o teor desse nutriente não foi estatisticamente diferente ao tratamento completo e aos demais tratamentos. Venturin et al. (1999) relataram o efeito da inibição competitiva entre o Zn e o Mg em plantas de *Peltophorum dubium* (angico amarelo).

Considerando as dificuldades no processo de análise para determinação do Mo, não foi realizada a respectiva análise.

4.1.3 Sintomas visuais de deficiência nutricional em mudas de Baru sob o efeito do elemento faltante

As plantas em solução com omissão dos nutrientes manifestaram sintomas visuais de deficiência em épocas diferentes. Os primeiros sintomas

ocorreram nas plantas com a omissão de Mg e Fe, aos 30 dias após o início dos tratamentos, seguindo-se as plantas com omissão de N, P, K e Mn, aos 45 dias. As mudas permaneceram na casa de vegetação por um período de 4 meses (agosto a dezembro de 2013).

Até o encerramento do experimento não se verificou sintoma visual característico nas omissões de enxofre, boro, cobre, molibdênio e zinco.

4.1.3.1 Deficiência de nitrogênio (N)

As plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de nitrogênio apresentaram uma clorose generalizada, crescimento e desenvolvimento retardados (Figura 6A e 6B). Seu sistema radicular quando comparado ao tratamento completo (Figura 6C) também foi afetado pela carência em nitrogênio (Figura 6D).

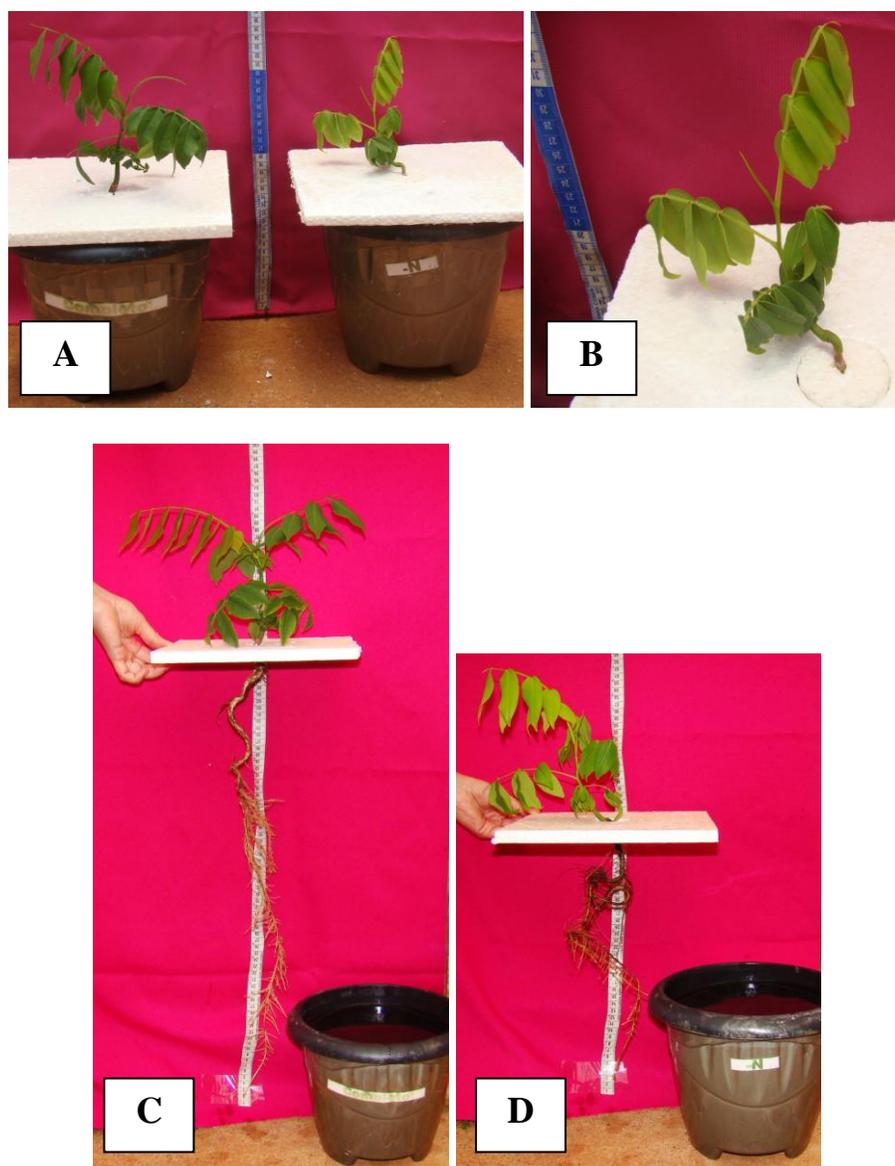


Figura 6 Sintomas visuais de deficiência de N em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), clorose das folhas (B), e sistema radicular quando comparado ao tratamento completo (C) foi afetado pela carência em nitrogênio (D)

Sintomas semelhantes foram verificados por Sorreano et al. (2012) em trabalho realizado em solução nutritiva em casa de vegetação com 14 espécies florestais nativas (*Astronium graveolens* Jacq., *Tapirira guianensis* Aubl., *Cecropia pachystachya* Trec., *Croton urucurana* Baill., *Acacia polyphylla* DC., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, *Hymenaea courbaril* L. var., *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl., *Aegiphila sellowiana* Cham., *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze, *Ceiba speciosa* St. Hil., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Esenbeckia leiocarpa* Engl., *Cytharexylum myrianthum* Cham.).

Venturin et al. (2005) avaliaram os aspectos nutricionais e os efeitos da omissão de nutrientes no desenvolvimento de plântulas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish), em casa-de-vegetação aos 110 dias. A omissão de N mostrou-se limitante, afetando em geral o crescimento das plantas em altura.

Os sintomas de deficiência de N em mudas de *Schizolobium amazonicum*, Herb., segundo Marques et al. (2004), começaram a ser observados aos 10 dias após transferência para a solução nutritiva. As plantas apresentaram-se de tamanho reduzido com menor número de folhas. A ausência de N também causou a redução na síntese de clorofila nas folhas mais velhas, aparecendo uma coloração verde-claro, a qual progrediu para um amarelo uniforme intenso, devido à translocação do N para as partes mais novas da planta. O sistema radicular teve menor desenvolvimento e apresentou coloração escura.

A clorose generalizada (MENGEL; KIRKBY, 1987; MARSCHNER, 2012; EPSTEIN; BLOOM, 2006; MALAVOLTA, 2006) e hábito estiolado (MENGEL; KIRKBY, 1987; EPSTEIN; BLOOM, 2006) são os sintomas mais característicos da deficiência de nitrogênio.

Segundo Mengel e Kirkby (1987), os sintomas visíveis são somente as consequências do distúrbio metabólico, e diferentes causas podem proporcionar

síndromes similares. A deficiência de N é caracterizada por baixa taxa de crescimento, plantas pequenas, folhas de tamanho reduzido, morte prematura das folhas mais velhas, raízes sem ramificações, colapso no desenvolvimento dos cloroplastos, folhas cloróticas com necrose no estágio mais avançado da deficiência.

