



FABRIZIO FURTADO DE SOUSA

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DO BARU (*Dipteryx
alata* Vog.) EM CASA DE VEGETAÇÃO E EM
CAMPO**

LAVRAS - MG

2016

FABRIZIO FURTADO DE SOUSA

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DO BARU (*Dipteryx alata* Vog.) EM CASA
DE VEGETAÇÃO E EM CAMPO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Nelson Venturin
Orientador

LAVRAS - MG
2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Sousa, Fabrizio Furtado de.

Aspectos nutricionais do baru (*Dipteryx alata* Vog.) em casa de
vegetação e em campo / Fabrizio Furtado de Sousa. – Lavras : UFLA,
2016.

145 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador: Nelson Venturin.

Bibliografia.

1. Elemento faltante. 2. Adubação NPK. 3. Calagem. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

FABRIZIO FURTADO DE SOUSA

**ASPECTOS NUTRICIONAIS DO BARU (*Dipteryx alata* Vog.) EM CASA
DE VEGETAÇÃO E EM CAMPO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 19 de abril de 2016

Prof. Dr. Renato Luiz Grisi Macedo	UFLA
Dr. Regis Pereira Venturin	EPAMIG
Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo	UFLA
Prof. Dr. João José Granate de Sá e Melo Marques	UFLA

Prof. Dr. Nelson Venturin
Orientador

LAVRAS - MG

2016

A Deus, por sempre iluminar meu caminho.

Aos meus filhos, Maria Luiza e João Pedro, pela alegria da convivência e por me mostrar o sentido da vida.

Aos meus familiares, pelo apoio ao longo da vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente, ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), pela oportunidade.

Ao professor Nelson Venturin, pela orientação, paciência e disposição para ajudar.

À FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio aos projetos que contribuíram para este trabalho.

Aos membros da banca, pelas críticas e sugestões apresentadas, aos professores do Departamento de Ciências Florestais (DCF/UFLA), pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

Aos amigos do Laboratório de Silvicultura, pela ajuda na execução dos experimentos. Especialmente, Leandro, Diana, Fernanda, Samara, Genilson Fernando, Vitor, Elias, Kmila, João Faustino, Jeannot, Thamyron, Iberê, Aroldo, Nauana e Aline.

Ao colega de doutorado Rafael Malfitano Braga pela sua contribuição e pelo seu desprendimento.

Aos demais amigos da Pós-Graduação, pelo convívio, ajuda e troca de experiências. Em especial, Flora, Vinícius (Coruja), Aline, Helane, Nicele, Polyanne, Bruno, Rodrigo e Eduardo.

Ao professor João José pela amizade e pela valiosa ajuda na classificação dos solos utilizados nos experimentos.

Ao professor Renato pela amizade e pela rápida, mas valiosa, ajuda na análise dos dados.

A meus filhos, pela paciência e compreensão, em todos os momentos, em que os privei de minha companhia.

E a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

Com o objetivo de avaliar a resposta do baru (*Dipteryx alata* Vog.) à limitação de nutrientes e a diferentes níveis de fertilização foram conduzidos sete experimentos. Experimento 1: Limitação nutricional em casa de vegetação. Foram empregados 12 tratamentos em delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Experimento 2: Níveis de calagem e P em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com quatro níveis de calagem (V23,2% (solo natural), V45%, V65% e V85%) e quatro doses de P (0, 100, 300 e 500 mg kg⁻¹ de P). Experimento 3: Doses de N em casa de vegetação. Foram utilizados sete tratamentos (0, 75, 150, 225, 300, 375 e 450 mg kg⁻¹ de N) em delineamento inteiramente casualizado. Experimento 4: Doses de K em casa de vegetação. Foram utilizados sete tratamentos (0, 75, 150, 225, 300, 375 e 450 mg kg⁻¹ de K) em delineamento inteiramente casualizado. Experimento 5: Níveis de calagem em condições de campo. Foram utilizados quatro tratamentos (V6,7% (solo natural), V35%, V55% e V75%.) em delineamento de blocos ao acaso. Experimento 6: Doses de P em condições de campo. Foram utilizados cinco tratamentos (0; 26,67; 53,34; 106,67 e 213,36 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em delineamento de blocos ao acaso. Experimento 7: Doses de N em condições de campo. Foram utilizados cinco tratamentos (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N) em delineamento em quadrado latino. Em casa de vegetação, as avaliações ocorreram, aos oito meses (nos experimentos 1 e 2) e aos doze meses (nos experimentos 3 e 4), após a semeadura, quando se mediram a altura e o diâmetro do coleto das mudas; em seguida, as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e sistema radicular para pesagem e avaliação do ganho em biomassa seca. No campo, as avaliações foram realizadas aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, após o plantio (nos experimentos 5 e 6) e, aos seis, 12 e 18 meses (no experimento 7). Nestes experimentos, foram avaliados a sobrevivência das mudas, a altura das plantas e o diâmetro do caule na altura do solo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, testes de médias e análise de regressão. Foi possível concluir que, na fase de formação de mudas, a espécie é pouco exigente em S e B, responde, negativamente, à calagem, responde, positivamente, à adubação fosfatada e não responde à adubação nitrogenada e potássica. Em campo, de maneira geral, a espécie não responde à aplicação de P e à calagem e é influenciada, negativamente, pela aplicação de doses elevadas de nitrogênio.

Palavras-chave: Cumbaru. Elemento faltante. Adubação NPK. Calagem. Nutrição florestal.

GENERAL ABSTRACT

With the objective of evaluating the response of baru (*Dipteryx alata* Vog.) to nutrient limitation and to the different levels of fertilization, seven experiments were conducted. Experiment 1: Nutritional limitation in greenhouse. We employed 12 treatments in a completely randomized design with eight replicates. Experiment 2: Levels of liming and P in greenhouse. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme with four levels of liming (V23.2% (natural soil), V45%, V65% and V85%) and four doses of P (0, 100, 300 and 500 mg kg⁻¹ of P). Experiment 3: Doses of N in greenhouse. We used seven treatments (0, 75, 150, 225, 300, 375 and 450 mg kg⁻¹ of N) in a completely randomized design. Experiment 4: Doses of K in greenhouse. We used seven treatments (0, 75, 150, 225, 300, 375 and 450 mg kg⁻¹) in a completely randomized design. Experiment 5: Levels of liming under field conditions. We used four treatments (V6.7% (natural soil), V35%, V55% and V75%) in a randomized blocks design. Experiment 6: doses of P under field conditions. We used five treatments (0, 23.67, 53.34, 106.67 and 213.36 kg ha⁻¹ of P₂O₅) in a randomized blocks design. Experiment 7: Doses of N under field conditions. We used five treatments (0, 30, 60, 120 and 240 kg ha⁻¹ of N) in Latin square. In greenhouse, the evaluations were conducted at eight months (for experiments 1 and 2) and 12 months (for experiments 3 and 4) after seeding, when the measurements of height and root collar diameter of the seedlings. Subsequently, the plants were harvested and separated into shoot and root system, for weighing and evaluating dry biomass gain. In the field, the evaluations were conducted at six, 12, 18, 24 and 30 months (for experiments 5 and 6) and at six, 12 and 18 months (for experiment 7). In these experiments, we evaluated the survival of the seedlings, height of the plants and diameter of the stem at soil height. The data obtained were submitted to analysis of variance, mean tests and regression analysis. In conclusion, during the phase of seedling formation, the species is little demanding in S and B, negatively responds to liming, positively responds to phosphate fertilization and does not respond to nitrogen and potassium fertilization. In the field, in general, the species does not respond to the application of P or to liming, and is negatively influenced by the application of elevated doses of nitrogen.

Keywords: Cumbaru. Missing element. NPK fertilization. Liming. Forest nutrition.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Crescimento relativo (% do tratamento C2) em altura e diâmetro de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.59
- Figura 2 - Crescimento relativo (% do tratamento C2) em biomassa seca da parte aérea (BSPA) e da raiz (BSR) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.60
- Figura 3 - Diâmetro do coleto (mm) em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.68
- Figura 4 - Diâmetro do coleto (mm) em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.69
- Figura 5 - Biomassa Seca da Parte Aérea (BSPA) em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.71
- Figura 6 - Biomassa seca de raiz (BSR) em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.72
- Figura 7 - Biomassa seca de raiz (BSR) em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.73
- Figura 8 - Biomassa Seca Total (BST) em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.74
- Figura 9 - Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.76
- Figura 10 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.77
- Figura 11 - Teor de N em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.78
- Figura 12 - Teor de K em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.79

Figura 13 - Teor de S em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.	80
Figura 14 - Teor de B em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.....	81
Figura 15 - Teor de B em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.....	82
Figura 16 - Teor de P em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P.....	83
Figura 17 - Teor de Mn em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P.....	84
Figura 18 - Teor de Cu em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P.....	85
Figura 19 - Teor de Fe em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de calagem e doses de P.	86
Figura 20 - Acúmulo de N em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.....	87
Figura 21 - Acúmulo de N em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P dentro de níveis de calagem.	88
Figura 22 - Acúmulo de P em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.....	89
Figura 23 - Acúmulo de P em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P.....	90
Figura 24 - Acúmulo de K em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de calagem e doses de P.....	91
Figura 25 - Acúmulo de Ca em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.....	92
Figura 26 - Acúmulo de Ca em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P.....	92
Figura 27 - Acúmulo de Mg em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.....	93

Figura 28 - Acúmulo de Mg em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P.....	94
Figura 29 - Acúmulo de S em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de calagem e doses de P.....	95
Figura 30 - Acúmulo de Cu em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de calagem e doses de P.....	96
Figura 31 - Acúmulo de Mn em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de calagem e doses de P.....	97
Figura 32 - Acúmulo de Zn em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.....	98
Figura 33 - Acúmulo de Fe em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função da calagem.....	98
Figura 34 - Acúmulo de Zn em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P.....	99
Figura 35 - Acúmulo de Fe em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P.....	99
Figura 36 - Acúmulo de B em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em função de doses de P dentro de níveis de calagem.	100

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Diâmetro do caule à altura do solo em plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) aos seis, 18, 24 e 30 meses de idade em função da calagem.....	128
Figura 2 - Sobrevivência (dados transformados em $\text{arc sen } (x/100)^{1/2}$) de plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) aos seis, 12 e 18 meses de idade em função de doses de N.	133
Figura 3 - Altura em plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) aos 6 e 12 meses de idade em função de doses de N.....	136

Figura 4 - Diâmetro do caule à altura do solo em plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) aos 6 e 12 meses de idade em função de doses de N. 139

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 - Características químicas e físicas das amostras de solo utilizadas, para a produção de mudas de *Dipteryx alata* Vog. (baru), coletadas em Lavras, MG, antes e após adubação completa.49
- Tabela 2 - Identificação e caracterização dos tratamentos.51
- Tabela 3 - Altura (A), diâmetro a altura do coleto (D), biomassa seca da parte aérea (BSPA) biomassa seca de raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.57
- Tabela 4 - Teor de macronutrientes na biomassa seca da parte aérea (BSPA) de plantas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.62
- Tabela 5 - Acúmulo de macronutrientes na biomassa seca da parte aérea (BSPA) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.63
- Tabela 6 - Teor de micronutrientes na biomassa seca da parte aérea (BSPA) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.65
- Tabela 7 - Acúmulo de micronutrientes na biomassa seca da parte aérea (BSPA) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.65
- Tabela 8 - Resumo da Análise de variância para altura (A), diâmetro do coleto (D), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação

raiz/parte aérea (R/PA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* em função de níveis de calagem e doses de P.....67

Tabela 9 - Resumo da Análise de variância para altura (A), diâmetro do coleto (D), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de N. 102

Tabela 10 - Resumo da Análise de variância para altura (A), diâmetro do coleto (D), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de K. 103

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Características químicas e físicas das amostras de solos das duas áreas antes do plantio de baru (*Dipteryx alata* Vog.), em Lavras, MG..... 120

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para sobrevivência¹ de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função da calagem. 125

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para altura (cm) de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função da calagem. 126

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para diâmetro do caule à altura do solo (mm) de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função da calagem. 127

Tabela 5 -	Resumo da análise de variância para sobrevivência ¹ de plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função de doses de P.....	129
Tabela 6 -	Resumo da análise de variância para altura (cm) de plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.), aos 6, 12, 18, 24 e 30 meses, em função de doses de P.	130
Tabela 7 -	Resumo da análise de variância para diâmetro do caule a altura do solo (mm) de plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função de doses de P.....	131
Tabela 8 -	Resumo da Análise de variância para sobrevivência ¹ de plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.), aos seis, 12 e 18 meses de idade, em função de doses de N.	132
Tabela 9 -	Resumo da Análise de variância para altura, de plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.), aos seis, 12 e 18 meses de idade em função de doses de N.....	135
Tabela 10 -	Resumo da Análise de variância para diâmetro do caule à altura do solo (mm) de plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.), aos seis, 12 e 18 meses de idade em função de doses de N.....	138

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	17
1	INTRODUÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	<i>Dipteryx alata</i> Vog.....	19
2.2	Nutrição mineral e adubação do baru	21
2.2.1	Exigências nutricionais do baru	21
2.2.2	Calagem e adubação do baru	25
	REFERÊNCIAS	31
	CAPÍTULO 2 LIMITAÇÃO NUTRICIONAL, NÍVEIS DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO E CALAGEM NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE BARU (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	41
1	INTRODUÇÃO	43
2	MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1	Substrato	47
2.1.1	Caracterização física e química do substrato	48
2.2	Delineamentos experimentais e tratamentos	50
2.2.1	Limitação nutricional	50
2.2.2	Níveis de calagem e doses de NPK	51
2.2.2.1	Calagem e adubação fosfatada	51
2.2.2.2	Adubação nitrogenada	52
2.2.2.3	Adubação potássica	53
2.3	Condução dos experimentos	54
2.4	Variáveis avaliadas	55
2.5	Análise dos dados	56
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1	Limitação nutricional	57
3.1.1	Crescimento das plantas	57
3.1.2	Nutrição mineral das plantas	61
3.2	Efeitos de níveis de calagem e doses de fósforo	66
3.2.1	Crescimento das plantas	66
3.2.1.1	Diâmetro do coleto e altura das plantas	67
3.2.1.2	Produção de biomassa seca	70
3.2.1.3	Relação R/PA e Índice de Qualidade de Dickson	75
3.2.2	Nutrição mineral das plantas	77
3.2.2.1	Teor de nutrientes	77
3.2.2.2	Acúmulo de nutrientes	86
3.3	Efeitos de doses de nitrogênio	101
3.4	Efeitos de doses de potássio	103

4	CONCLUSÕES.....	105
	REFERÊNCIAS	107
	CAPÍTULO 3 ADUBAÇÃO DE BARU (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	
	EM CAMPO.....	115
1	INTRODUÇÃO	117
2	MATERIAL E MÉTODOS	119
2.1	Localização dos experimentos	119
2.2	Coleta de sementes.....	120
2.3	Formação das mudas.....	121
2.4	Delineamento experimental e tratamentos	121
2.4.1	Calagem	122
2.4.2	Doses de fósforo	122
2.4.3	Doses de nitrogênio.....	122
2.5	Análise dos dados.....	123
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	125
3.1	Efeito da calagem.....	125
3.2	Efeito do fósforo.....	129
3.3	Efeito do nitrogênio	131
4	CONCLUSÕES.....	141
	REFERÊNCIAS	143

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado abrange uma área de, aproximadamente, 200 milhões de hectares. É o segundo bioma mais extenso da América do Sul, superado apenas pela Floresta Amazônica. No Brasil, ocupa quase 24% do território nacional e, no estado de Minas Gerais, cobre 30,8 milhões de hectares, correspondente a 53% da superfície do estado.

O Cerrado apresenta grande variabilidade de habitats, com alta riqueza biológica e grande número de animais e plantas endêmicas. É, por isso, considerado uma região prioritária para a conservação da biodiversidade, ou seja, um dos "*hotspots*" mundiais de diversidade (MYERS et al., 2000). Apesar disso, sua cobertura natural tem sido reduzida, principalmente, como consequência da expansão da fronteira agrícola (BUSTAMANTE et al., 2012; ELIAS et al., 2012; WANTZEN et al., 2012). Mas este não é o único fator de redução da biodiversidade, muitas plantas encontradas no Cerrado possuem importância econômica e, em razão disso, têm sido utilizadas de forma não sustentável pelas populações locais (MELO JÚNIOR et al., 2012). O cultivo comercial destas espécies seria uma forma de reduzir os impactos da exploração predatória. Diversas pesquisas têm demonstrado que muitas espécies nativas do bioma Cerrado apresentam potencial para o aproveitamento econômico, mas a implantação de plantios comerciais destas espécies é dificultada pelo fato de que pouco ou nada se sabe sobre seus aspectos silviculturais, principalmente, sobre suas exigências nutricionais.

As espécies arbóreas diferem quanto à eficiência com que absorvem ou utilizam os nutrientes extraídos do solo. Deste modo, nos programas de revegetação ou de plantios comerciais de espécies nativas, é fundamental conhecer as exigências nutricionais das plantas, na fase inicial de crescimento,

principalmente, quando realizados em solos de Cerrado, os quais, geralmente, apresentam baixa fertilidade natural. Este conhecimento é imprescindível para que se possam ter indicativos básicos da aplicação de corretivos e fertilizantes e, assim, garantir o sucesso dos plantios, evitar o uso excessivo de nutrientes e permitir a obtenção de mudas de boa qualidade.

A *Dipteryx alata*, conhecida popularmente como baru, cumbaru e cumaru, é uma espécie arbórea da família Fabaceae-Faboideae que ocorre, naturalmente, no bioma Cerrado. É promissora para cultivo devido seu uso múltiplo, alta taxa de germinação de sementes e de estabelecimento de mudas (SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004). Por isso, o estudo de suas exigências nutricionais é essencial para viabilizar seu uso econômico.

Neste trabalho, testou-se a hipótese de que a produção de mudas de baru e o seu crescimento inicial em campo podem ser potencializados pela fertilização.

Os objetivos deste estudo foram: (a) avaliar os efeitos da limitação nutricional no crescimento e nutrição de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) na fase de formação de mudas; (b) avaliar o comportamento de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), quanto ao crescimento vegetativo inicial, em resposta a níveis de calagem, P, N e K, em condições de casa de vegetação; e (c) avaliar os efeitos de diferentes níveis de calagem, N e P, no crescimento de baru (*Dipteryx alata* Vog.) em campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Dipteryx alata* Vog.

A família Fabaceae é a terceira maior família dentre as Angiospermas, contando com 727 gêneros e, aproximadamente, 19325 espécies. A importância econômica dos representantes desta família é indiscutível, pois muitos gêneros e espécies são utilizados na alimentação humana, como forrageiras, na recuperação de solos empobrecidos, na arborização urbana, bem como nas indústrias madeireira e química (OLIVEIRA; SIGRIST, 2008).

Entre as plantas desta família, destaca-se o baru (*Dipteryx alata* Vog.) como uma espécie que apresenta um amplo potencial de exploração. Esta árvore, também conhecida como cumbaru, barujó, feijão-coco, castanha de burro, pau cumaru e imburana brava, é uma planta frutífera nativa – cujo fruto é uma drupa carnuda com uma única semente e que ocorre, naturalmente, no bioma Cerrado (BATISTA et al., 2012; OLIVEIRA; SIGRIST, 2008; SIQUEIRA et al., 2012; SOARES et al., 2012; TARAZI et al., 2010), sendo abundante nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 2012; ROCHA et al., 2009). O Baru possui altura de 15 a 25 m, com tronco de 40 a 70 cm de diâmetro. Folhas compostas, alado-pecioladas, glabras, com 6 a 12 folíolos de 8 a 12 cm de comprimento. É uma planta perenifólia, heliófita, seletiva xerófita, característica de terrenos secos do Cerrado e da Floresta Latifoliada Semidecídua (LORENZI, 2008).

Dentre as quinze espécies do gênero *Dipteryx* identificadas no Brasil, o baru é a única que ocorre no bioma Cerrado, enquanto todas as outras, também arbóreas, ocorrem em florestas úmidas, especialmente, na Amazônia (TORRES; DAVIDE; BEARZOTI, 2003). Além do Brasil, a espécie pode ser encontrada, também, em países vizinhos como o Paraguai e na Bolívia onde é conhecida como almendro, cambaru e chimoré em espanhol (PIMENTEL, 2008).

Esta espécie tem uso potencial para a alimentação humana e animal (ARAKAKI et al., 2009; FREITAS et al., 2012; FREITAS; NAVES, 2010; SIQUEIRA et al., 2012; SOUSA et al., 2011), visto que 100 g de sementes de baru fornecem 574,8 kcal de energia e contêm 33,2 g de proteína, 24,65 g de carboidratos e 38,3 g de lipídios (GUIMARÃES et al., 2012).

O baru, também, apresenta potencial de uso na indústria de medicamentos (ESTEVEZ-PEDRO et al., 2012) e como madeira para construção (MARTINOTTO et al., 2012). A madeira do baru é própria para construção de estruturas externas, como estacas, postes, obras hidráulicas, moirões, cruzetas, dormentes, dentre outros, para construção naval e civil, como vigas, caibros, ripas, batentes de portas e janelas, tábuas e tacos para assoalhos, lambris, forros, carrocerias etc. (LORENZI, 2008).

Dados oficiais sobre a produção e comercialização de baru são escassos. No entanto, grande parte desta produção e do comércio se baseia na extração, o que, se feito em excesso, é prejudicial à conservação da espécie (CRUZ, 2010). De acordo com Arakaki et al. (2009), a importância ecológica, econômica e social do baru pode contribuir para a manutenção dos fragmentos florestais remanescentes do Cerrado. Segundo Vera et al. (2009), estudos que ampliem o conhecimento das espécies do Cerrado podem ajudar na preservação do Bioma, tanto na disponibilização de alternativas de renda pela utilização dos recursos naturais disponíveis, quanto na demonstração dos benefícios nutricionais do fruto, o que justificaria o melhoramento genético das espécies e posteriores cultivos econômicos.

Por outro lado, para que cultivos comerciais de baru se estabeleçam, é fundamental atender a dois requisitos básicos: escala de produção e preço competitivo. Para isso, é preciso desenvolver sistemas de cultivo que, por sua vez, envolvem o conhecimento da necessidade nutricional da planta.

2.2 Nutrição mineral e adubação do baru

O plantio de espécies florestais nativas é uma atividade que, além de repor os recursos florestais, também, pode atenuar os impactos ambientais decorrentes do extrativismo. Contudo, seu sucesso depende, entre outros fatores, do conhecimento acerca das necessidades nutricionais da espécie a ser cultivada (SILVA et al., 2007).

Segundo Haridasan (2000), a maioria das espécies nativas do Cerrado é capaz de responder à calagem e adubação, mas há diferenças entre as espécies nas respostas aos nutrientes individuais. Sendo assim, o conhecimento das exigências características de cada espécie é fundamental para uma adequada recomendação da adubação.

2.2.1 Exigências nutricionais do baru

A técnica do elemento faltante, também conhecida como diagnose por omissão, é uma metodologia usada para a identificação das exigências nutricionais de espécies vegetais. Essa técnica envolve o crescimento de uma planta, sob condições de campo ou casa de vegetação, em que é testado um tratamento completo (com todos os nutrientes) e uma série de tratamentos, nos quais é feita a omissão de um nutriente de cada vez (CARLOS et al., 2014; MORETTI et al., 2011; SANCHEZ; SALINAS, 1981; SILVA; GONÇALVES; PINHO, 2005; SKREBSKY et al., 2008; SOUZA; VENTURIN; MACEDO, 2006). Para evitar que o resultado seja influenciado pela deficiência de outros nutrientes, adiciona-se fonte dos demais nutrientes, em quantidades não limitantes e nem tóxicas (BRAGA et al., 1995).

A técnica do elemento faltante fornece informações semiquantitativas, relacionadas com os nutrientes que podem limitar o desenvolvimento da planta (MALAVOLTA, 1980). De acordo com Chaminade (1972), utilizando-se esta técnica, pode-se estabelecer: (1) quais são os nutrientes que se apresentam

deficientes; (2) a importância relativa dessa deficiência; e (3) a taxa de redução da fertilidade do solo quando se utilizam plantas que permitem cortes sucessivos. De acordo com Skrebsky et al. (2008), por meio dessa técnica de diagnose, é possível determinar quais são os nutrientes limitantes ao crescimento e ao estado nutricional das plantas em qualquer tipo de solo. A aplicação desta técnica, também, permite a identificação dos sintomas visuais das deficiências causadas pela omissão dos nutrientes. O diagnóstico dos problemas nutricionais, por meio da observação visual de sintomas, tem grande importância prática, pois permite uma rápida tomada de decisão no campo, corrigindo as deficiências por meio da fertilização. Todavia, os sintomas de deficiências de determinados elementos podem diferir de espécie para espécie, de modo que o conhecimento da síndrome de deficiência em uma espécie fornece pouca ajuda na identificação da deficiência em outras espécies (VIEGAS et al., 2012).

Os experimentos em vasos são um instrumento rápido e seguro para a determinação das exigências nutricionais e de fertilização de espécies florestais (PRITCHETT, 1979). Mas, segundo McClung et al. (1958), as condições ambientais da casa de vegetação podem ser demasiadamente distintas das condições encontradas na natureza, sendo assim, a transposição, para o campo, dos resultados obtidos, neste tipo de experimento, deve ser realizada com cuidado.

Existem poucos estudos sobre a exigência nutricional de baru. Entre esses, Silva (2014) analisou os efeitos da omissão de nutrientes no desenvolvimento da espécie, em solução nutritiva e observou que as omissões de N, K, Ca e Fe causaram a redução da biomassa seca total das mudas. Vieira (2011), também em solução nutritiva, observou que, para o baru, a altura, a qualidade das mudas e a massa seca na parte aérea foram limitadas, principalmente, por K e Mg; o diâmetro por Ca e Mg; e a massa seca na parte radicular, por K, Ca, Mg e S.

Apesar dos estudos com baru serem incipientes, diversos autores empregaram a técnica do elemento faltante para estudar as exigências nutricionais de outras espécies nativas. Deste modo, Venturin et al. (1999) avaliaram os aspectos nutricionais e os efeitos da falta de nutrientes no desenvolvimento de plântulas de candiúva (*Trema micranta* L. Blumes) e concluíram que, para o crescimento em altura, o nutriente mais limitante foi o N e, para o diâmetro, foram N, P e B. Os autores, também, observaram que a matéria seca da parte aérea e radicular foi reduzida com a omissão de N, P e B e que o tratamento completo afetou o desenvolvimento das plântulas em razão da toxidez do nutriente Zn.

Venturin et al. (2005) observaram que a ausência dos nutrientes P e N afetou, drasticamente, o crescimento das mudas de candeia (*Eremanthus erythropapus* (DC.) McLeish) e que os teores de K, Ca, S, B e Zn, na matéria seca da parte aérea, foram reduzidos nas omissões destes nutrientes.

Silva, Gonçalves e Pinho (2005) observaram que as omissões dos nutrientes N, P e Ca foram as que mais limitaram o crescimento em altura e diâmetro das mudas de umbu (*Spondias tuberosa* L.) e que as mudas, sob omissão de N e P, apresentaram menor produção de biomassa seca da parte aérea.

Silva et al. (2007) avaliaram as necessidades de mudas de mogno (*Swietenia macrophilla* King) por micronutrientes e observaram que as mudas de mogno tiveram seu crescimento comprometido pela omissão de Cu, sendo necessária sua aplicação para que as plantas tenham um desenvolvimento normal.

Costa et al. (2007) relataram que fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth) é tolerante à acidez do solo e sensível à deficiência de P e K.

Sorreano et al. (2008) observaram que a omissão dos micronutrientes para sangra-d'água (*Croton urucurana* Baill) provocou alterações morfológicas,

traduzidas em anormalidades visíveis e que Cu, Mn e Zn, quando ausentes, causaram os primeiros sintomas, seguido pelo B, Fe e Mo. A omissão de B, Mn e Zn provocou a maior redução no desenvolvimento em altura e diâmetro do coleto.

Valencia, Sampaio e Souza (2010) utilizaram a técnica do elemento faltante para avaliar as exigências nutricionais de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) e concluíram que: a baixa disponibilidade de N, Ca e Mg causa restrições ao crescimento das plantas; as mudas de pau-rosa necessitam de pequenas quantidades de P, K e S; a omissão de Ca e N reduz a taxa de crescimento relativo da espécie; os elementos que mais contribuíram para a produção de matéria seca da parte aérea foram o Ca e Mg; e a omissão de S favorece a absorção de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg).

Santos et al. (2013) relataram que os nutrientes mais limitantes ao crescimento de mudas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) foram B e P e o nutriente menos limitante foi o S. Carlos et al. (2014), utilizando a técnica do elemento faltante, para avaliar as exigências nutricionais de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em vasos, verificaram que a biomassa seca total não foi afetada pelas omissões dos nutrientes, demonstrando, assim, que esta espécie apresenta baixa exigência nutricional durante o processo de formação de mudas. Maia et al. (2014), utilizando a técnica do nutriente faltante em solução nutritiva, concluíram que o desenvolvimento das plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) foi mais comprometido pela deficiência dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), tendo em vista que, na ausência deles, ocorreram reduções da matéria seca de raiz, caule e folhas. Carlos et al. (2015), utilizando a técnica do nutriente faltante, observaram que o P foi o nutriente que mais limitou o crescimento de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.).

2.2.2 Calagem e adubação do baru

A implantação de cultivos comerciais de baru depende do desenvolvimento de técnicas silviculturais que promovam o melhor crescimento e desenvolvimento da espécie, dentre as quais se destacam a correção da acidez e a adubação. Em virtude da baixa fertilidade da maioria dos solos brasileiros, as práticas de calagem e adubação são indispensáveis para fornecer os nutrientes que não estão em concentrações satisfatórias para atender à demanda das plantas nas áreas de reflorestamentos (SILVA et al., 2012). No entanto, determinar a quantidade exata de fertilizante a ser aplicada no solo apresenta uma grande dificuldade, pois envolve diversos fatores, dentre os quais: processos fisiológicos da planta, interações solo-planta-ambiente e características do fertilizante.

Os solos podem ser, naturalmente, ácidos em decorrência do material de origem e da intensidade de agentes de intemperismo (RAIJ, 2011). Esta é a condição da maioria dos solos presentes no Cerrado. As condições ácidas do solo interferem na disponibilidade de alguns nutrientes e na atividade dos microrganismos. Nestas condições, os íons Al^{3+} e Mn^{2+} também podem ocorrer em teores tóxicos (FURTINI NETO et al., 2001; SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

A redução da acidez do solo, apesar de diminuir a disponibilidade de micronutrientes como Zn, Mn, Cu e Fe, é desejável, pois promove a insolubilidade de Al e Mn e aumenta a disponibilidade de P e Mo (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Ainda, segundo Rajj (2011), a correção da acidez do solo faz-se necessária para promover maior eficiência de absorção da água e nutrientes pela planta e, assim, obter melhores produtividades das culturas. No caso das espécies florestais, estes benefícios são desejáveis, tanto na produção de mudas, quanto no cultivo comercial das espécies.

O calcário é o insumo mais utilizado para corrigir a acidez do solo e o procedimento de aplicar este corretivo é denominado calagem. Uma calagem bem feita promove vários benefícios: (a) neutraliza o alumínio do solo; (b) fornece os nutrientes Ca e Mg; (c) promove o aumento da CTC efetiva, reduzindo a lixiviação de bases; (d) favorece a mineralização da matéria orgânica; e (e) tem efeito positivo na fixação simbiótica do N (FURTINI NETO et al., 2001; RAIJ, 2011).

Mas, de acordo com Raij (1991), a variabilidade de comportamento das plantas, em relação aos efeitos da acidez do solo, não permite generalizações e dificulta bastante o estabelecimento de faixas de pH adequadas para as diversas culturas. Vários estudos demonstram resposta positiva à calagem para espécies florestais (FERNANDEZ et al., 1996; FURTINI NETO et al., 1996; GOMES et al., 2008; MACEDO; TEIXEIRA, 2012; MANN et al., 1996; RESENDE et al., 1996; SILVA et al., 2007, 2008; SOUZA et al., 2010; TEIXEIRA; MACEDO, 2011; TUCCI et al., 2007, 2010).