4.1.3.2 Deficiência de fósforo (P)

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de fósforo, inicialmente apresentaram crescimento lento, quando comparadas às plantas do tratamento completo (Figura 7A). As plantas apresentaram folhas menos desenvolvidas. Com o aumento da intensidade dos sintomas verificou-se roxeamento do limbo foliar (Figura 7B). A planta apresentou, quando comparado ao tratamento completo (Figura 7C), um grande desenvolvimento do sistema radicular (Figura 7D).

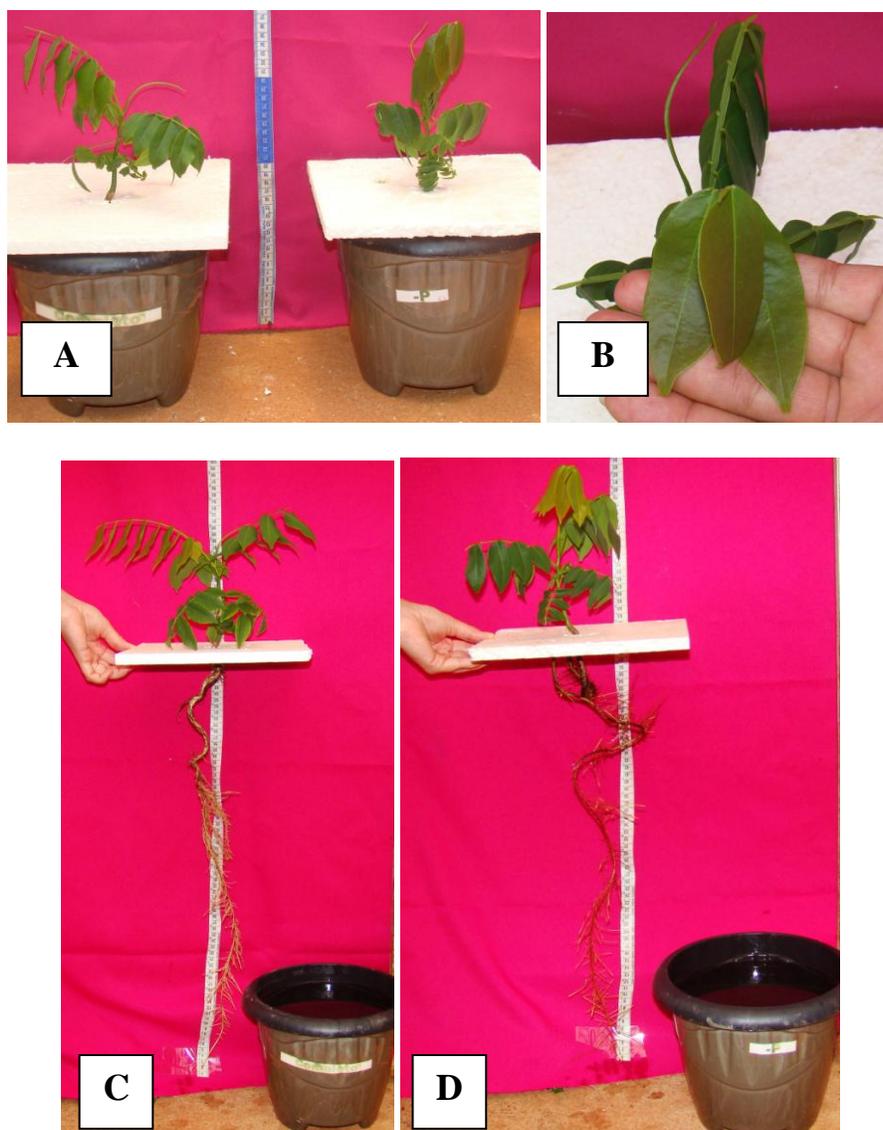


Figura 7 Sintomas visuais de deficiência de P em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), roxeamento da área foliar das folhas (B), e menor desenvolvimento das raízes do tratamento completo (C) quando comparado ao grande desenvolvimento do sistema radicular na omissão de fósforo (D)

Souza et al. (2013) avaliaram o crescimento inicial e a qualidade de mudas de canafístula em função de doses combinadas de N e P. As maiores doses de N e P proporcionaram maior crescimento das mudas, no entanto, com relação à qualidade das mudas, a variável RAD (relação altura/diâmetro), RPAR (relação massa seca da parte aérea/massa seca raiz) e o índice de qualidade de Dickson indicaram ser o fósforo elemento relevante.

Folhagem verde-escura ou azul-esverdeada é um dos primeiros sintomas de deficiência de fósforo em muitas espécies. O crescimento é reduzido e, sob condições de deficiência severa, as plantas tornam-se atrofiadas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Taiz e Zeiger (2013) afirmam que da mesma forma que na deficiência de nitrogênio, algumas espécies podem produzir antocianinas em excesso, conferindo às folhas uma coloração levemente arroxeadada. Em comparação com a deficiência de nitrogênio, a coloração púrpura gerada pela deficiência de fósforo não está associada à clorose. Na verdade as folhas podem apresentar uma coloração roxa fortemente esverdeada.

Um dos mecanismos da planta para adquirir fósforo é o aumento da área de superfície específica radicular, pois melhora a absorção do P, que é por difusão. Na deficiência de P a planta investe mais no desenvolvimento radicular para adquirir P e por isso aumenta a relação Raiz/Parte aérea.

Em contraste com o crescimento da parte aérea, o crescimento de raízes é muito menos inibido sob deficiência de fósforo, acarretando numa típica diminuição da relação da matéria seca da parte aérea/raiz (MARSCHNER, 2012).

4.1.3.3 Deficiência de potássio (K)

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob supressão de potássio apresentaram as folhas mais velhas com leve clorose, escurecimento e surgiram

manchas necróticas no bordo do limbo (Figura 8A e 8B). Com a intensificação dos sintomas, a necrose tomava todo o folíolo. Os pecíolos das folhas também apresentaram necroses, particularmente próximo à inserção, resultando em senescência precoce dos folíolos.