Haridasan et al. (2000), também, sugerem que a maioria das espécies nativas do Cerrado é capaz de responder à calagem. No entanto, Ulhôa (1997), em casa de vegetação, observou que as plantas de baru não responderam, positivamente, à aplicação de calagem, o que o autor explica como sendo consequência do baixo requerimento de Ca e Mg na fase inicial de crescimento.

Silva (2014), estudando plantios experimentais de baru, aos 18 meses, também, encontrou resultados que demonstram ausência de resposta à calagem, indicando, assim, que a espécie apresenta um baixo requerimento de Ca e Mg.

A fertilização de espécies florestais melhora a produtividade, a qualidade e o estabelecimento dos plantios florestais (CARLOS, 2009). De acordo com Gonçalves et al. (2000), a prática de adubação é fundamental tanto para a produção de mudas de boa qualidade silvicultural, quanto para que as plantações florestais alcancem níveis adequados de crescimento no campo. A

necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes de que as plantas precisam (GONÇALVES; POGGIANI, 1996). Sendo assim, a obtenção de indicativos básicos para a aplicação de corretivos e fertilizantes é fundamental para o sucesso dos programas de revegetação e dos plantios comerciais de espécies nativas, principalmente, quando realizados em solos de Cerrado, que apresentam uma baixa fertilidade natural (ULHÔA, 1997).

Segundo Gonçalves (1995), as recomendações de adubação devem ser definidas em nível regional para as espécies e classes de solo mais representativas, envolvendo experimentação de campo, que deve ter por objetivo estabelecer classes de fertilidade do solo e de resposta às adubações. As características e a quantidade de adubos, a serem aplicados, dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos e de fatores de ordem econômica.

Os elementos químicos, que são considerados essenciais para as plantas, são: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Ni (MARSCHNER, 1995). Segundo Taiz e Zeiger (2004), estes elementos podem ser classificados em duas categorias: elementos obtidos primariamente da água e ou do dióxido de carbono, por meio da fotossíntese (H, C e O) e elementos minerais. Estes, por sua vez, podem ser divididos em macronutrientes (N, K, P, S, Ca, Mg) e micronutrientes (Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Ni, Mo). De acordo com Raij (1991), os macronutrientes podem ser subdivididos em dois grupos: os macronutrientes primários (N, P e K) e os macronutrientes secundários (S, Ca e Mg). Segundo este autor, esta divisão baseia-se não só nas quantidades exigidas pelas plantas, mas, principalmente, pela importância prática: N, P e K são comercializados em enormes quantidades e têm custo muito mais elevado do que os macronutrientes secundários.

O N é o elemento mais exigido pelas plantas (FAQUIN, 2005) e, dos nutrientes minerais, é o que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores. Segundo Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012), com exceção da deficiência de água, nenhuma deficiência é tão dramática quanto à deficiência de N. Na grande maioria das espécies cultivadas, principalmente as de ciclo anual, o metabolismo do N tem sido bastante estudado (BLEVINS, 1989), não ocorrendo o mesmo para as espécies florestais, sobretudo as nativas.

No entanto, vários estudos têm demonstrado que espécies florestais respondem, positivamente, à adubação nitrogenada. Cruz, Paiva e Guerrero (2006), Gonçalves et al. (2008) e Marques et al. (2006a, 2006b, 2009) observaram respostas positivas à aplicação de N em plantas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Dalbergia nigra*, *Samanea inopinata*, *Anadenathera macrocarpa* e *Piptadenia gonoacantha*, respectivamente. Porém, Cruz et al. (2011) observaram que, na produção de mudas de *Senna macranthera*, a aplicação de N não promoveu efeito significativo no crescimento e qualidade das mudas.

O P é um dos macronutrientes menos exigidos pelas plantas (FAQUIN, 2005), mas, por estar envolvido no processo de armazenamento e transferência de energia, possui grande importância no crescimento inicial das plantas. Contudo, os solos em condições extremas de intemperismo, como alguns Latossolos de Cerrado, são fortes drenos de P. Isso ocorre, porque, com o intemperismo, os solos passam gradualmente de fonte para dreno de P e para torná-los, novamente, fonte de P são necessárias grandes quantidades de fertilizante fosfatado (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007).

Ulhôa (1997) observou que o P foi fator limitante para o crescimento de mudas de baru, inferindo, assim, que a prática de adubação fosfatada é essencial na fase inicial de crescimento da espécie. Silva (2014), avaliando experimentos no campo, também, encontrou resposta em crescimento do baru à adubação

fosfatada, com a dose próxima de 45 g cova^{-1} de P sendo a que proporcionava as maiores respostas.

O K não faz parte permanente de nenhum composto orgânico (MARSCHNER, 1995), mas é o mais abundante cátion no citoplasma e é grande a sua contribuição no potencial osmótico das células e dos tecidos de plantas. Segundo Epstein e Bloom (2006), o K é o maior agente osmótico catiônico celular. Além disso, o K destaca-se como ativador de vários sistemas enzimáticos, muitos deles participantes dos processos de fotossíntese e respiração (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007). Gomes e Paiva (2006) descrevem que a adubação com K, em mudas de espécies florestais, em substrato com teores baixos do elemento, apresentou bons resultados. Silva et al. (1997) avaliaram a resposta ao K de quatorze espécies florestais nativas, na fase de mudas, observando que as pioneiras *Peltophorum dubium*, *Senna multijuga*, *Stenolobium stans*, *Jacaranda mimosaeifolia*, *Guazuma ulmifolia* e *Trema micranta*, bem como as secundárias *Cedrella fissilis* e *Senna macranthera* tiveram incrementos significativos na produção de matéria seca total com a aplicação de potássio. Já, a pioneira *Senna spectabilis*, as secundárias *Anadenanthera peregrina* e *Machaerium nictitans*, bem como as espécies clímax *Copaifera langsdorffii*, *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* e *Platycianus regnelli* não foram responsivas. Observaram, também, que as maiores respostas foram encontradas nas espécies com maiores taxas de crescimento. No entanto, Cruz et al. (2011), na produção de mudas de *Senna macranthera*, verificaram pouca resposta desta espécie à aplicação de potássio.

REFERÊNCIAS

ARAKAKI, A. H. et al. O baru (*Dipteryx alata* Vog.) como alternativa de sustentabilidade em área de fragmento florestal do Cerrado, no Mato Grosso do Sul. **Interações**, Campo Grande, v. 10, n. 1, p. 31-39, 2009.

BATISTA, A. C. F. et al. Use of baru oil (*Dipteryx alata* Vog.) to produce biodiesel and study of the physical and chemical characteristics of biodiesel/petroleum diesel fuel blends. **Chemistry and Technology of Fuels and Oils**, New York, v. 48, n. 1, p. 13-16, 2012.

BLEVINS, D. G. An overview of nitrogen metabolism in higher plants. In: POULTON, J. E.; ROMEO, J. T.; CONN, E. E. (Ed.). **Plant nitrogen metabolism**. New York: Plenum, 1989. p. 234-256.

BRAGA, F. A. et al. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 18-32, 1995.

BUSTAMANTE, M. M. C. et al. Effects of nutrient additions on plant biomass and diversity of the herbaceous-subshrub layer of a Brazilian savanna (Cerrado). **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 213, n. 5, p. 795-808, 2012.

CARLOS, L. **Requerimentos nutricionais de mudas de favela, pequi, marolo e barbatimão**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 13-21, jan./mar. 2014.

CARLOS, L. et al. Growth and mineral nutrition in seedlings of jacarandá-da-bahia subjected to nutrient deprivation. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 107-116, jan./mar. 2015.

CHAMINADE, R. Recherches sur la fertilité et la fertilisation des sols en régions tropicales. **Agronomie Tropicale**, Montpellier, v. 27, p. 891-904, 1972.

COSTA, C. A. D. et al. Nutrição mineral da fava d'anta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 24-28, jan./mar. 2007.

CRUZ, C. A. F. et al. Resposta de mudas de *Senna macranthera* cultivadas em argissolo vermelho-amarelo a macronutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 63-76, jan./mar. 2011.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 537-546, jul./ago. 2006.

CRUZ, K. S. D. **Isolamento, fracionamento e caracterização parcial das proteínas de amêndoas de Baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Nutricionais) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2010.

ELIAS, M. A. S. et al. Reproductive success of *Cardiopetalum calophyllum* (Annonaceae) treelets in fragments of Brazilian savanna. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 28, n. 3, p. 317-320, 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

ESTEVEZ-PEDRO, N. M. et al. In vitro and in vivo safety evaluation of *Dipteryx alata* Vogel extract. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, London, v. 12, Feb. 2012. Disponível em: <<http://bmccomplementalternmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6882-12-9>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186 p.

FERNANDEZ, J. Q. P. et al. Crescimento de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 4, p. 425-431, 1996.

FREITAS, J. B. et al. Edible Seeds and Nuts Grown in Brazil as Sources of Protein for Human Nutrition. **Food and Nutrition**, Washington, v. 3, p. 857-862, 2012.

- FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-279, mar./abr. 2010.
- FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo e crescimento inicial de espécies florestais nativas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos Expandidos...** Manaus: UFAM, 1996. p. 238-239.
- FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 116 p.
- GOMES, K. C. O. et al. Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 387-394, maio/jun. 2008.
- GONÇALVES, E. O. et al. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1029-1040, nov./dez. 2008.
- GONÇALVES, J. L.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SLCS, 1996. 1 CD-ROM.
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.
- GUIMARÃES, R. C. A. et al. Thermal properties of defatted meal, concentrate, and protein isolate of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 52-55, 2012.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v. 1, 368 p.

MACEDO, S. T.; TEIXEIRA, P. C. Calagem e adubação fosfatada para formação de mudas de araçá-boi. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 3, p. 405-412, set. 2012.

MAIA, J. T. L. S. et al. Omissão de nutrientes em plantas de pinhão-manso cultivadas em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, n. 5, p. 723-731, set./out. 2014.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MANN, E. N. et al. Calagem e crescimento de espécies florestais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos Expandidos...** Manaus: UFAM, 1996. p. 240-241.

MARQUES, L. S. et al. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J. F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 81-91, jan./fev. 2009.

MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 77-85, maio/ago. 2006a.

MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 725-735, set./out. 2006b.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic, 1995. 674 p.

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.

- MCCLUNG, A. C. et al. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. **Bragantia**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 29-44, nov. 1958.
- MELO JÚNIOR, A. F. et al. Spatial genetic structure in natural populations of *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocareceae) in the North of Minas Gerais, Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 43, p. 205-209, Aug. 2012.
- MORETTI, B. D. et al. Growth and mineral nutrition in seedlings of australian cedar (*Toona ciliata*) subjected to nutrient deprivation. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.
- OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 195-207, abr./jun. 2008.
- PIMENTEL, N. M. **Processo produtivo para o aproveitamento dos produtos florestais não-madeireiros do baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- PRITCHETT, W. L. **Propriets and manegement of forest soils**. New York: J. Wiley, 1979. 500 p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato; Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.
- RESENDE, A. V. et al. Nutrição de espécies florestais nativas em função da acidez do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E

NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos Expandidos...**
Manaus: UFAM, 1996. p. 242-243.

ROCHA, R. B. et al. Estimaco de parâmetros genéticos e seleço de procedências e famílias de *Dipteryx alata* Vogel (baru) utilizando metodologia de REML/BLUP e E(QM). **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 331-338, jul./set. 2009.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 34, p. 279-406, 1981.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. de. **Baru**: biologia e uso. Planaltina: EMBRAPA Cerrado, 2004. 54 p. (EMBRAPA Cerrados. Documentos, 116).

SANTOS, S. C. et al. Avaliaco da qualidade de mudas de castanha do Brasil submetidas à ausência de nutrientes. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 439-450, 2013.

SILVA, A. et al. Avaliaco dos efeitos da aplicaco de basalto moído na fertilidade do solo e nutriço de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 69-76, 2012.

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

SILVA, A. R. M. et al. Efeitos de doses crescentes de calcário na produço de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 295-302, 2008.

SILVA, D. S. N. **Nutriço mineral do Baru (*Dipteryx alata* Vogel) em soluco nutritiva**: calagem e adubaco fosfatada no campo. 2014. 89 f. Dissertaco (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVA, E. B.; GONÇALVES, N. P.; PINHO, P. J. Limitaçes nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em latossolo vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 55-59, jan./mar. 2005.

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, W. G. et al. Effect of micronutrients in oxisoil in the growth of seedling mahogany (*Swietenia Macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 371-376, 2007.

SIQUEIRA, E. M. D. et al. Consumption of baru seeds *Dipteryx alata* Vog. , a Brazilian savanna nut, prevents iron-induced oxidative stress in rats. **Food Research International**, Barking, v. 45, n. 1, p. 427-433, 2012.

SKREBSKY, E. C. et al. Caracterização das exigências nutricionais de mudas de *Pfaffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica do nutriente faltante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 989-996, 2008.

SOARES, T. N. et al. Development of microsatellite markers for the neotropical tree species *Dipteryx alata* (Fabaceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 99, n. 2, p. 72-73, 2012.

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, abr./jun. 2008.

SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 256 p.

SOUSA, A. G. de O. et al. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 2319-2325, Aug. 2011.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUZA, C. A. S. et al. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 515-522, set. 2010.

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

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

TARAZI, R. et al. High levels of genetic differentiation and selfing in the Brazilian cerrado fruit tree *Dipteryx alata* Vog. (Fabaceae). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 33, n. 1, p. 78-85, 2010.

TEIXEIRA, P. C.; MACEDO, S. T. Calagem e fósforo para a formação de mudas de biribazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 54, n. 3, p. 259-266, set./dez. 2011.

TORRES, G. A.; DAVIDE, L. C.; BEARZOTI, E. Sincronização do ciclo celular em meristema radicular de baru (*dipteryx alata* vog.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 398-405, mar./abr. 2003.

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

TUCCI, C. A. F. et al. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., bombacaceae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 543-548, set. 2010.

ULHÔA, M. L. **Efeitos 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 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

VALENCIA, W. H.; SAMPAIO, P. D. T. B.; SOUZA, L. A. G. D. Crecimiento inicial de Palo de Rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) en distintos ambientes de fertilidad. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 4, p. 693-698, dez. 2010.

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

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, 1999.

VERA, R. et al. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no cerrado do estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 112-118, 2009.

VIEGAS, I. D. M. et al. Visual symptoms and growth parameters linked to deficiency of macronutrients in young *Swietenia macrophylla* plants. **Journal of Food Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 10, n. 1, p. 937-940, 2012.

VIEIRA, C. R. **Crescimento inicial de espécies florestais na omissão de macronutrientes**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

WANTZEN, K. M. et al. Soil carbon stocks in stream-valley-ecosystems in the Brazilian Cerrado agroscape. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 151, n. 1, p. 70-79, 2012.

CAPÍTULO 2 LIMITAÇÃO NUTRICIONAL, NÍVEIS DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO E CALAGEM NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE BARU (*Dipteryx alata* Vog.)

RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar os requerimentos nutricionais, os efeitos da limitação de nutrientes no desenvolvimento e encontrar os níveis de N, P, K e calagem ideais ao crescimento de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), em casa de vegetação, utilizando como substrato Latossolo Vermelho distrófico (LVd). Foram conduzidos quatro experimentos distintos em vasos. Inicialmente conduziu-se um experimento utilizando a técnica da limitação nutricional. Foram empregados 12 tratamentos em delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. O segundo experimento consistiu da avaliação do crescimento sob níveis de calagem e P. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro níveis de calagem e quatro doses de P. Os tratamentos foram os seguintes: níveis de calagem: saturação por bases natural do solo (V23,2%), dose de calcário para elevação de V(%) a 45%; 65% e 85%. Doses de P: 0, 100, 300 e 500 mg kg⁻¹. O terceiro experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com sete doses de N: 0, 75, 150, 225, 300, 375 e 450 mg kg⁻¹. O quarto experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com sete doses de K: 0, 75, 150, 225, 300, 375 e 450 mg kg⁻¹. Aos oito meses (nos experimentos 1 e 2) e aos 12 meses (nos experimentos 3 e 4), após a semeadura, mediram-se as características biométricas das mudas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, testes de médias e análise de regressão. A espécie demonstra ser pouco exigente em B e S, quando cultivada em Latossolo Vermelho distrófico. *Dipteryx alata* responde, negativamente, à calagem; responde, positivamente, à adubação fosfatada; e não responde à adubação nitrogenada e à adubação potássica.

Palavras-chave: Elemento faltante. Espécie florestal. Nutrição mineral. Saturação por bases.