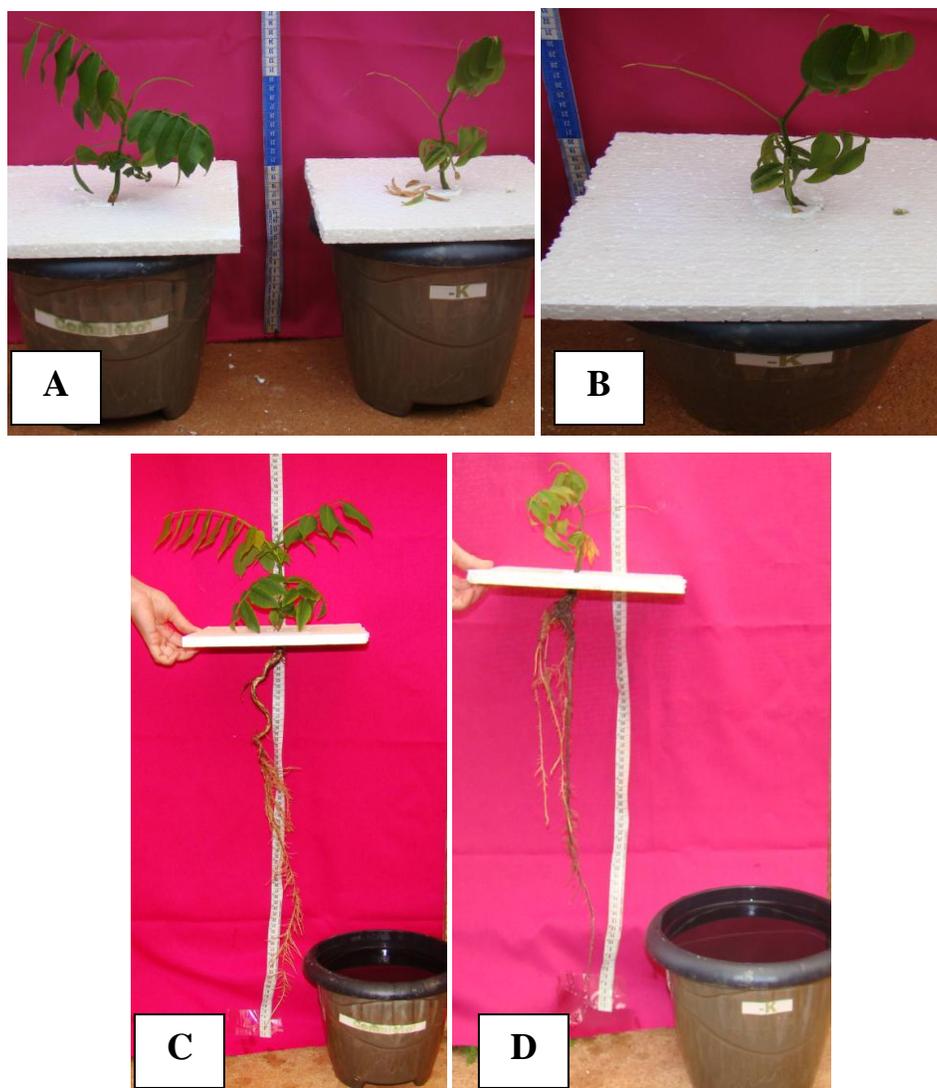


Figura 8 Sintomas visuais de deficiência de K em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), folhas mais velhas com leve clorose (B), e desenvolvimento das raízes do tratamento completo (C) comparado ao desenvolvimento do sistema radicular na omissão desse nutriente (D)

O primeiro sintoma visível da deficiência de potássio é clorose em manchas ou marginal, que, então, evolui para necrose, principalmente nos ápices foliares, nas margens e entre nervuras. Como o potássio pode ser remobilizado para folhas mais jovens, esses sintomas aparecem inicialmente nas folhas mais maduras da base da planta. As folhas podem também curvar-se e secar (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os sintomas de deficiência de K em mudas de *Acacia holosericea*, segundo Sarcinelli et al. (2004), começaram com a redução na produção de matéria seca vegetal, necrose nas bordas dos filódios mais velhos, prolongando-se pelas extremidades.

Segundo Malavolta (2006), uma das razões possíveis para a alta exigência de potássio pelas culturas seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma para garantir atividade enzimática ótima, tendo em vista, que esse nutriente é responsável pela ativação de mais de cinquenta enzimas.

4.1.3.4 Deficiência de cálcio (Ca)

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de cálcio, apresentaram crescimento lento, quando comparadas às plantas do tratamento completo (Figura 9A). O sistema radicular foi severamente afetado pela omissão do cálcio. As raízes apresentaram coloração escura.

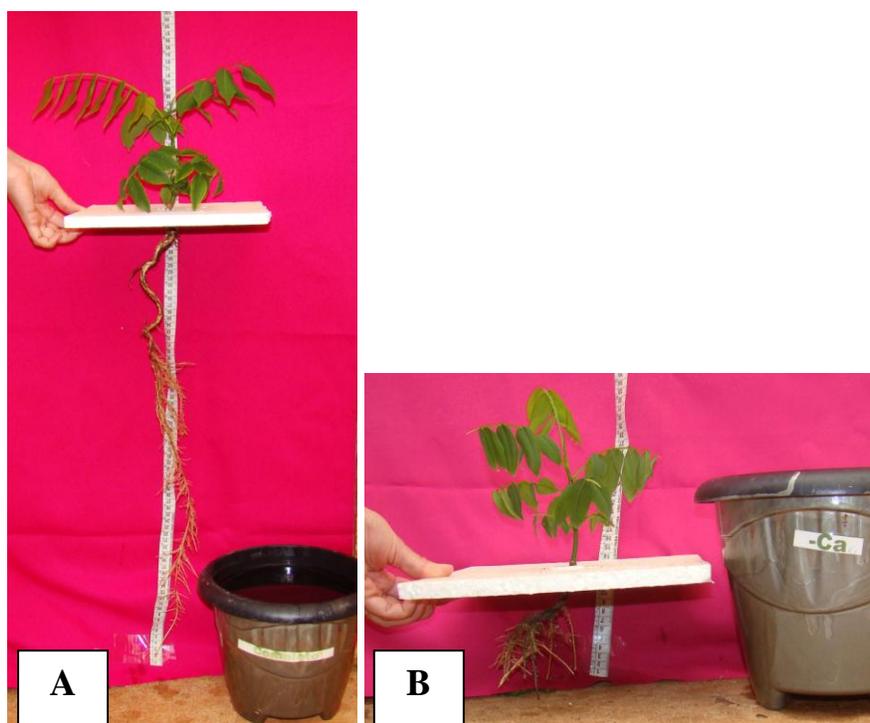


Figura 9 Sintomas visuais de deficiência de Ca em baru: aspecto geral da planta do tratamento completo (A), comparada com planta sob deficiência (B), e o desenvolvimento do sistema radicular

Em plantas de *Myracrodruon urundeuva*, não se constatarem sintomas visíveis de deficiência desse nutriente nas folhas, sendo apenas verificada uma redução no crescimento das mudas (MENDONÇA et al., 1999).

Segundo Mengel e Kirkby (1987), na deficiência de cálcio os sintomas de clorose das folhas novas com posterior necrose das margens das folhas são devidos, provavelmente, à dissolução da parede celular. Isso porque o cálcio é fundamental para a permeabilidade das membranas e a manutenção da integridade celular, sendo requerido para a divisão e a expansão das células.

Epstein e Bloom (2006) mencionam que os sintomas de deficiência de cálcio aparecem mais cedo, e, mais severamente, em regiões meristemáticas e

folhas jovens. Como o nutriente não é redistribuído, os pontos de crescimento são danificados ou mortos e o crescimento das raízes é severamente afetado.

Segundo Furlani (2004), como o cálcio é um elemento estrutural na planta e ocorre em alta concentração na lamela média das paredes celulares e na parte externa da membrana plasmática, sua mobilidade fica restrita.