CHAPTER 2 Nutritional limitation, levels of nitrogen, phosphorous, potassium and lime in the growth of baru seedlings

ABSTRACT

The present study was conducted with the objective of evaluating the nutritional requirements, the effect of nutrient limitation over the development, and find the levels of N, P, K and liming ideal for growing baru (*Dipteryx alata* Vog.) seedlings under greenhouse conditions, using dystrophic Red Latosol (LVd - Oxisol) as substrate. Four distinct experiment were conducted in pots. Initially, we conducted an experiment using the nutritional limitation technique. The experiment consisted of 12 treatments in a completely randomized design with eight replicates. The second experiment consisted of growth evaluation under levels of liming and P. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme with four levels of liming and four doses of P. The treatments were as follows: levels of liming – natural base saturation of the soil (V23.2%), dose of limestone for the increase of V(%) at 45%, 65% and 85%; doses of P – 0, 100, 300 and 500 mg kg⁻¹. The third experiment was conducted in a completely randomized design, with seven doses of N – 0, 75, 150, 225, 300, 375 and 450 mg kg⁻¹. The forth experiment was conducted in a completely randomized design, with seven doses of K – 0, 75, 150, 225, 300, 375 and 450 mg kg⁻¹. At eight months (for experiments 1 and 2) and at 12 months (for experiments 3 and 4), after seeding, we measured the biometric characteristics of the seedlings. The data obtained were submitted to analysis of variance, mean tests and regression analysis. The species is little demanding of B and S when cultivated in dystrophic Red Latosol. *Dipteryx alata* responds negatively to liming; positively to phosphate fertilization; and does not respond to nitrogen or potassium fertilization.

Keywords: Missing element. Forest species. Mineral nutrition. Base saturation.

1 INTRODUÇÃO

O baru é uma árvore que apresenta múltiplos usos – alimentação humana e animal, madeira para construção, paisagismo, recuperação de áreas degradadas, indústria de medicamentos e, até mesmo, produção de biodiesel – de modo que seu cultivo é, potencialmente, promissor. No entanto sua exploração e comércio são baseados no extrativismo e pouco ou nada se sabe sobre seus aspectos silviculturais. Logo, o estabelecimento de plantios comerciais de baru depende de uma série de fatores, dentre os quais se destaca a produção de mudas de boa qualidade silvicultural. Porém, para produzir tais mudas, é fundamental o conhecimento das exigências nutricionais e de fertilização da espécie, especialmente, em sua fase inicial de crescimento.

Os experimentos em vasos são um instrumento rápido e seguro para a determinação das exigências nutricionais e de fertilização de espécies florestais (PRITCHETT, 1979). No entanto, segundo McClung et al. (1958), as condições ambientais da casa de vegetação podem ser demasiadamente distintas das condições encontradas na natureza. Assim, a transposição, para o campo, dos resultados obtidos, neste tipo de experimento, deve ser realizada com cuidado.

A técnica da restrição nutricional é uma maneira rápida e econômica de se conhecer, qualitativamente, as exigências nutricionais de uma espécie. Essa técnica envolve o crescimento de uma planta sob condições de campo, ou casa de vegetação, em que é testado um tratamento completo (com todos os nutrientes) e uma série de tratamentos, nos quais é feita a omissão de um nutriente de cada vez (BRAGA et al., 1995; CARLOS et al., 2014; SANCHEZ; SALINAS, 1981; SOUZA; VENTURIN; MACEDO, 2006).

Todavia, na fase de viveiro, o conhecimento quantitativo das exigências nutricionais, também, é de grande importância para uma recomendação adequada de fertilizantes. A adubação correta nesta fase proporcionará mudas de boa qualidade, refletindo, assim, maior potencial de sobrevivência e

crescimento, após o plantio e, conseqüentemente, queda nas taxas de replantio e tratos culturais, o que se traduz em redução de custos (CARNEIRO, 1995). Desta forma, a determinação das dosagens ótimas de calagem e NPK, na fase inicial de crescimento, é fundamental para o sucesso de cultivos comerciais de baru.

De acordo com Quaggio (2000), a prática da calagem eleva o pH e pode aumentar a solubilidade de nutrientes no solo. Quando o calcário é aplicado no solo, os produtos da dissolução do calcário reagem com os coloides do solo, deixando cálcio (e magnésio) no lugar dos cátions de caráter ácido (H^+ e Al^{3+}), que passam para a solução do solo. Os íons Al^{3+} sofrem hidrólise e o hidróxido de alumínio formado é precipitado, não ficando disponível para as plantas.

O nitrogênio é o nutriente que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores. Segundo Sorreano, Rodrigues e Boaretto (2012), com exceção da deficiência de água, nenhuma deficiência é tão drástica quanto à deficiência de nitrogênio. Na grande maioria das espécies cultivadas, principalmente as de ciclo anual, o metabolismo do nitrogênio tem sido bastante estudado (BLEVINS, 1989), não ocorrendo o mesmo para espécies florestais, sobretudo as nativas do Brasil.

O fósforo tem grande importância no desenvolvimento inicial das plantas por estar envolvido, principalmente, no processo de armazenamento e transferência de energia. No entanto, há uma carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros e, além disso, este elemento apresenta forte interação com o solo (fixação), o que reduz a eficiência da adubação fosfatada (FAQUIN, 2005). Em solos com baixo teor de fósforo, espera-se resposta acentuada das plantas à aplicação deste elemento, tanto na fase de produção de mudas, quanto no estabelecimento das plantas no campo (NOVAIS; BARROS; NEVES, 1990).

O potássio não faz parte permanente de nenhum composto orgânico (MARSCHNER, 1995), mas é o mais abundante cátion no citoplasma e é grande

a sua contribuição no potencial osmótico das células e dos tecidos de plantas. Segundo Epstein e Bloom (2006), o K é o maior agente osmótico catiônico celular.

Vários trabalhos têm demonstrado que as espécies florestais respondem à calagem e à adubação. No entanto, no Brasil, há uma grande diversidade de espécies florestais nativas e, por isso, o estudo de suas exigências nutricionais, ainda, é incipiente. Sendo assim, objetivou-se avaliar os requerimentos nutricionais, os efeitos da limitação de nutrientes no crescimento e encontrar os níveis de calagem, N, P e K que proporcionam maior crescimento de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), em casa de vegetação, utilizando como substrato Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios, para avaliar os requerimentos nutricionais de mudas de baru, foram conduzidos em casa de vegetação utilizando-se as técnicas da limitação nutricional e a dos incrementos decrescentes por meio de experimentos com doses de N, P, K e níveis de calagem.

As sementes foram coletadas, na região de ocorrência natural da espécie, em duas localidades diferentes: (a) no norte do estado de Minas Gerais, na cidade de Paracatu e região, para os experimentos com limitação nutricional e níveis de calagem e doses de P; e (b) estado do Mato Grosso, na região de Bom Jesus do Araguaia, para os experimentos de doses de N e de K.

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no viveiro florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (DCF/UFLA).

2.1 Substrato

Utilizou-se, como substrato, duas amostras de Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), com baixa disponibilidade de nutrientes, coletadas no município de Lavras, MG, a uma profundidade de 20 a 40 cm – evitando-se, assim, a camada mais fértil do solo.

Após a secagem ao ar livre, o solo foi peneirado e dele foram retiradas amostras para as análises físicas e químicas. Em seguida, foram adicionados ao solo os nutrientes utilizados nas distintas técnicas: limitação nutricional e dosagens. O solo foi armazenado em sacos plásticos e incubado por um período de vinte dias. Ao final da incubação o solo foi depositado em vasos. Os vasos ficaram localizados sobre uma bancada na casa de vegetação e tiveram os fundos vedados para evitar perda de solo e de nutrientes.

2.1.1 Caracterização física e química do substrato

Foram realizadas as seguintes análises físicas dos solos: determinação da textura (Método do Densímetro) e da densidade de partículas (Método do Balão Volumétrico), conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997). Nas análises químicas, foram utilizados os seguintes métodos: pH (H_2O – Relação 1:2,5); matéria orgânica pelo Método Walkley-Black (WALKLEY; BLACK, 1934); P e K (HCl $0,05 \text{ molc L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,025 \text{ molc L}^{-1}$), segundo Vettori (1969); Ca, Mg, Al e H + Al (extrator KCl 1 molc L^{-1}); Zn, Cu, Fe e Mn (HCl $0,05 \text{ molc L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,25 \text{ molc L}^{-1}$), segundo Viets Junior e Lindsay (1973); S ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O} + 500 \text{ ppm P}$), conforme Tedesco, Volkweiss e Bohrn (1985); B (água quente), segundo descrição de Jackson (1970).

As características físicas e químicas das duas amostras de solo utilizadas estão descritas na Tabela 1. A amostra 1 foi utilizada, nos experimentos com limitação nutricional e níveis de calagem e P, e a amostra 2 foi utilizada nos experimentos de doses de N e doses de K.

Tabela 1 - Características químicas e físicas das amostras de solo utilizadas, para a produção de mudas de *Dipteryx alata* Vog. (baru), coletadas em Lavras, MG, antes e após adubação completa.

Atributos	Amostra 1		Amostra 2	
	Natural	Adubado ¹	Natural	Adubado ²
pH (H ₂ O)	4,8	5,7	4,8	6,8
P (mg dm ⁻³)	1,7	70,1	0,6	35,3
K (mg dm ⁻³)	23	126	30	184
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,4	1,9	0,2	2,0
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,5	0,0	0,4
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	5,1	4,0	1,6	1,3
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,6	2,7	0,3	2,8
t (cmol _c dm ⁻³)	0,6	2,8	0,3	2,8
T (cmol _c dm ⁻³)	2,4	7,8	1,8	4,1
V (%)	23,2	51,7	15,8	67,2
m (%)	0,0	0,0	12,1	0,0
C orgânico (dag/kg)	0,5	0,5	0,9	1,9
Zn (mg dm ⁻³)	0,3	2,7	0,2	1,4
Fe (mg dm ⁻³)	12,6	11,2	17,2	14,5
Mn (mg dm ⁻³)	1,8	1,8	1,6	5,5
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	2,1	1,4	2,2
B (mg dm ⁻³)	0,3	0,5	0,4	0,2
S (mg dm ⁻³)	20,7	48,5	8,4	39,7
Areia (dag kg ⁻¹)	16	-	15	-
Silte (dag kg ⁻¹)	20	-	13	-
Argila (dag kg ⁻¹)	64	-	72	-

¹amostra coletada na implantação do experimento; ²amostra coletada no fim do experimento.

2.2 Delineamentos experimentais e tratamentos

Foram conduzidos quatro experimentos: sendo um experimento com limitação nutricional e os demais, para verificar os efeitos de níveis de calagem e doses de P, N e K, no crescimento de baru.

2.2.1 Limitação nutricional

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 12 tratamentos (TABELA 2) e oito repetições, sendo a unidade experimental constituída por um vaso e uma planta por vaso. Para os tratamentos que receberam calcário, as doses foram calculadas, adotando-se o método de aumentar saturação por bases (V) a 60%, conforme fórmula proposta por Raij (1987).

$$NC = \frac{T \times (V1 - V2)}{100} \quad (1)$$

Em que: NC é a necessidade de calagem em toneladas por hectare, para uma camada de 20 cm de espessura; T é o valor da CTC potencial ou CTC a pH 7,0; V2 é a percentagem de saturação por bases desejada; e V1 é a percentagem de saturação por bases original do solo, conforme resultado da análise de solo.

O corretivo foi o calcário dolomítico calcinado, micropulverizado, com 36% de CaO, 14% de MgO (PRNT igual a 100%) e a quantidade aplicada foi 0,88 t ha⁻¹. No tratamento C2, o Ca e o Mg foram fornecidos, respectivamente, na forma de CaSO₄.2H₂O e MgSO₄.7H₂O, apenas com a finalidade de fornecer Ca e Mg, sem alterar as demais características do solo. Após a incorporação do corretivo o solo foi incubado por 20 dias.

Tabela 2 - Identificação e caracterização dos tratamentos.

Tratamento	Caracterização
Completo 1 (C1)	Aplicação de N, P, K, S, B, Cu, Zn + calcário
Completo 2 (C2)	Completo 1 - calcário + CaSO ₄ .2H ₂ O e MgSO ₄ .7H ₂ O
C1 - Cal	Completo 1 - calcário
C1 - N	Completo 1 - N
C1 - P	Completo 1 - P
C1 - K	Completo 1 - K
C1 - S	Completo 1 - S
C1 - B	Completo 1 - B
C1 - Zn	Completo 1 - Zn
C2 - Ca	Completo 2 - Ca
C2 - Mg	Completo 2 - Mg
Controle	Solo natural

As doses das fontes, para os tratamentos completos, foram calculadas atendendo a adubação básica proposta por Malavolta (1980) para experimento em casa de vegetação: 100 mg kg⁻¹ de N, 300 mg kg⁻¹ de P, 100 mg kg⁻¹ de K, 200 mg kg⁻¹ de Ca, 60 mg kg⁻¹ de Mg, 40 mg kg⁻¹ de S, 0,5 mg kg⁻¹ de B, 1,5 mg kg⁻¹ de Cu, 4,0 mg kg⁻¹ de Zn. Foram utilizados como fontes os seguintes sais p.a: NH₄NO₃, H₃PO₄, KH₂PO₄, MgSO₄.7H₂O, CaSO₄.2H₂O, Na₂SO₄, CuSO₄.5H₂O, H₃BO₃, ZnCl₂.

2.2.2 Níveis de calagem e doses de NPK

Foram instalados três experimentos distintos para avaliar os efeitos de: (1) níveis de calagem e doses de P; (2) doses de N; e (3) doses de K.

2.2.2.1 Calagem e adubação fosfatada

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial com 16 tratamentos (quatro níveis de calagem e quatro doses de P), quatro repetições e parcela (unidade experimental), constituída por

uma planta por vaso, totalizando 64 parcelas. Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 4,8 dm³ de solo.

Os tratamentos foram os seguintes:

- a) Calagem – saturação por bases (V) natural do solo (23,2%) ou sem calagem; dose para elevação de V a 45%, ou aplicação de 0,52 t ha⁻¹ de calcário; dose para elevação de V a 65%, ou aplicação de 1,00 t ha⁻¹ de calcário; e dose para elevação de V a 85%, ou aplicação de 1,48 t ha⁻¹ de calcário. O corretivo foi calculado com base em CaCO₃ e depois foi aplicado na relação Ca:Mg de 4:1 utilizando como fonte CaCO₃ e MgO.
- b) Fósforo – 0, 100, 300 e 500 mg kg⁻¹ de P, aplicados na forma de MAP e H₃PO₄. O N foi balanceado, para que as doses ficassem iguais e para tal, utilizou-se ureia.

Após a incorporação do corretivo, o solo foi incubado por 20 dias. Após esta incubação, foram aplicadas as fontes dos nutrientes. As doses das demais fontes foram calculadas atendendo à adubação básica de cada tratamento (com exceção dos nutrientes analisados), baseada na recomendação para experimento, em casa de vegetação, proposta por Malavolta (1980): 180 mg kg⁻¹ de N, 150 mg kg⁻¹ de K, 40 mg kg⁻¹ de S, 0,81 mg kg⁻¹ de B, 1,33 mg kg⁻¹ de Cu, 4,0 mg kg⁻¹ de Zn e 0,15 mg kg⁻¹ de Mo.

2.2.2.2 Adubação nitrogenada

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos, cinco repetições e parcela (unidade experimental) constituída por uma planta por vaso, totalizando 35 parcelas. Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 4,8 dm³ de solo.

Foi realizada a calagem, adotando-se o critério de aumentar a saturação por bases (V) a 60%, conforme descrito na Fórmula 1, proposta por Raij (1987). A quantidade de corretivo, a ser aplicada, $0,81 \text{ t ha}^{-1}$, foi calculada com base em CaCO_3 e depois foi aplicada na relação Ca:Mg de 4:1 utilizando como fonte CaCO_3 e MgO.