4.1.3.5 Deficiência de magnésio (Mg)

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de magnésio, inicialmente apresentaram clareamento do limbo foliar com posterior aparecimento de necrose nas margens dos folíolos (Figura 10A e 10B). Diferentemente da necrose observada na deficiência de potássio, essa se apresentava clorose e necrose em “V” e de coloração clara.

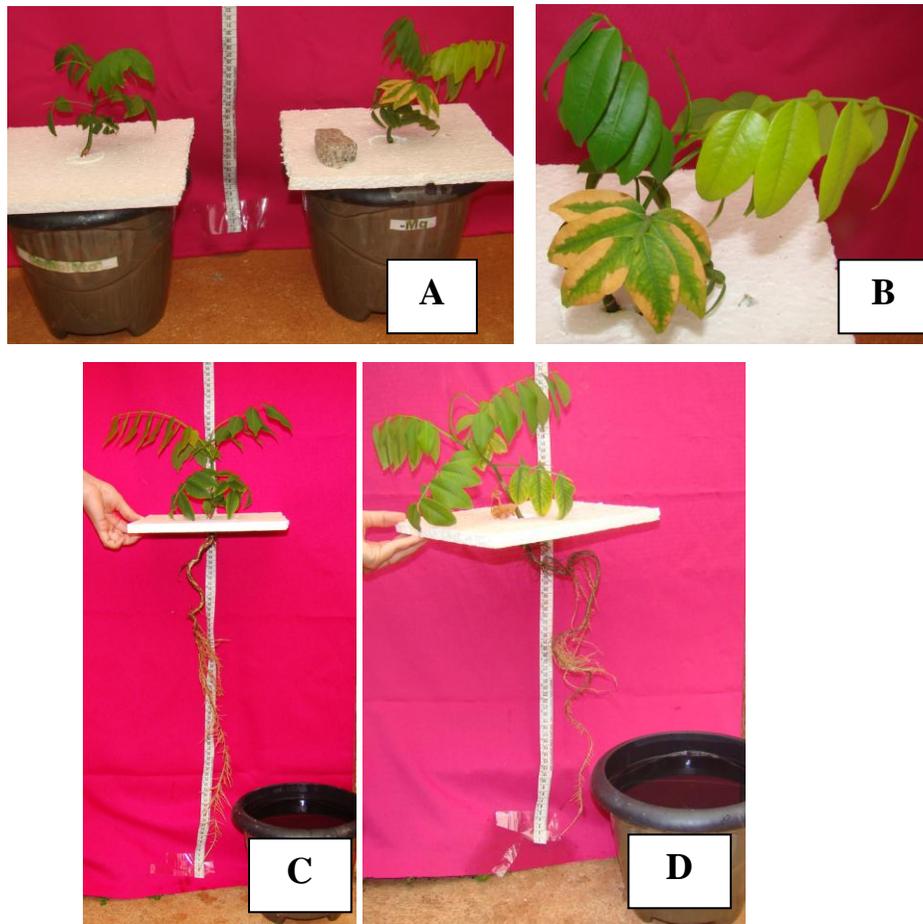


Figura 10 Sintomas visuais de deficiência de Mg em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), pontos necróticos claros na margem e no limbo foliar em folhas mais velhas (B), e o desenvolvimento do sistema radicular

Sorreano et al. (2011) avaliaram o efeito da omissão de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*). A clorose internerval, seguida de necrose das folhas mais velhas, foram os sintomas mais evidentes da deficiência desse elemento.

O magnésio tem papel específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA (TAIZ; ZEIGER, 2013); entretanto, o seu papel mais bem conhecido é como componente estrutural da molécula de clorofila (MENGEL; KIRBY, 1987).

A ocorrência dos sintomas em folhas mais velhas é justificada, por Epstein e Bloom (2006), pelo fato de o magnésio ser rapidamente translocado das regiões maduras para as mais jovens da planta, com crescimento ativo. Como resultado, os sintomas visuais de deficiência surgem primeiro nas folhas mais velhas.

4.1.3.6 Deficiência de ferro (Fe)

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de ferro apresentaram tonalidade verde amarelado sobre a superfície dos folíolos, porém as nervuras continuaram com a coloração verde (Figura 11A), tal sintoma é conhecido como reticulado fino. Com a intensificação dos sintomas, toda a área foliar dessas folhas foi tomada por esse tom, seguindo-se necrose marginal dos folíolos (Figura 11B). O sistema radicular não sofreu diminuição de volume (Figura 11C e 11D).

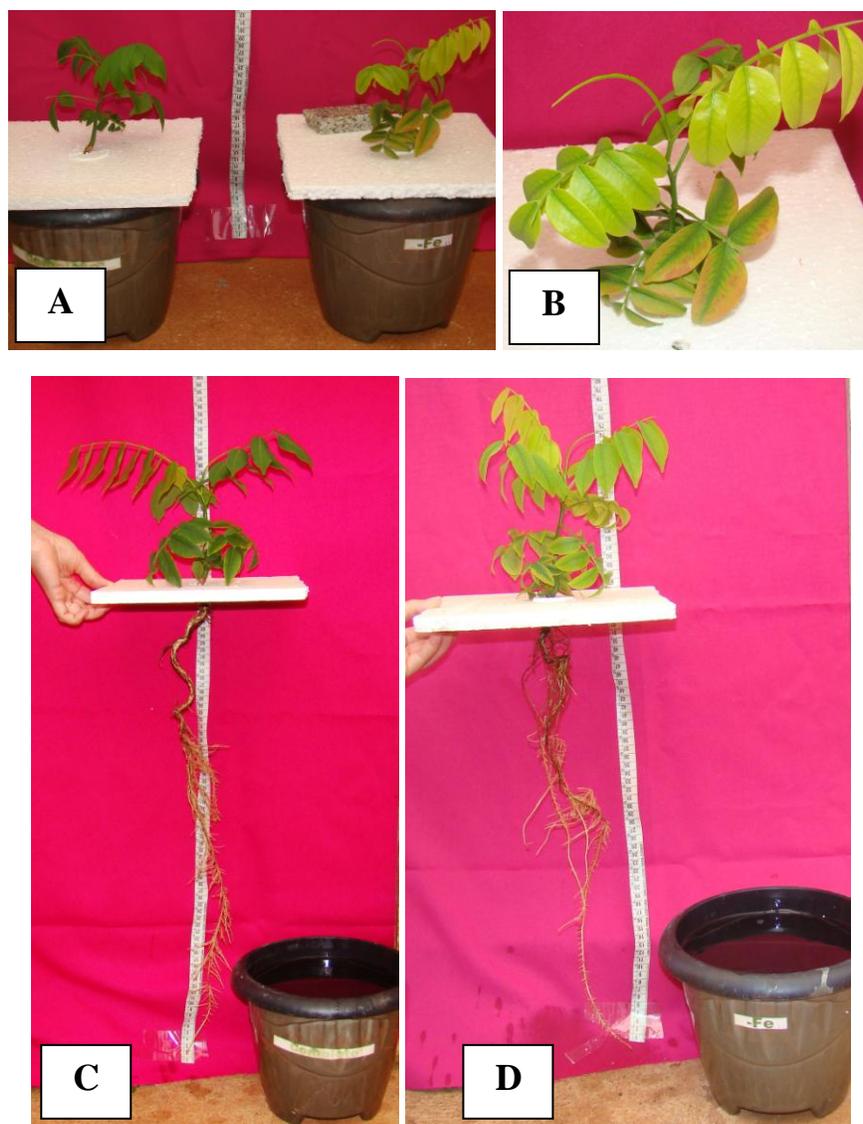


Figura 11 Sintomas visuais de deficiência de Fe em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), clorose em folhas jovens no início da deficiência, com início das manchas necróticas (B), e o desenvolvimento do sistema radicular (C e D)

Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012) em trabalho realizado com solução nutritiva em casa de vegetação com 14 espécies florestais nativas, observaram uma clorose internerval das folhas mais novas, com aparência de um retículo fino, ou seja, as nervuras ficam verde-escuras, enquanto o limbo fica verde-claro.

Segundo Mengel e Kirkby (1987), o ferro forma complexo de coordenação (sistema redox), ativa enzimas via complexos enzimas-substratos e participa na síntese do ácido aminolevulínico, o precursor de hemoproteínas e da clorofila. Na deficiência de ferro, as concentrações de clorofila, carotenóides, ferredoxina e ribossomos diminuem e as de ácidos orgânicos e aminoácidos livres aumentam. Havendo menos ferredoxina, a célula perde o principal fornecedor de elétrons, acarretando acúmulo de compostos oxidados.

O Fe possui pouca mobilidade na planta. Dessa forma, é comum, no caso de deficiência desse elemento, o aparecimento de sintomas inicialmente nas folhas novas, progredindo para as folhas mais velhas, dependendo da severidade da deficiência. Nas folhas verdes, 80% do Fe está localizado no estroma do cloroplasto, na forma de fitoferretina, servindo como reserva (MARSCHNER, 2012).

4.1.3.7 Deficiência de manganês (Mn)

As plantas cultivadas em solução nutritiva sob omissão de manganês apresentaram clorose entre as nervuras nas folhas novas (Figura 12A), com estas produzindo um desenho verde em fundo amarelo ou verde-claro (Figura 12B), tal sintoma é conhecido como reticulado grosso, assemelhando-se muito com a deficiência de Fe.

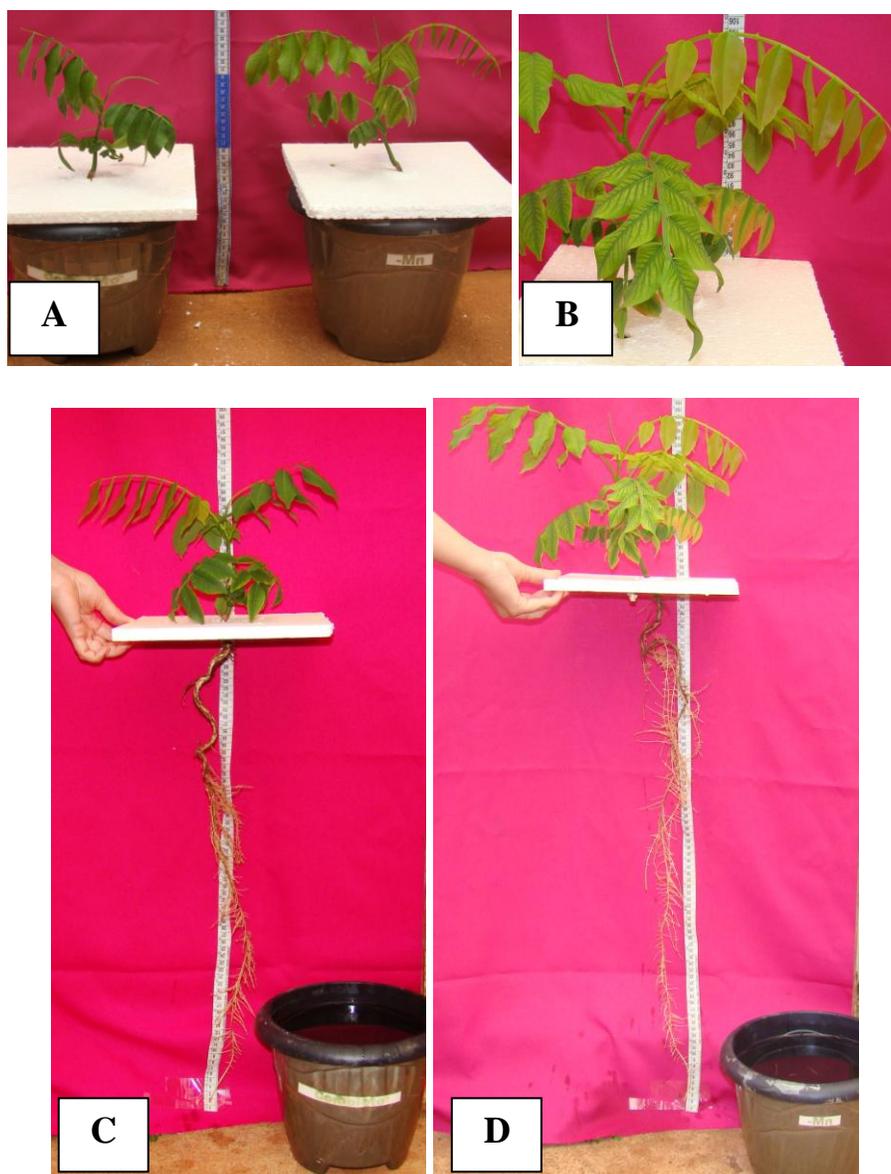


Figura 12 Sintomas visuais de deficiência de Mn em baru: aspecto geral da planta sob deficiência (direita) comparada com planta do tratamento completo (esquerda) (A), clorose internerval em folhas contrastando com o verde das nervuras (B), e o desenvolvimento do sistema radicular (C e D)

Sorreano et al. (2008) avaliaram o efeito da omissão de micronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*). As plantas deficientes apresentaram clorose internerval com aparência de um retículo grosso, ou seja, as nervuras e áreas adjacentes ficaram verde-escuras, estando o limbo verde-claro nas folhas mais novas.

Mengel e Kirkiby (1987), descreveram que os cloroplastos são as organelas mais sensíveis à deficiência de Mn. Foram observadas desorganizações do sistema lamelar dos cloroplastos, com volume celular pequeno e dominado pela parede celular.

Epstein e Bloom (2006) relataram que os sintomas de deficiência de Mn variam muito de uma espécie para outra. Também podem ocorrer manchas ou riscas necróticas nas folhas.

4.2 Experimento de campo

O crescimento e desenvolvimento do baru apresentaram comportamento diferenciado de acordo com o tratamento adotado e com a dose de P aplicada, conforme apresentado a seguir.

4.2.1 Efeito da aplicação de Calagem em *D. alata* no campo

A sobrevivência das plantas de baru foi alta aos 6 meses após o plantio, não sofrendo influência dos tratamentos, conforme a Tabela 8.