Os tratamentos foram constituídos das seguintes doses de N: 0, 75, 150, 225, 300, 375, 450 mg kg^{-1} , aplicados parcelados na forma do sal p.a. $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. As doses 75, 150 e 225 mg kg^{-1} foram parceladas em quatro aplicações (0, 30, 60 e 90 dias após o plantio) e as doses 300, 375 e 450 mg kg^{-1} foram parceladas em oito aplicações (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o plantio)

As doses das fontes foram calculadas atendendo à adubação básica de cada tratamento (com exceção do N), baseada na recomendação para experimentos, em casa de vegetação, proposta por Malavolta (1980): 300 mg kg^{-1} de P, 200 mg kg^{-1} de K, 491 mg kg^{-1} de Ca, 60 mg kg^{-1} de Mg, 53 mg kg^{-1} de S, 0,5 mg kg^{-1} de B, 1,5 mg kg^{-1} de Cu, 0,5 mg kg^{-1} de Zn e 0,1 mg kg^{-1} de Mo. Foram utilizados como fontes os seguintes sais p.a: MgO, CaO, CaHPO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , CuCl, H_3BO_3 , ZnCl_2 , $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ e KCl.

2.2.2.3 Adubação potássica

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos, cinco repetições e parcela (unidade experimental) constituída por uma planta por vaso, totalizando 35 parcelas. Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para $4,8 \text{ dm}^3$ de solo.

Foi realizada a calagem, adotando-se o critério de aumentar a saturação por bases (V) a 60%, conforme descrito na Fórmula 1, proposta por Raij (1987). A quantidade de corretivo a ser aplicada, $0,81 \text{ t ha}^{-1}$, foi calculada com base em CaCO_3 e depois foi aplicada na relação Ca:Mg de 4:1 utilizando como fonte CaCO_3 e MgO.

Os tratamentos foram constituídos das seguintes doses de Potássio: 0, 75, 150, 225, 300, 375, 450 mg kg⁻¹, aplicados parcelados na forma do sal p.a. KCl. As doses 75, 150 e 225 mg kg⁻¹ foram parceladas em quatro aplicações (0, 30, 60 e 90 dias após o plantio) e as doses 300, 375 e 450 mg kg⁻¹ foram parceladas em oito aplicações (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após o plantio)

As doses das fontes foram calculadas atendendo à adubação básica de cada tratamento (com exceção do K), baseada na recomendação para experimento em casa de vegetação proposta por Malavolta (1980): 150 mg kg⁻¹ de N, 300 mg kg⁻¹ de P, 409,5 mg kg⁻¹ de Ca, 60 mg kg⁻¹ de Mg, 52,9 mg kg⁻¹ de S, 0,5 mg kg⁻¹ de B, 1,5 mg kg⁻¹ de Cu, 0,5 mg kg⁻¹ de Zn e 0,1 mg kg⁻¹ de Mo. Foram utilizados como fontes os seguintes sais p.a: MgO, CaO, CaHPO₄, MgSO₄.7H₂O, NH₄H₂PO₄, CuCl, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O, H₃BO₃ e ZnCl₂.

2.3 Condução dos experimentos

As sementes de baru foram germinadas em germinadores do Laboratório de Sementes Florestais do DCF, da Universidade Federal de Lavras, conforme metodologia proposta por Andrade et al. (2006), a temperaturas constantes entre 20 e 30°C, utilizando como substrato a vermiculita. Após a protrusão da radícula, as sementes germinadas foram transferidas para os vasos com os tratamentos. Foram repicadas duas plântulas por vaso. Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando-se uma plântula por vaso.

A umidade do solo foi mantida em torno de 60% do volume total de poros (VTP), conforme proposto por Freire et al. (1980) e aferida, diariamente, a partir de pesagem, completando-se o peso com água desmineralizada. O VTP foi calculado, saturando-se uma amostra do solo e medindo-se o volume de água contido nela.

O ensaio de níveis de calagem e doses de P teve duração de oito meses e os ensaios de doses de N e de K tiveram duração de 12 meses. Ao término, os vasos foram desmontados e as raízes separadas do solo por lavagem, em água corrente, obtendo-se as plantas inteiras e individualizadas.

2.4 Variáveis avaliadas

As características biométricas avaliadas foram: altura da parte aérea (cm) medida a partir do coleto da planta até a gema apical e diâmetro do coleto (mm). Essas avaliações foram realizadas, mensalmente, até o fim do período experimental.

Após o desmonte dos ensaios, as mudas foram coletadas e separadas em parte aérea (folhas + ramos + caule) e raízes. As diferentes partes da planta foram, então, lavadas em água deionizada e postas a secar, em estufa de circulação forçada, a uma temperatura variando de 65 a 70°C, até atingir massa constante. Após a secagem do material vegetal, foi determinada a biomassa da matéria seca da parte aérea (folhas + ramos + caule) e raiz. Utilizando os dados de biomassa seca da raiz e biomassa seca da parte aérea, foi calculada a relação raiz/parte aérea (R/PA).

Com as características morfológicas: altura da parte aérea (A); diâmetro do coleto (D) e os dados da produção de biomassa da parte aérea e da raiz, expressou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) proposto por Dickson, Leaf e Hosner (1960). O IQD foi obtido pela seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{BST}{\left(\frac{A}{D}\right) + \left(\frac{BSPA}{BSR}\right)} \quad (2)$$

Em que: IQD é o índice de qualidade mudas de Dickson; BST é a biomassa seca total; A é a altura da planta até a gema apical; D é o diâmetro do

coleto; BSPA é a biomassa seca da parte aérea; e BSR é a biomassa seca do sistema radicular.

As partes aéreas das mudas, após sua secagem, foram moídas em moinho tipo Willey, para serem analisadas quimicamente. Foram analisadas três plantas de cada tratamento, com cada planta constituindo uma repetição. O preparo do extrato e a determinação analítica do material vegetal foram realizados, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), variando de acordo com o elemento a ser analisado: (a) N – extração por meio da digestão sulfúrica (ácido sulfúrico com sais e catalisadores) e determinação analítica por titulação (semimicro-Kjeldahl); (b) B – extração por meio da digestão por via seca (incineração em mufla) e determinação analítica por Colorimetria da Azometina-H; e (c) P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn – extração por meio da digestão nítrico perclórica e determinação analítica por espectrometria de absorção atômica.

O acúmulo de nutrientes, na parte aérea das mudas, foi determinado multiplicando-se o teor de cada nutriente pela biomassa seca da parte aérea.

2.5 Análise dos dados

Os dados obtidos no experimento com limitação nutricional foram submetidos à análise de variância e teste de médias. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, conforme Gomes (1985). Os dados obtidos nos experimentos de doses foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Na escolha das equações de regressão, consideraram-se a significância dos coeficientes e o coeficiente de determinação (R^2). Para tal, foi utilizado o programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Limitação nutricional

As mudas de baru apresentaram comportamento diferenciado de acordo com o tratamento adotado, conforme apresentado a seguir.

3.1.1 Crescimento das plantas

Na análise de variância, para todas as características de crescimento (altura, diâmetro e produção de biomassa seca), assim como para a relação raiz/parte aérea e o índice de qualidade de Dickson (IQD), houve efeito significativo dos tratamentos. No entanto, a variável biomassa seca de raiz (BSR) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos no teste de Scott-Knott. As médias das variáveis estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Altura (A), diâmetro a altura do coleto (D), biomassa seca da parte aérea (BSPA) biomassa seca de raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.

Tratamento	A (cm)	D (mm)	BSPA (g)	BSR (g)	BST (g)	R/PA	IQD
C1	21,1 a	7,7 a	9,0 a	6,8 ^{ns}	15,8 a	0,8 b	3,8 b
C2	21,8 a	7,9 a	11,8 a	9,2 ^{ns}	20,9 a	0,8 b	5,2 a
Controle	14,1 b	6,6 b	5,0 b	7,4 ^{ns}	12,4 b	1,5 a	4,4 a
C1-calagem	16,2 b	7,4 b	8,3 a	8,9 ^{ns}	17,2 a	1,1 b	5,7 a
C1-N	12,3 b	6,9 b	4,7 b	6,5 ^{ns}	11,2 b	1,4 a	4,5 a
C1-P	14,7 b	7,1 b	4,0 b	3,3 ^{ns}	7,3 b	0,8 b	2,1 b
C1-K	17,7 b	8,2 a	9,7 a	7,2 ^{ns}	16,9 a	0,8 b	4,8 a
C2-Ca	17,5 b	6,8 b	7,5 a	5,4 ^{ns}	12,9 b	0,7 b	3,2 b
C2-Mg	15,6 b	6,5 b	8,0 a	6,5 ^{ns}	14,4 b	0,9 b	3,9 b
C1-S	19,8 a	7,9 a	10,1 a	8,4 ^{ns}	18,4 a	0,9 b	4,9 a
C1-Zn	16,7 b	6,9 b	9,6 a	6,3 ^{ns}	15,9 a	0,8 b	4,1 b
C1-B	19,8 a	8,6 a	10,7 a	8,9 ^{ns}	19,6 a	0,9 b	5,5 a

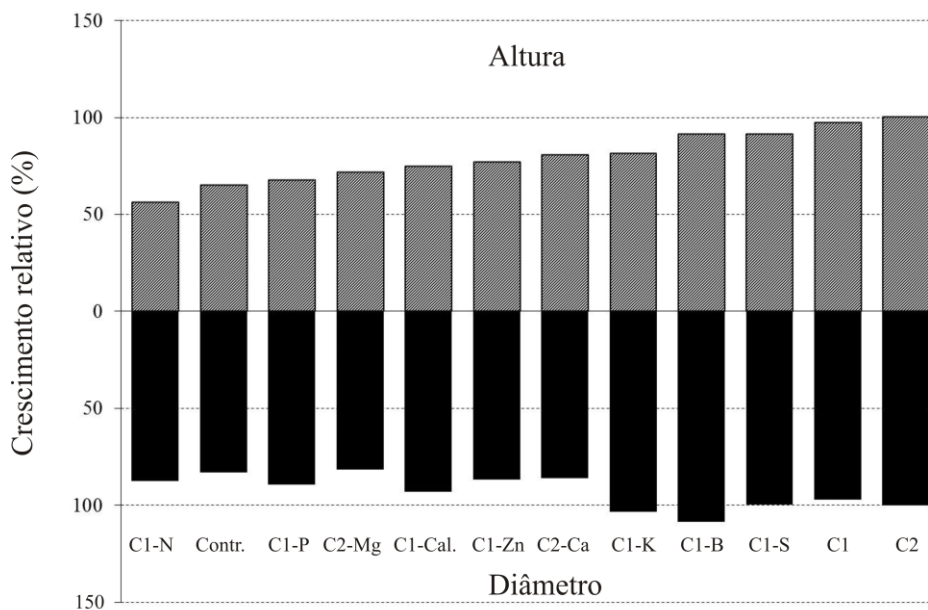
Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Para as características altura e diâmetro (TABELA 3 e Figura 1), os tratamentos com limitação de B e S, bem como os tratamentos completos 1 e 2 foram superiores aos demais tratamentos, demonstrando que esta espécie é pouco exigente em boro e enxofre. Para o diâmetro, além da limitação de B e S, a limitação de K, também, mostrou-se indiferente em relação aos tratamentos completos (TABELA 3 e FIGURA 1).

A sequência dos nutrientes que mais afetaram o crescimento das plantas de baru, em relação aos tratamentos completos, considerando a altura de plantas em ordem decrescente foi: $N = P = Mg = Zn = Ca = K > B = S$.

Apesar dos estudos com baru serem incipientes, diversos autores analisaram a resposta, em altura, de outras espécies nativas à omissão de nutrientes. Deste modo, Duboc et al. (1996), Souza, Venturin e Macedo (2006) e Venturin et al. (1999a) trabalhando, respectivamente, com ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e óleo-de-copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) verificaram que N e P foram os nutrientes mais limitantes ao crescimento em altura das plantas. No entanto, Carlos et al. (2015), estudando jacarandá-da-bahia, verificaram que o N foi o elemento menos limitante ao crescimento da espécie. Mas, no mesmo estudo, também, observaram que o P foi o nutriente que mais limitou o crescimento das plantas, em altura e diâmetro, com médias que não diferiram do tratamento com ausência de Ca.

Figura 1 - Crescimento relativo (% do tratamento C2) em altura e diâmetro de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.

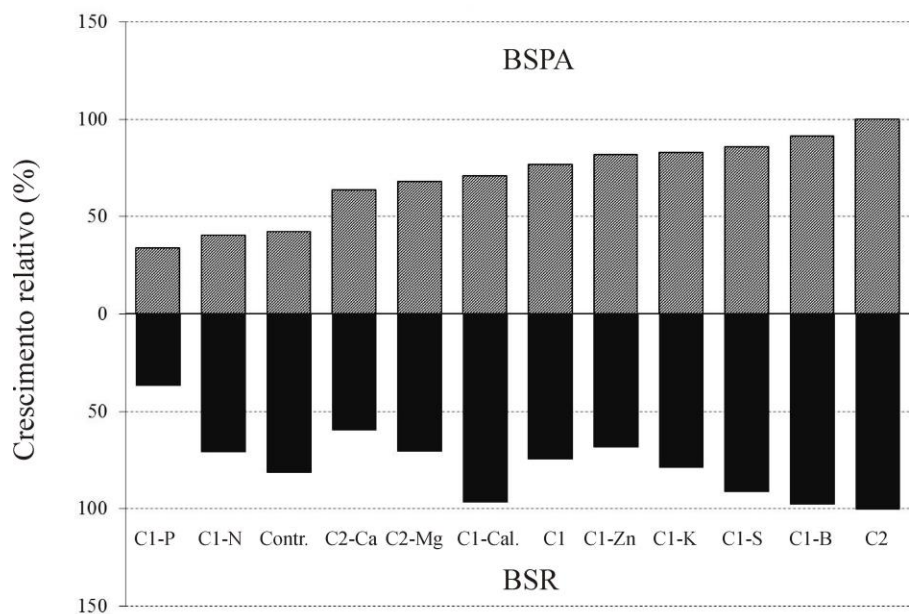


A sequência de exigência nutricional, apresentada pelas mudas de baru, considerando a produção de matéria seca da parte aérea, em ordem decrescente foi: P= N> Ca= Mg= Zn= K= S= B. O N, dentre todos os nutrientes, é o que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores, ele faz parte de proteínas, ácidos nucleicos e muitos outros importantes constituintes celulares. É um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade e o que mais limita o crescimento da planta (SOUZA; FERNANDES, 2006). O P é o elemento que tem o papel-chave em todos os metabólitos relacionados com a aquisição, estocagem e utilização de energia: açúcares fosfatadas, adenosinas fosfatadas e em nucleotídeos e ácidos nucleicos, sendo, portanto, um elemento essencial para o genoma e para aquisição de energia (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Menor produção de BSPA, quando da limitação de N e P, também, foi encontrada por Souza, Venturin e Macedo (2006), para mudas de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*) e por Silva, Gonçalves e Pinho (2005), para mudas de umbu (*Spondias tuberosa*).

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para produção média de biomassa seca de raiz (BSR).

Figura 2 - Crescimento relativo (% do tratamento C2) em biomassa seca da parte aérea (BSPA) e da raiz (BSR) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.



Nos ambientes, que apresentam baixa fertilidade, a relação R/PA é maior (SOUZA; VENTURIN; MACEDO, 2006). Segundo Clarkson (1985), esta é uma estratégia adotada pelas plantas para retirar o máximo de nutrientes dos solos com baixa fertilidade. Os tratamentos que apresentaram maior relação R/PA foram o controle e o tratamento com limitação de N. Tratamentos com

limitação de N, também, estão entre os que apresentaram maior relação R/PA em trabalhos desenvolvidos com *Copaifera langsdorffii* (DUBOC et al., 1996), *Peltophorum dubium* (VENTURIN et al., 1999a), *Trema micranta* (VENTURIN et al., 1999b), *Eremanthus erythropappus* (VENTURIN et al., 2005) e *Handroanthus impetiginosus* (SOUZA; VENTURIN; MACEDO, 2006).

O índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) avalia a qualidade da muda, quanto maior o IQD, maior o padrão de qualidade da muda (GOMES, 2001). No entanto, um valor alto de IQD não quer dizer que a muda seja, necessariamente, uma muda de boa qualidade. Pois, no cálculo do IQD, é considerado o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, sendo assim, caso os parâmetros, utilizados no cálculo não sejam adequados, mas se apresentem equilibrados, a muda apresentará um alto valor de IQD mesmo não sendo uma muda de boa qualidade. Os menores valores de IQD foram apresentados pelos tratamentos com omissão de P, Mg, Zn, Ca e tratamento completo com calagem (TABELA 3). Silva (2014), trabalhando com omissão de nutrientes em *Dipteryx alata* em solução nutritiva encontrou resultados semelhantes, com menor IQD, nos tratamentos com ausência dos macronutrientes Ca, K e Mg, bem como dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Mo.