Tabela 8 Sobrevivência de plantas de baru em função de calagem e doses de P, aos seis meses de plantio em campo

Saturação (V%)	Sobrevivência (%)	Doses P (g de P ₂ O ₅ cova ⁻¹)	Sobrevivência (%)
6,7	91,66 a	0	100 a
35	91,66 a	10	94,4 a
55	87,5 a	20	94,4 a
75	91,66 a	40	100 a
-	-	80	94,4 a

Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de F.

Verifica-se que o Baru apresentou resposta linear em diâmetro do caule e altura em função da elevação da saturação por bases no solo (Figura 13), aos seis meses após plantio. Os modelos lineares foram significativos a 5%.

Na fase inicial de crescimento das plantas o cálcio é fundamental, principalmente por ter sua função na planta associada ao crescimento de raízes, importante para promover assim o desenvolvimento da planta como um todo, como pôde ser observado na Figura 9, nas plantas de baru no tratamento com ausência de Cálcio.

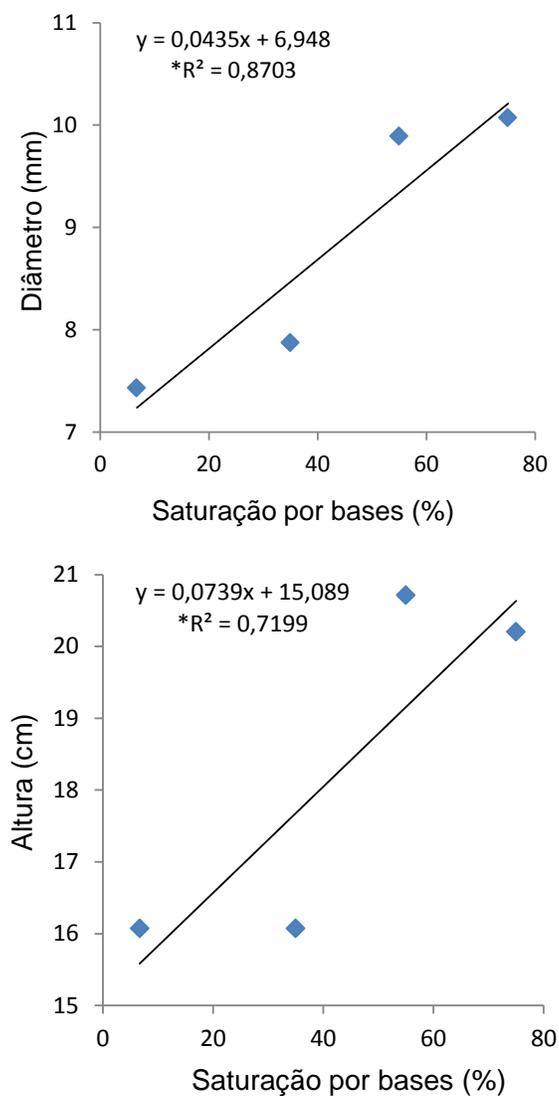


Figura 13 Crescimento de plantas de *D. alata* avaliado pelo diâmetro e altura aos 6 meses após plantio, em função da saturação por bases do solo

Conforme a Figura 13, o maior diâmetro aos seis meses após o plantio foi encontrado na saturação por bases 75% atingindo valores médios estimados

de 10,07 cm. Quanto à altura, na saturação por bases 55% a altura média observada foi de 20,70 cm.

Para Ulhôa (1997), o crescimento em diâmetro do colo das plantas de baru não foi influenciado pelas aplicações de calcário. Sobre a altura ocorreu um efeito prejudicial com o aumento das doses de calcário. Este autor concluiu que o fósforo mostrou-se nutriente limitante para o crescimento inicial das plantas de Baru e estas apresentaram baixo requerimento de cálcio e magnésio.

O diâmetro e altura de plantas foram novamente medidos aos 12 e 18 meses após o plantio. No entanto, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos no crescimento das plantas nesse período (Tabela 9). Pode-se inferir que nessa fase de crescimento outros nutrientes ou mesmo outros fatores de produção passam a controlar o crescimento do Baru.

Tabela 9 Médias de Diâmetro (D) e Altura (H) para mudas de *D. alata* aos 12 e 18 meses sob efeito aplicação de calagem em campo

Saturação (V%)	D 12 meses (mm)	D 18 meses (mm)	H 12 (cm)	H 18 (cm)
6,7	11,42 ns	20,68 ns	54,51 ns	59,13 ns
35	10,83 ns	18,62 ns	44,66 ns	48,43 ns
55	13,71 ns	24,48 ns	62,72 ns	71,19 ns
75	14,08 ns	22,83 ns	59,36 ns	65,02 ns
Média Geral	12,51	21,65	55,31	60,94
CV (%)	22,83	20,06	26,53	27,01

Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de F.

Bernardino et al. (2007) em trabalho realizado com o jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) observaram resultados negativos de variáveis de crescimento em resposta a elevação da saturação por bases pois para a espécie nenhuma característica avaliada (altura e diâmetro do colo) sofreu influência significativa.

4.2.2 Efeito da aplicação do fósforo sobre o crescimento *Dipteryx. alata* no campo

A sobrevivência das plantas de baru foi alta aos 6 meses após o plantio, não sofrendo influência dos tratamentos, conforme mostrado na Tabela 8. Resultados semelhantes foram encontrados por Martinotto et al. (2012), que avaliaram a sobrevivência e o crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado, dentre elas o baru, em consórcio com mandioca (*Manihot esculenta*), com ou sem adubação fosfatada. Esses autores concluíram que a taxa média de sobrevivência das espécies arbóreas foi crescente, sendo o baru 79%.

Não houve diferença significativa para o diâmetro ($p = 0,586$) e altura ($p = 0,063$) das plantas de Baru, aos 6 meses após plantio em função das doses de P (Tabela 10).

Tabela 10 Médias de Diâmetro (D) e Altura (H) para mudas de *D. alata* aos 6 meses, sob efeito aplicação de doses de fósforo em campo

DOSES P (g de P ₂ O ₅ cov ⁻¹)	D (mm)	H (cm)
0	9,81 ns	21,53 ns
10	9,86 ns	21,85 ns
20	11,10 ns	27,12 ns
40	10,85 ns	29,02 ns
80	10,89 ns	24,61 ns
Média Geral	10,51	24,83
CV (%)	29,46	36,66

Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de F.

Testou-se modelos de regressão linear e quadrático para explicar o crescimento de plantas de Baru em função da dose de P na cova de plantio, aos 12 e 18 meses, e o modelo quadrático mostrou-se mais adequado. Verifica-se que a dose próxima de 45 g cov⁻¹ propiciou o maior crescimento das plantas de Baru para altura e diâmetro aos 12 e também aos 18 meses (Figura 14).

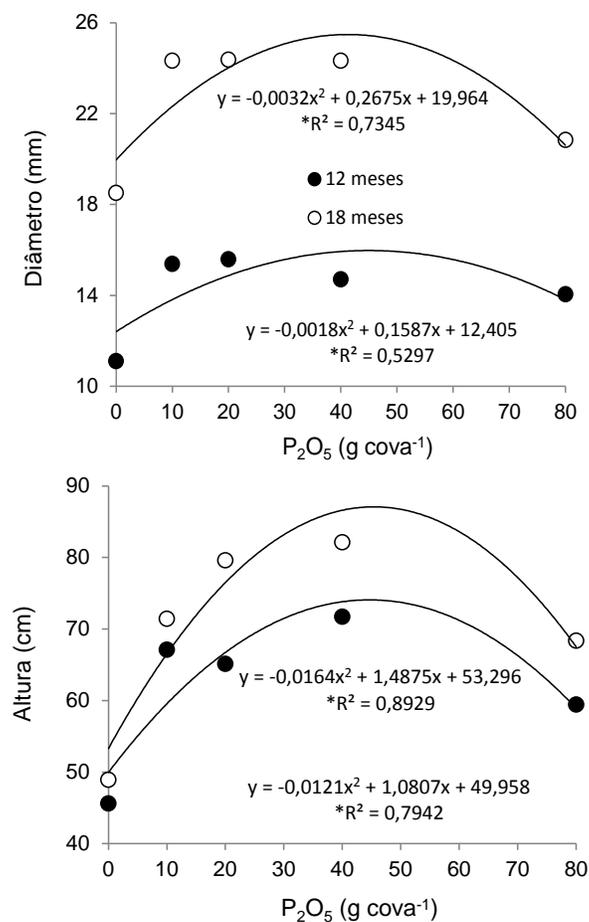


Figura 14 Crescimento de *D. alata* avaliado pela altura e diâmetro de plantas aos 12 e 18 meses após plantio em função da dose aplicada de P_2O_5 na cova

Conforme a Figura 14, o maior diâmetro aos 12 meses após o plantio foi encontrado na dose de 20 g cova⁻¹ atingindo valores médios estimados de 15,59 mm. Quanto à altura, na dose de 40 g cova⁻¹ a altura média estimada foi de 71,72 cm. E aos 18 meses após o plantio foi encontrado na dose de 20 g cova⁻¹ o maior

diâmetro, atingindo valores médios estimados de 24,37 mm. Quanto à altura, na dose de 40 g cova⁻¹ a altura média estimada foi de 82,12 cm.

Martinotto et al. (2012) avaliando o crescimento inicial do baru, em monocultivo, com adubação fosfatada (200 g de superfosfato simples na cova), ressaltou que o baru apresentou crescimento mais lento, não encontrado diferença estatística, sendo o diâmetro aos 6, 12 e 18 meses de 6,8; 7,2 e 10,4 mm respectivamente; e para altura nas mesmas épocas de 32; 39 e 41 cm respectivamente.

4.2.3 Teor de nutrientes

Observaram-se diferenças significativas entre os teores de N, K e S em razão das diferentes saturações por bases, aos 12 meses após o plantio (Tabela 11). Sendo que os teores de N e K reduziram, enquanto os teores de S aumentaram. Já para os teores de P, Ca e Mg não observaram-se diferenças significativas para os tratamentos no experimento de calagem.

Tabela 11 Teor de macronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito de níveis de calagem em campo

Saturação V(%)	Teores (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
6,7	1,99 a	0,14 a	1,60 a	0,21 a	0,09 a	0,07 b
35	1,73 b	0,13 a	1,56 a	0,29 a	0,11 a	0,08 b
55	1,62 b	0,12 a	1,45 a	0,33 a	0,12 a	0,13 a
75	1,77 b	0,13 a	0,86 b	0,39 a	0,14 a	0,17 a
CV (%)	4,97	6,58	18,19	20,34	9,69	22,38

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Reismann e Carneiro (2004) avaliando o efeito residual da calagem no crescimento e na composição química foliar, transcorridos oito anos da aplicação, com a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), verificaram que

transcorrido o tempo inicial, em que a calagem é comprovadamente mais eficaz, os teores para K diminuíram, para uma média atual de 6,48 g kg⁻¹ de massa seca, sugerindo uma redução dos teores de K no solo, visto que os níveis foliares inicialmente apresentavam-se em média com 15,44 g kg⁻¹ de massa seca, em todos os tratamentos, evidenciando o efeito da adubação básica e calagem no plantio.

Favare, Guerrini e Backes (2012) avaliaram o efeito da elevação da saturação por bases do solo sobre o desenvolvimento inicial da teca (*Tectona grandis* L.f.), e constataram que a correção do solo favoreceu todas as características de crescimento avaliadas nas plantas de teca; e a calagem afetou positivamente a absorção de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu e Fe.

Ao se analisar o teor de micronutriente nas plantas de Baru sob efeito de níveis de calagem, aos 12 meses após o plantio, verificou-se que houve diferença significativa somente para o teor de B (Tabela 12).

Tabela 12 Teor de micronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito de níveis de calagem em campo

Saturação V(%)	Teores (mg kg ⁻¹)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
6,7	92,31 b	4,40 a	57,03 a	92,56 a	32,79 a
35	114,30 a	4,88 a	61,00 a	50,74 a	32,12 a
55	126,95 a	6,59 a	59,19 a	41,76 a	30,84 a
75	134,76 a	8,08 a	55,24 a	30,00 a	34,19 a
CV (%)	7,74	26,45	16,09	49,70	19,16

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Nas plantas de Baru sob efeito de aplicação de diferentes doses de P, aos 12 meses após o plantio, verificou-se que houve diferença significativa somente para o teor de S (Tabela 13).

Tabela 13 Teor de macronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito aplicação de fósforo em campo

Doses P (g de P ₂ O ₅ /cova)	Teores (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0	19,60 a	1,30 a	15,03 a	2,70 a	1,13 a	0,83 a
10	17,50 a	1,10 a	17,10 a	4,26 a	1,36 a	0,86 a
20	18,10 a	1,00 a	13,83 a	6,13 a	1,43 a	0,80 a
40	18,10 a	1,10 a	12,30 a	4,93 a	1,43 a	0,50 b
80	17,30 a	1,20 a	12,90 a	6,60 a	1,46 a	0,60 b
CV (%)	10,57	7,30	17,50	37,77	15,26	8,97

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Silva et al. (2011) avaliaram a eficiência agrônômica de quatro fontes de fósforo, na presença e ausência de calagem, no crescimento inicial e nos teores de macronutrientes em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*), cultivadas em vasos com Latossolo Amarelo Distrófico, textura argilosa. Esses autores verificaram que em relação ao S, a sua absorção foi afetada pela interação dos fatores fontes de P e calagem. No entanto, a calagem afetou a absorção apenas quando foi fornecido o superfosfato triplo. Notaram que o superfosfato triplo tem pequena porcentagem de S. Quanto ao comportamento das fontes, verificaram que elas não se diferenciaram entre si, tanto na ausência quanto na presença de calagem. Tal comportamento pode ser em função da baixa exigência da espécie em S, uma vez que, sendo o termofosfato Yoorin a fonte que tinha a maior porcentagem de S em sua composição, ele poderia ter assim influenciado a absorção e o acúmulo do S.