3.1.2 Nutrição mineral das plantas

Na análise de variância dos teores de macronutrientes, verificou-se efeito dos tratamentos para todos os elementos (N, P, K, Ca, Mg e S). Mas, os teores de P e S não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos no teste de Scott-Knott. Já, na análise de variância para o acúmulo de macronutrientes, não foi verificado efeito dos tratamentos para o acúmulo de P. As médias dos teores e dos acúmulos de macronutrientes estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Os teores de N foram maiores nos tratamentos com limitação de P, K, Ca, Mg, S e Zn, no tratamento completo 2 e no completo 1 menos calagem (TABELA 4). Em relação aos tratamentos com limitação de P, K, Ca, Mg e S, pode-se inferir que isso ocorreu em virtude do efeito de concentração, pois, quando é avaliado o acúmulo de N, nestes tratamentos, apenas os tratamentos com limitação de S, completo 2 e completo 1 sem calagem apresentaram elevado acúmulo do elemento (TABELA 4).

Tabela 4 - Teor de macronutrientes na biomassa seca da parte aérea (BSPA) de plantas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.

Tratamento	Teor de macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g kg ⁻¹) -----					
C1	16,47 b	1,15 ns	28,78 a	18,29 b	1,19 c	0,91 ns
C2	22,47 a	1,01 ns	28,60 a	24,77 a	1,71 b	1,54 ns
Controle	15,03 b	0,68 ns	26,77 b	18,48 b	1,05 c	1,23 ns
C1-calagem	26,00 a	0,91 ns	27,87 a	22,39 a	1,69 b	1,12 ns
C1-N	11,10 b	1,23 ns	28,05 a	11,51 b	1,40 b	0,86 ns
C1-P	23,43 a	0,50 ns	28,78 a	15,37 b	0,97 c	0,96 ns
C1-K	20,90 a	0,63 ns	24,57 c	23,75 a	1,75 b	0,85 ns
C2-Ca	20,87 a	1,24 ns	30,07 a	18,98 b	2,49 a	1,21 ns
C2-Mg	19,83 a	0,94 ns	28,78 a	24,12 a	1,52 b	1,13 ns
C1-S	22,00 a	1,62 ns	28,78 a	23,84 a	1,32 c	1,01 ns
C1-Zn	20,20 a	1,39 ns	29,33 a	15,24 b	1,52 b	1,09 ns
C1-B	17,90 b	0,83 ns	28,78 a	17,24 b	1,15 c	0,91 ns

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

O teor de P (TABELA 4) e o acúmulo deste nutriente (TABELA 5) apresentaram os menores valores no tratamento com ausência do elemento, no entanto, não se verificaram diferenças significativas das médias destes parâmetros (teor e acúmulo de P) nos tratamentos estudados.

Estudos com quaresmeira, pereira (BRAGA et al., 1995), óleo-copaíba (DUBOC et al., 1996), paricá (MARQUES et al., 2004), pequi (CARLOS et al.,

2014) e jacarandá-da-bahia (CARLOS et al., 2015), utilizando a técnica do elemento faltante, verificaram o menor teor de P no tratamento com ausência do elemento.

O menor teor de K foi encontrado no tratamento com limitação de K, seguido do tratamento controle. Todos os demais tratamentos apresentaram teores de K, estatisticamente, semelhantes (TABELA 4). Mas, quando é analisado o acúmulo de K, observa-se que os maiores acúmulos ocorreram nos tratamentos completo 2 e com limitação de S, com todos os demais tratamentos apresentando menor acúmulo de K (TABELA 5).

Tabela 5 - Acúmulo de macronutrientes na biomassa seca da parte aérea (BSPA) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.

Tratamento	Acúmulo de macronutrientes					
	N	K	Ca	P	Mg	S
	----- (g planta ⁻¹) -----			----- (mg planta ⁻¹) -----		
C1	0,132 b	0,229 b	0,157 b	9,20 ns	9,58 b	7,34 c
C2	0,291 a	0,377 a	0,327 a	13,22 ns	21,54 a	19,78 a
Controle	0,071 b	0,125 b	0,085 b	3,15 ns	5,07 b	5,72 c
C1-calagem	0,215 a	0,234 b	0,193 b	8,58 ns	14,44 a	9,42 c
C1-N	0,045 b	0,113 b	0,049 b	5,84 ns	6,08 b	3,71 c
C1-P	0,092 b	0,114 b	0,060 b	1,98 ns	3,76 b	3,59 c
C1-K	0,168 b	0,194 b	0,188 b	5,34 ns	13,88 a	6,82 c
C2-Ca	0,151 b	0,219 b	0,145 b	8,74 ns	18,63 a	8,92 c
C2-Mg	0,156 b	0,206 b	0,173 b	7,50 ns	9,74 b	8,21 c
C1-S	0,304 a	0,401 a	0,332 a	22,43 ns	18,20 a	13,92 b
C1-Zn	0,140 b	0,199 b	0,105 b	10,34 ns	10,88 b	7,45 c
C1-B	0,100 b	0,157 b	0,093 b	5,12 ns	6,18 b	5,14 c

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

O maior teor de Ca foi encontrado nos tratamentos completo 2, completo 1 sem calagem, com limitação de K, Mg e S (TABELA 4). Existe um antagonismo entre cátions, em que o aumento da concentração de um cátion no

meio pode implicar a diminuição na absorção dos outros, o que explica altas concentrações de Ca nos tratamentos com limitação de Mg e K (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). O acúmulo de Ca foi maior no tratamento completo e no tratamento com limitação de S e o acúmulo de Ca, nos demais tratamentos, foi menor (TABELA 5).

O teor de Mg foi maior no tratamento com limitação de Ca (TABELA 4), o que é explicado pelo antagonismo entre estes nutrientes, de modo que a limitação de Ca favoreceu a absorção de Mg. Os maiores acúmulos de Mg ocorreram nos tratamentos completo 2, completo 1 menos calagem e com limitação dos nutrientes K, Ca e S.

Os teores de S foram semelhantes, para todos os tratamentos, indicando que a espécie é pouco exigente nesse nutriente, sendo assim, eficiente para crescer e absorver nutrientes em condições de solo semelhantes às apresentadas no trabalho, ou seja, 20,7 mg dm⁻³ de S. O acúmulo de S foi maior no tratamento completo 2, seguido do tratamento com limitação de S. Todos os demais tratamentos apresentaram acúmulo de S semelhantes (TABELA 5).

Nas análises de variância dos teores e acúmulos de micronutrientes, verificou-se efeito dos tratamentos apenas para B, Cu e Zn. No entanto, o teor de B e o acúmulo de Zn não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos no teste de Scott-Knott. As médias dos teores e dos acúmulos de micronutrientes estão apresentadas nas Tabelas 6 e 7.

Os tratamentos que apresentaram maior acúmulo de B foram o completo 2 e os tratamentos com limitação de K e S (TABELA 7). Para *Copaifera langsdorffii* (DUBOC et al., 1996) e *Eremanthus erythropappus* (VENTURIN et al., 2005), o maior teor de B foi encontrado no tratamento com omissão de N; para o *Handroanthus impetiginosus* foi nos tratamentos com omissão de N e K (SOUZA; VENTURIN; MACEDO, 2006) e, para o *Peltophorum dubium*, foi nos tratamentos com omissão de S, N e P (VENTURIN et al., 1999a).

Tabela 6 - Teor de micronutrientes na biomassa seca da parte aérea (BSPA) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.

Tratamento	Teor de micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (mg kg ⁻¹) -----				
Controle	42,78 ns	5,40 a	766,58 ns	56,02 ns	25,62 b
C1	40,38 ns	5,41 a	183,15 ns	109,50 ns	28,91 b
C2	34,05 ns	6,78 a	473,99 ns	244,41 ns	46,49 a
C1-N	42,50 ns	3,52 b	1.074,53 ns	34,74 ns	26,71 b
C1-P	42,55 ns	4,46 b	507,58 ns	100,55 ns	117,67 a
C1-K	49,35 ns	3,69 b	145,34 ns	144,84 ns	24,43 b
C1-calagem	31,78 ns	4,89 b	518,96 ns	303,45 ns	39,14 b
C2-Ca	35,68 ns	6,52 a	512,99 ns	164,85 ns	44,30 b
C2-Mg	42,00 ns	4,55 b	331,75 ns	119,83 ns	30,60 b
C1-S	37,67 ns	5,66 a	58,98 ns	90,39 ns	31,11 b
C1-Zn	38,25 ns	6,26 a	452,10 ns	198,16 ns	74,14 a
C1-B	30,66 ns	4,80 b	606,75 ns	159,58 ns	25,95 b

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

Tabela 7 - Acúmulo de micronutrientes na biomassa seca da parte aérea (BSPA) de mudas de *Dipteryx alata* submetidas a tratamentos com limitação de nutrientes.

Tratamento	Acúmulo de micronutrientes				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (mg planta ⁻¹) -----				
Controle	0,191 b	0,025 b	2,697 ns	0,256 ns	0,119 ns
C1	0,324 b	0,043 b	1,546 ns	0,772 ns	0,228 ns
C2	0,451 a	0,090 a	6,033 ns	3,139 ns	0,616 ns
C1-N	0,178 b	0,015 b	4,219 ns	0,138 ns	0,117 ns
C1-P	0,167 b	0,018 b	2,063 ns	0,397 ns	0,462 ns
C1-K	0,399 a	0,030 b	1,199 ns	1,243 ns	0,207 ns
C1-calagem	0,262 b	0,044 b	4,461 ns	2,710 ns	0,329 ns
C2-Ca	0,263 b	0,047 b	3,592 ns	1,359 ns	0,332 ns
C2-Mg	0,286 b	0,034 b	3,483 ns	1,211 ns	0,239 ns
C1-S	0,530 a	0,079 a	0,776 ns	1,291 ns	0,435 ns
C1-Zn	0,251 b	0,044 b	3,424 ns	1,329 ns	0,461 ns
C1-B	0,163 b	0,028 b	2,688 ns	1,063 ns	0,144 ns

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

O teor de Cu foi maior nos tratamentos com limitação de Ca, S e Zn e nos completos 1 e 2. Os maiores acúmulos de Cu foram observados nos tratamentos completo 2 e com limitação de S. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para o teor e o acúmulo dos nutrientes Mn e Fe.

O maior teor de Zn foi observado, no tratamento com limitação de P, não diferindo dos tratamentos completo 2 e com limitação de Zn. O acúmulo de Zn foi semelhante para todos os tratamentos.

3.2 Efeitos de níveis de calagem e doses de fósforo

As mudas de baru apresentaram comportamento diferenciado, em resposta aos diferentes níveis de calagem e P utilizados, conforme apresentado a seguir.

3.2.1 Crescimento das plantas

Na tabela 8, é apresentado o resumo das análises de variância para as características altura, diâmetro do coleto, peso da biomassa seca (da parte aérea, da raiz e total), relação raiz/parte aérea e índice de qualidade de Dickson das plantas de baru, em função de níveis de calagem e doses de P.

Tabela 8 - Resumo da Análise de variância para altura (A), diâmetro do coleto (D), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* em função de níveis de calagem e doses de P.

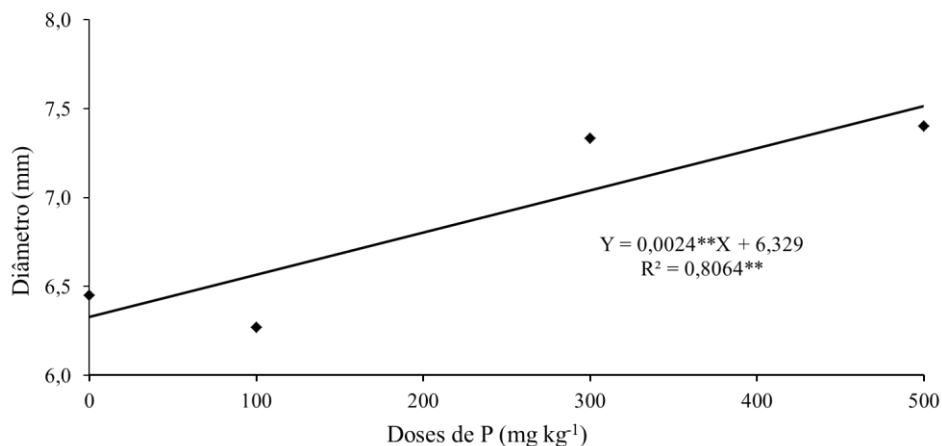
Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		A	D	BSPA	BSR	BST	R/PA	IQD
Calagem	3	28,76 ^{ns}	17,01 ^{**}	124,42 ^{**}	80,67 ^{**}	397,39 ^{**}	0,39 ^{ns}	33,17 ^{**}
Fosforo	3	23,81 ^{ns}	5,55 [*]	38,52 [*]	18,67 [*]	110,37 ^{**}	0,12 ^{ns}	7,42 [*]
CalxP	9	8,31 ^{ns}	2,16 ^{ns}	26,37 ^{**}	10,94 ^{ns}	64,97 [*]	0,22 ^{ns}	3,67 ^{ns}
Erro	48	11,70	1,73	9,23	5,57	25,32	0,16	2,35
CV (%)		17,56	19,13	42,50	43,18	39,89	49,66	50,10

^{**} significativo a 1% de probabilidade e ^{*} significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

3.2.1.1 Diâmetro do coleto e altura das plantas

Observa-se, na tabela 8, que o crescimento em altura das plantas não foi influenciado pela aplicação de calagem e doses de P. Já o diâmetro do coleto respondeu tanto para doses de P, quanto para níveis de calagem. No entanto, não foi verificada interação entre os dois fatores (calagem e P). Observou-se crescimento linear do diâmetro das mudas em resposta à aplicação de doses de P (FIGURA 3).

Figura 3 - Diâmetro do coleto (mm) em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.

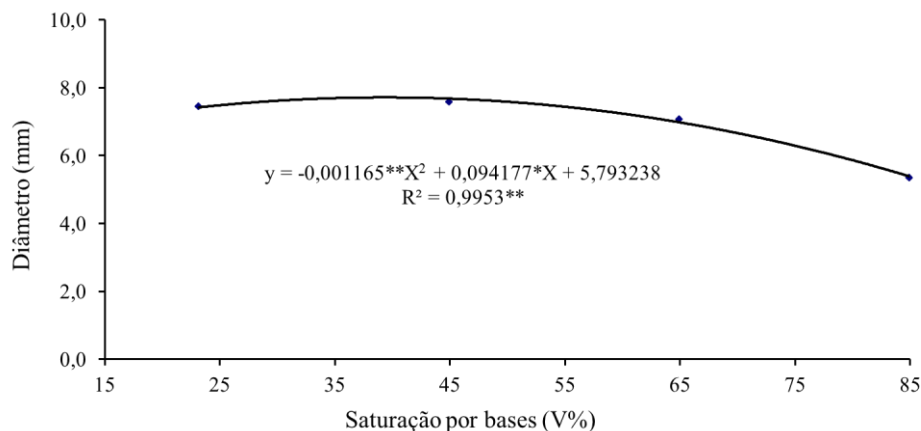


Sendo ** significativo a 1% e * a 5% de probabilidade.

Observou-se efeito quadrático da saturação por bases sobre o diâmetro das mudas, tendo como ponto máximo a saturação por bases de 40,4%, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURA 4). Apesar do ajuste quadrático, observando-se a tendência do gráfico, pode-se inferir que o baru suporta a calagem até, aproximadamente, V45%, respondendo, negativamente, a partir deste ponto.

Ulhôa (1997) não encontrou efeitos da aplicação de doses de P e de calagem no diâmetro de mudas de baru. No entanto, para altura das plantas, este autor observou um efeito prejudicial da calagem: com o aumento da dose de calagem levando a uma redução da altura das mudas de baru.

Figura 4 - Diâmetro do coleto (mm) em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



Sendo ** significativo a 1% e * a 5% de probabilidade.

Existem poucos estudos que investigam o efeito do P e da calagem no desenvolvimento de mudas de baru, contudo vários trabalhos têm sido realizados com outras espécies florestais. Assim, Macedo e Teixeira (2012), avaliando a nutrição de *Eugenia stipitata*, observaram efeito da aplicação das doses de P no diâmetro e não na altura das mudas; já os níveis de calagem influenciaram a altura das mudas e não o diâmetro.