Ao se analisar o teor de micronutriente nas plantas de Baru sob efeito de aplicação de diferentes doses de P, aos 12 meses após o plantio, verificou-se que houve diferença significativa somente para o teor de Cu (Tabela 14).

Tabela 14 Teor de micronutrientes em plantas de *Dipteryx alata* sob efeito aplicação de fósforo em campo

Doses P (g de P ₂ O ₅ /cova)	Teores (mg kg ⁻¹)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	93,69 a	7,97 a	55,28 a	80,90 a	31,98 a
10	62,41 a	6,97 a	60,75 a	73,84 a	27,55 a
20	63,73 a	5,29 b	49,29 a	52,23 a	21,40 a
40	54,12 a	5,11 b	52,64 a	56,99 a	24,77 a
80	80,10 a	5,48 b	63,81 a	48,30 a	20,32 a
CV (%)	36,57	15,31	18,47	40,53	32,78

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F.

Rocha et al. (2013) avaliando o efeito de doses de P na qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no viveiro e a sobrevivência e desenvolvimento inicial no campo, constataram que com a aplicação de doses crescentes de P, houve resposta da planta em termos de acúmulo de macro e micronutrientes. Os maiores acúmulos de S e Cu foram obtidos com as doses estimadas de 3,7 e 3,8 mg planta⁻¹ de P, respectivamente. Nesse caso, os autores afirmam que as plantas responderam à aplicação de P com o incremento inicial de acúmulo dos nutrientes estudados e, a partir de doses maiores, a resposta à adubação passou a decrescer, logo, o crescimento das mudas foi comprometido.

5 CONCLUSÕES

A omissão dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe e Mn nas plantas de Baru, cultivadas em solução nutritiva em casa de vegetação, mostram sintomas visuais de deficiência.

As limitações nutricionais para o Baru, em relação a massa seca da parte aérea em ordem decrescente, são: $Ca > K > Fe > Mg > N > Cu > Mo > Mn > P > S = Zn > B$.

Na fase de crescimento inicial no campo, as plantas de baru apresentam um baixo requerimento de cálcio e magnésio e a dose de 45 g P cova^{-1} foi a que proporciona as maiores respostas dessa espécie.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Z. **Efeito do fósforo e do zinco na nutrição e crescimento de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira-do-sertão)**. 1994. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade de Lavras, Lavras, 1994.
- BARROSO, D. G. et al. Diagnóstico de deficiência de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 671-679, set./out. 2005.
- BERNARDINO, D. C. S. et al. Influência da Saturação por bases e da relação Ca:Mg do substrato sobre o crescimento inicial de jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*) Vell. FR. All. Ex Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 567-573, 2007.
- BRAGA, F. A. et al. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.
- BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012.
- CAMPOS FILHO, E. M. (Org.). **Coleção plante as árvores do Xingu e Araguaia: guia de identificação: volume 2**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras: volume 1**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003.
- DANIEL, O. et al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 163-168, 1997.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez., 2007.
- DAVIDE, A.C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. IN: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. da. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Editora da Ufla, 2008. p. 83-124.
- DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. da. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Editora da Ufla, 2008.

DIAS, L. E.; FARIA, S. M.; FRANCO, A. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 123-131, maio/ago. 1994.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ottawa, v.36, n. 1, p.10-13, 1960.

DUBOC, E. **Enriquecimentos nutricionais de espécies florestais nativas: *hymenae coubaril*, *copaifera langsdorffi* e *peltophorum dubium***. 1994. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade de Lavras, Lavras, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006.
FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: Editora da UFLA, 2005.

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, out./dez. 2012.

FERREIRA, D. F. **SISVAR software: versão 5.3**. Lavras: Editora da UFLA, 2003.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.

FURTINI NETO, A. E. et al. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. Cap. 12, p. 351-383.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucaliptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de NPK**. 2001. 126 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GOLÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Org.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Ipef, 2005. p. 309-350.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para Eucaliptus, Pinus e espécies Típicas da Mata Atlântica. **Scientia Florestais**, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GRANT, C. A. et al. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Potafos, 2001. (Informações Agronômicas, 95).

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. In: PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri: Manole, 2006. p. 397-413.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950. (University of California. Agricultural Experiment Station. Circular, 347).

JOHNSON, C. M. et al. Comparative chlorine requirements of different plant species. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 8, n. 4, p. 337-353, May 1957.

JONES JÚNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro, 1991.

LIMA, H. N. et al. Crescimento inicial a campo de sete espécies arbóreas nativas em resposta à adubação mineral com N, P e K. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 189-195, 1997.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil: volume 1**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

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

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MARQUES, T. C. L. L. de S. et al. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 184-195, jul./dez. 2004.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012.
- MARTINOTTO, F. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 22-29, jan. 2012.
- MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira-do-sertão). **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987.
- MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 263-271, 1995.
- REISSMANN, C. B.; CARNEIRO, C. Crescimento e composição química de erva-mate (*Ilex paraguariensis* ST. HIL.), transcorridos oito anos de calagem. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 381-386, set./dez. 2004.
- RENÓ, N. B. et al. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1997.
- RESENDE, A. V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999.

ROCHA, J. B. O. et al. Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG).

Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 255-263, dez. 2008.

ROCHA, J. H. T. et al. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. **Cerne**, Lavras, v. 19, n.4, p. 535-543, out./dez. 2013.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiência de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1655-1662, 1999.

SARCINELLI, T. S. et al. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 173-181, mar./abr. 2004.

SILVA, I. R. et al. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 205-212, Fev. 1997.

SILVA, I. R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 257-264, maio/ago. 1996.

SILVA, T. A. F. et al. Calagem e adubação fosfatada para a produção de Mudas de *Swietenia macrophylla*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 459-470, jul./set. 2011.

SILVEIRA, R. L. V. A. et al. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SORREANO, M. C. M. et al. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana* Baill.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 347-352, jul./set. 2011.

SORREANO, M. C. M. et al. Deficiência de micronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana* Baill.). **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 126-132, 2008.

SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SOUZA, N. H. et al. Estudo nutricional da canafístula: crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 717-724, jul./ago. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

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

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

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

VELOSO, C. A. C. et al. Diagnose de deficiência de macronutrientes em pimenta-do-reino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1889-1896, 1998b.

VELOSO, C. A. C. et al. Deficiência de micronutrientes em pimenta-do-reino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11 p. 1883-1888, nov. 1998a.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 211-219, maio/ago. 2005.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral do angico amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, mar. 1999.

VENTURIN, N. et al. Avaliação nutricional da candiúva (*Trema micrantha* L. Blumes) em casa de vegetação. **Floresta**, Curitiba, v. 29, n. 1-2, p. 15-26, nov. 2000b.

VENTURIN, N. et al. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo de copaíba). **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 30-39, 1996.

VENTURIN, R. P. et al. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 30-39, 2000a.

VIÉGAS, I. J. M. de et al. Avaliação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S em plantas de gravioleira cultivadas em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 38, p. 17-28, 2002.