Gomes et al. (2008) e Soares, Lima e Crisóstomo (2007), estudando, respectivamente, a nutrição de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) e de garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) MacBride), observaram que estas espécies respondem à aplicação de doses de P, tanto em altura quanto em diâmetro.

A resposta do mogno (*Swietenia macrophylla* King) à calagem e à adubação fosfatada foi objeto de diversos estudos. Deste modo, Silva et al. (2007) observaram que a calagem afetou, positivamente, o diâmetro de mudas de mogno, mas não foi capaz de afetar a altura. Santos et al. (2008) constataram que doses crescentes de P promovem aumentos no crescimento das mudas de

mogno em altura e diâmetro. No entanto, Silva et al. (2011) verificaram que o fornecimento de diferentes fontes de P, tanto na ausência como na presença de calagem, não proporcionou ganhos significativos em diâmetro, mas proporcionou em altura. Já Tucci et al. (2011) observaram que a adição de doses crescentes de P ao substrato não contribuíram, de forma significativa, para o aumento dos parâmetros biométricos altura e diâmetro nas mudas de mogno.

Gomes et al. (2004), estudando o angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), observaram que a resposta em altura à adubação fosfatada foi distinta entre os diferentes níveis de calagem, sendo ela quadrática, para a saturação por bases de 40 e 60%, e as doses de P, que proporcionaram 90% da produção máxima, para estas duas saturações, foram de 127 e 126 mg kg⁻¹ de P, respectivamente. No entanto, estes mesmos autores, na mesma espécie, verificaram que, para o diâmetro do coleto, houve resposta quadrática à aplicação de P apenas no nível de 40% de saturação por bases.

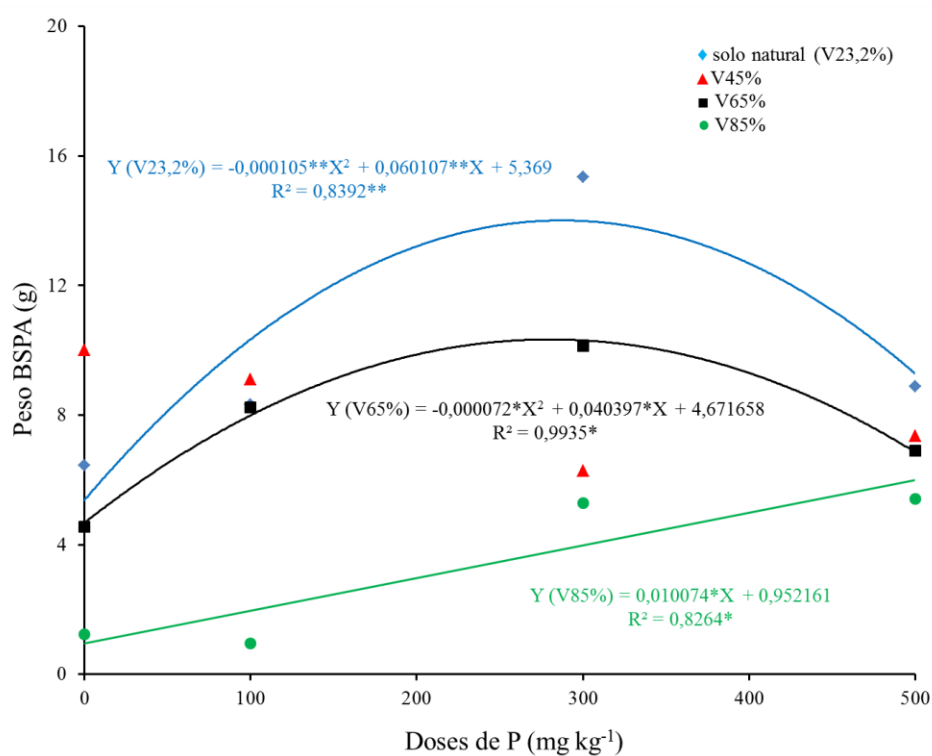
Silva et al. (2008), estudando a resposta de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn) à aplicação de doses crescentes de calagem, observaram que a espécie respondeu, positivamente, à aplicação de calcário em altura e diâmetro do coleto.

3.2.1.2 Produção de biomassa seca

A análise de variância mostrou efeito da interação níveis de calagem e doses de P para peso da biomassa seca da parte aérea (BSPA). O desdobramento da análise de regressão está apresentado na Figura 5. No solo natural (V23,2%) e na saturação por bases de 65%, verificou-se efeito quadrático das doses de P sobre a BSPA. As saturações por bases de 23,2 e 65% apresentaram maior produção de BSPA nas doses 286,2 e 280,5 mg kg⁻¹ de P, respectivamente. Já, na saturação por bases de 85%, verificou-se crescimento linear da BSPA em resposta a aplicação crescente de doses de P. Na saturação por bases de 45%,

não foi possível encontrar modelos matemáticos (linear ou quadrático) que se ajustassem à resposta da BSPA às doses de P aplicadas. Ulhôa (1997) observou, em mudas de baru, queda da produção de BSPA com o aumento dos níveis de calagem.

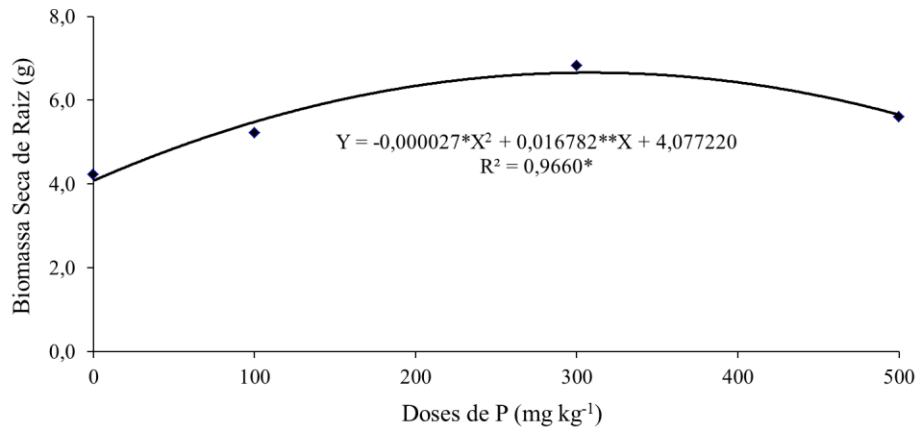
Figura 5 - Biomassa Seca da Parte Aérea (BSPA) em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Verificou-se resposta da biomassa seca da raiz (BSR), para níveis de calagem e doses de P, mas não houve interação entre elas. Na análise de regressão, observa-se efeito quadrático das concentrações de P sobre BSR, tendo como ponto máximo a dose 310,8 mg kg⁻¹ de P (FIGURA 6).

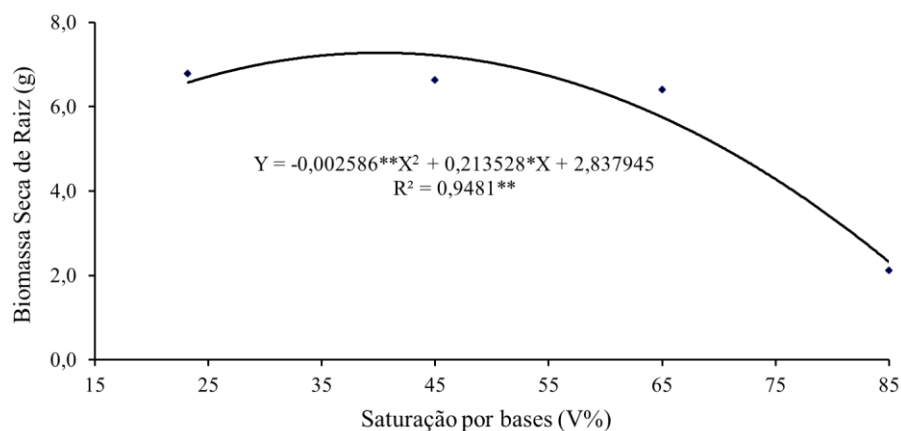
Figura 6 - Biomassa seca de raiz (BSR) em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Também foi observado efeito quadrático da calagem sobre BSR, tendo como ponto máximo a saturação por bases de 41,3% (FIGURA 7). No entanto, apesar do efeito quadrático, observando-se o gráfico, pode-se inferir que o baru suportou a calagem até determinado ponto, respondendo, negativamente, a partir daí. Assim, Ulhôa (1997), estudando a resposta de mudas de baru à calagem, verificou que o maior peso de BSR ocorreu, nos tratamento sem calagem, com resposta linear decrescente, ou seja, à medida que se aumentava a dose de calagem ocorria a redução da BSR.

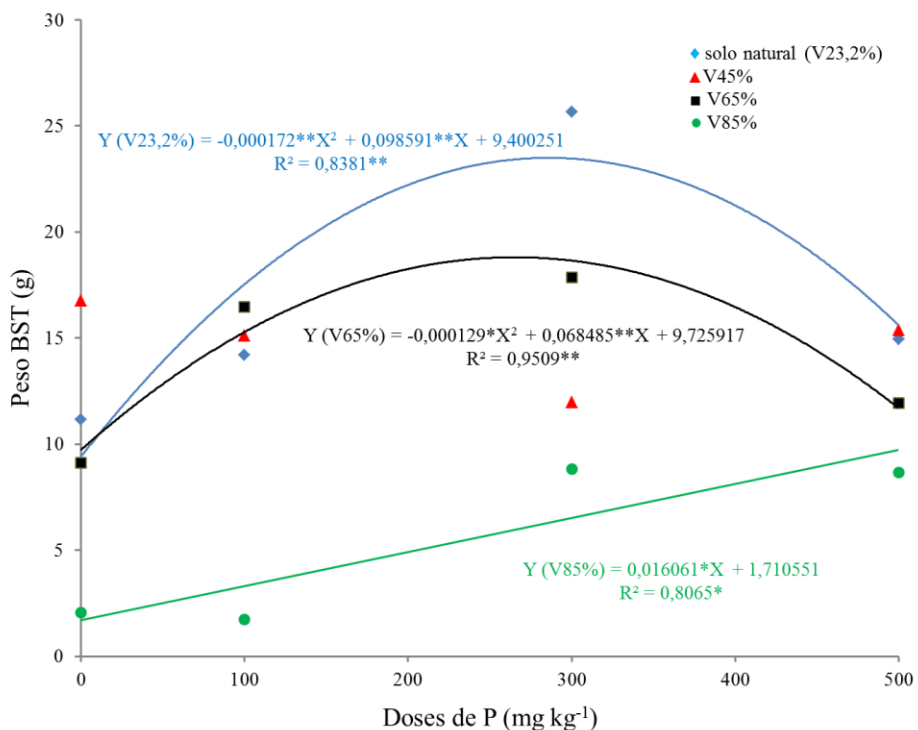
Figura 7 - Biomassa seca de raiz (BSR) em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

A análise de variância mostrou efeito de interação entre níveis de calagem e doses de P para biomassa seca total (BST). O desdobramento da análise de regressão está apresentado na Figura 8. No solo natural (V23,2%) e na dose necessária, para elevar a saturação por bases a 65%, verificou-se efeito quadrático das doses de P sobre a BST. As saturações por bases de 23,2 e 65% apresentaram como melhores doses de P, respectivamente, 286,6 e 265,4 mg kg⁻¹ de P. Já, na saturação por bases de 85%, verificou-se crescimento linear da BST. Na saturação por bases de 45%, não foi possível encontrar modelo linear ou quadrático que se ajustasse ao peso da BST das mudas em resposta às doses de P aplicadas.

Figura 8 - Biomassa Seca Total (BST) em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Embora os estudos com baru sejam incipientes, diversos trabalhos têm estudado a produção de biomassa seca de mudas de espécies florestais em resposta à calagem e/ou à adubação fosfatada. Assim, Fernandes et al. (2007), estudando a resposta de mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) a doses de P, constataram que a produção de massa seca da parte aérea e total das mudas aumentaram, linearmente, com as doses de P.

O ganho de biomassa de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), em resposta a níveis de calagem e P, também, foi estudado por diversos autores. Assim, Silva et al. (2007) observaram que a calagem afetou, positivamente, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca

total e relação parte aérea/raiz de mudas de mogno. Com relação à adubação fosfatada, Silva et al. (2011) constataram que o fornecimento de diferentes fontes de P, tanto na presença como na ausência de calagem, não proporcionou ganhos significativos em biomassa seca da parte aérea e da raiz nas mudas de mogno. Do mesmo modo, Tucci et al. (2011) observaram que a adição de doses crescentes de P ao substrato não contribuíram, de forma significativa, para o aumento biomassa seca da parte aérea e da raiz de mudas de mogno. No entanto, Santos et al. (2008) verificaram que houve resposta das plantas de mogno às doses crescentes de P para matéria seca das raízes, parte aérea e total.

Soares, Lima e Crisóstomo (2007), estudando a resposta de mudas de gravioleira a doses crescentes de P, verificaram que as características matéria seca da parte aérea, das raízes e total, apresentaram respostas positivas à adubação fosfatada, visto que, a partir de 60 mg kg^{-1} de P_2O_5 , os incrementos dessas características foram de pequena magnitude.

Já Silva et al. (2008) observaram que mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn) responderam à aplicação de calcário em matéria seca da parte aérea, raiz e total.

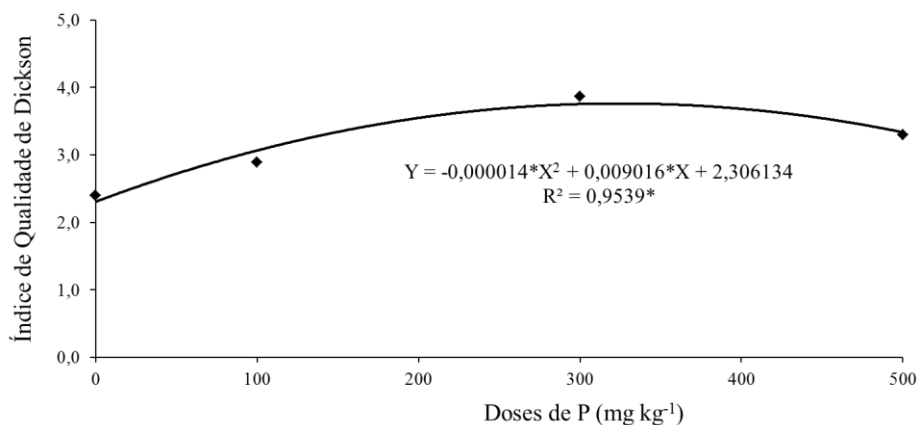
3.2.1.3 Relação R/PA e Índice de Qualidade de Dickson

A relação raiz/parte aérea (R/PA) não foi influenciada pelos níveis de calagem e de P. No entanto, Silva et al. (2011), estudando mudas de mogno, obtiveram resposta positiva da relação R/PA a doses crescentes de P. Mas, Tucci et al. (2011) relatam que, para esta mesma espécie, doses crescentes de P não contribuíram para o aumento da relação R/PA, mesmo para um solo com teor de P disponível de 1 mg dm^{-3} . Gomes et al. (2004), trabalhando com angico-branco, verificaram que a relação R/PA das mudas apresentou comportamento bem distinto, nos diferentes níveis de saturação por bases estudados, com as equações de regressão ajustadas variando entre modelos raiz cúbico ($V=24\%$), raiz

quadrático (40%) e linear negativo (V=50, 60 e 70%), sendo os maiores valores médios obtidos entre as doses de 0 e 100 mg kg⁻¹ de P.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) respondeu, significativamente, para doses de P e saturação por bases, mas não houve interação entre calagem e P. Observou-se, também, efeito quadrático das concentrações de P sobre o IQD, tendo como ponto máximo a dose 322 mg kg⁻¹ de P (FIGURA 9).

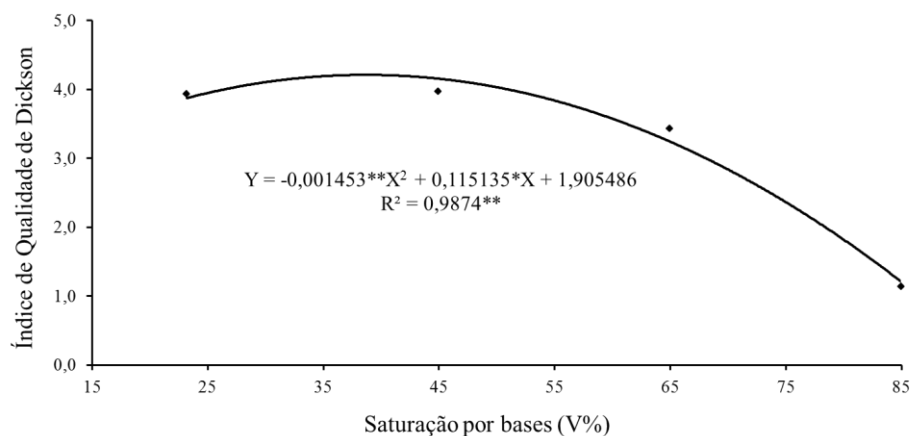
Figura 9 - Índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Também, foi observado efeito quadrático da saturação por bases sobre o IQD, tendo como ponto máximo a saturação por bases de 39,6% (FIGURA 10). Apesar do ajuste quadrático, observando-se o gráfico, pode-se inferir que o baru não responde à calagem até o ponto de inflexão da curva, respondendo, negativamente, a partir deste ponto.

Figura 10 - Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

3.2.2 Nutrição mineral das plantas

O teor e o acúmulo de macro e micronutrientes nas mudas de baru apresentaram comportamento diferenciado, conforme apresentado a seguir.

3.2.2.1 Teor de nutrientes

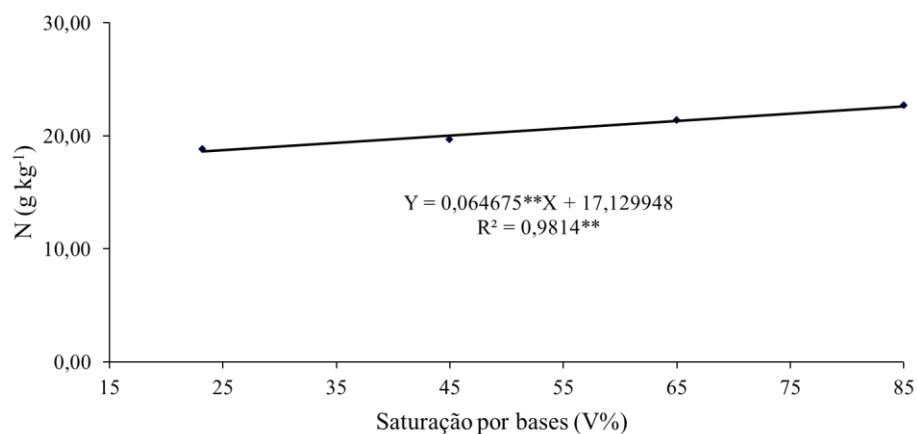
A análise de variância, para os teores de N e B, foi realizada considerando o delineamento de tratamentos do tipo fatorial com fatores aninhados, uma vez que, para estes dois nutrientes, os níveis de P não são os mesmos dentro de cada nível de calagem. Isto ocorreu, porque o volume de biomassa seca da parte aérea de alguns tratamentos não permitiu a análise do teor dos elementos N e B, impossibilitando, assim, o uso do delineamento de tratamentos do tipo fatorial cruzado, como realizado para o teor dos demais nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn).

Verificou-se que a aplicação de diferentes níveis de calagem não apresentou efeito significativo sobre os teores de P, Ca e Mg das plantas. Ulhôa (1997), também, não observou efeito das doses de calcário sobre o teor de P de

mudas de baru, no entanto, verificou que a aplicação de doses crescentes de calagem resultou em aumento dos teores de Ca e Mg. Teixeira e Macedo (2011), em estudo com *Rollinia mucosa*, também, não encontraram, para os teores de P e Ca, resposta à aplicação de doses crescentes de calagem, mas encontraram efeito significativo sobre os teores de Mg.

Verificou-se crescimento linear do teor de N, em resposta à aplicação de doses crescentes de calagem (FIGURA 11), fato justificado pelo efeito de diluição, em decorrência da menor produção de matéria seca da parte aérea nos tratamentos com maiores níveis de calagem.

Figura 11 - Teor de N em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



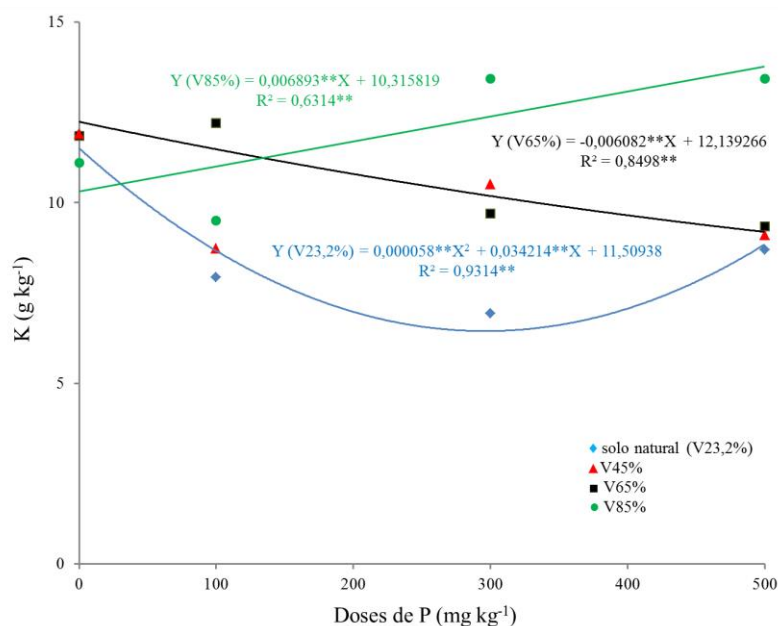
Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Contudo, os resultados encontrados são divergentes dos observados por Ulhôa (1997), que verificou, também em mudas de baru, uma redução do teor de N com o aumento dos níveis de calagem. De acordo com Sousa, Miranda e Oliveira (2007), a calagem aumenta a disponibilidade de N no solo, pois aumenta a atividade biológica do solo (fixação biológica de N_2 e colonização de fungo micorrízicos) e promove maior mineralização da matéria orgânica. Mas, a

mineralização da matéria orgânica não pode ser uma explicação, para os teores crescentes de N neste experimento, pois ele foi conduzido, em casa de vegetação, em um solo pobre em matéria orgânica.

Verificou-se interação entre as doses de P e de calagem para os teores de K (FIGURA 12). O teor de K, na parte aérea das plantas, mostrou-se maior nos tratamentos com os maiores níveis de calagem, o que pode ser explicado pelo efeito de diluição, já que estes tratamentos tiveram um menor crescimento. Entretanto, os resultados, apresentados por Ulhôa (1997), foram divergentes destes, com decréscimo do teor de K nas mudas de baru em resposta ao aumento dos níveis de calagem. De acordo com Sousa, Miranda e Oliveira (2007), a calagem não interfere na disponibilidade de K do solo.

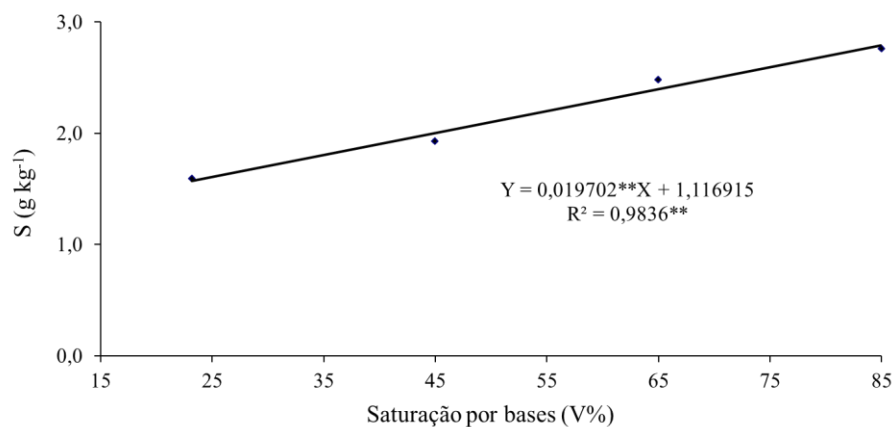
Figura 12 - Teor de K em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

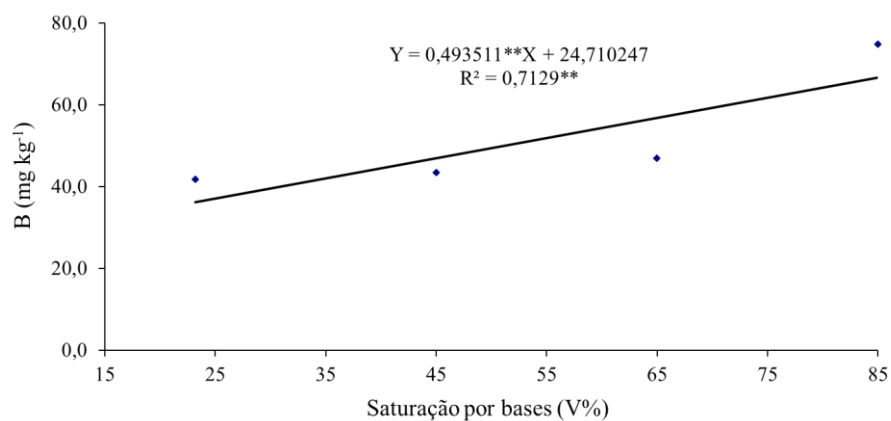
Observa-se, na Figura 13, que o teor de S, na parte aérea das plantas, foi influenciado, linearmente, pelas doses crescentes de calagem, o que, também, pode ser explicado pelo efeito de diluição.

Figura 13 - Teor de S em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



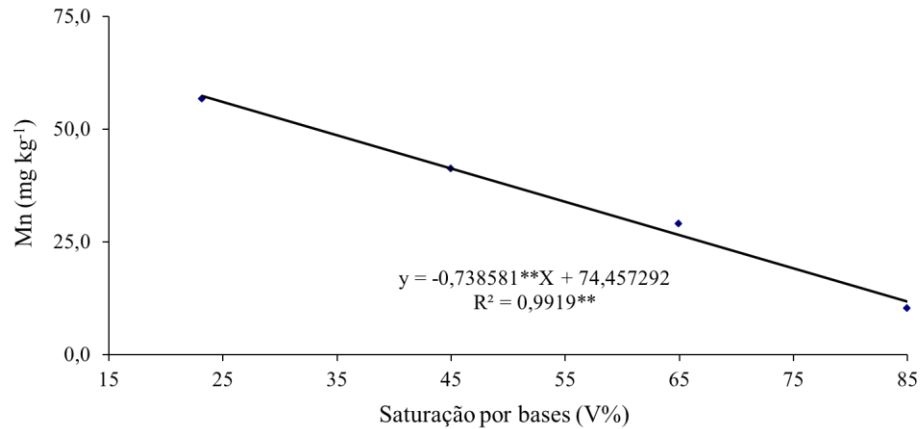
Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Os teores dos micronutrientes Cu, Fe e Zn, na parte aérea das plantas, não foram influenciados pelos diferentes níveis de calagem. Já o B apresentou resposta linear e positiva à aplicação de doses crescentes de calagem (FIGURA 14).

Figura 14 - Teor de B em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.

Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

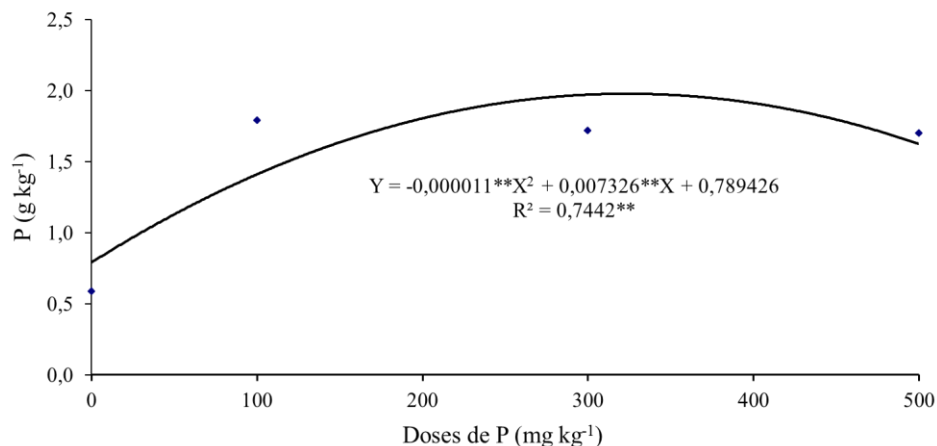
O teor de Mn foi afetado, negativamente, pelos níveis de calagem, apresentando um ajuste linear decrescente (FIGURA 15). Possivelmente, as concentrações de Ca e Mg, nestes tratamentos, podem ter inibido a absorção de Mn pela planta. De acordo com Abreu, Lopes e Santos (2007) e Dechen e Nachtigall (2006), altas concentrações de Ca e Mg inibem a absorção de Mn pelas plantas, independentemente, do seu conteúdo na solução do solo.

Figura 15 - Teor de B em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.

Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Não foi verificado efeito das doses de P nos teores de N, Mg e S das mudas de baru. Mas, observou-se ajuste quadrático do teor de P, em resposta a doses crescentes de P, tendo como ponto máximo a dose 333,0 mg kg⁻¹ de P (FIGURA 16). Ulhôa (1997) observou maior teor de P, no tratamento com a dose mais alta deste elemento, mas destaca que não há uma diferença grande entre os valores dos teores de P, nas plantas das duas doses que testou, concluindo que, provavelmente, o baru apresenta baixo requerimento deste elemento.

Figura 16 - Teor de P em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

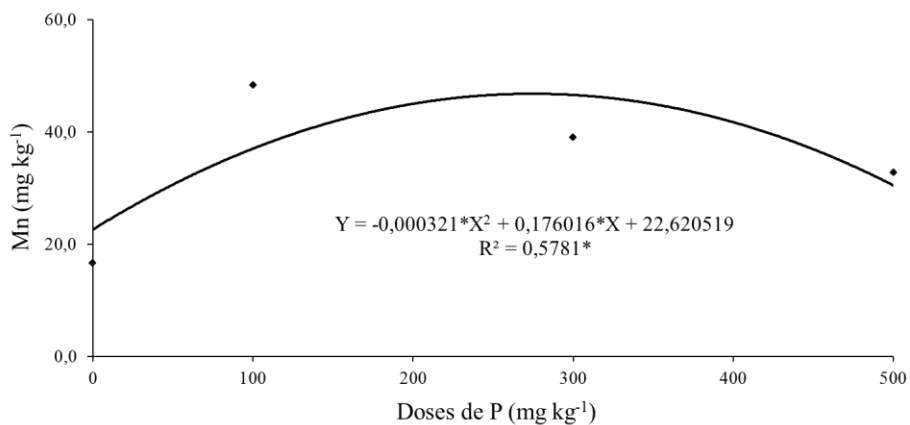
Aumentos nos teores de P, em razão da fertilização crescente com P, foram constatados em mudas de diferentes espécies florestais: freijó (*Cordia goeldiana* Huber) (FERNANDES et al., 2007); aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), paineira (*Chorisia speciosa* St. Hill.) e jambolão (*Syzygium jambolanum* Lam.) (FERNANDES et al., 2000); albizia (*Albizia lebbek* (L.) Benth) (FARIA et al., 1995a); angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) (FARIA et al., 1995b); e seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) (MARQUES, 1990).

Resende et al. (2000) estudaram o efeito da adubação fosfatada sobre a nutrição mineral de nove espécies florestais arbóreas, sendo cinco pioneiras – aroeira (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.), aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e Sesbânia (*Sesbania virgata* Merril) – e quatro clímax – guanandi (*Calophyllum brasiliensis* Camb.), ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e óleo balsamo (*Myroxylon peruiferum* L.f.). Neste estudo, observou-se que as espécies

pioneiras, de crescimento mais rápido, foram bastante influenciadas pela disponibilidade de P, apresentando maior acúmulo de macronutrientes na parte aérea, e sensíveis alterações nos teores foliares e na eficiência de utilização desses nutrientes. No entanto, as espécies clímax mostraram menor resposta ao fornecimento de P, comportamento que foi associado à menor taxa inicial de crescimento dessas espécies.

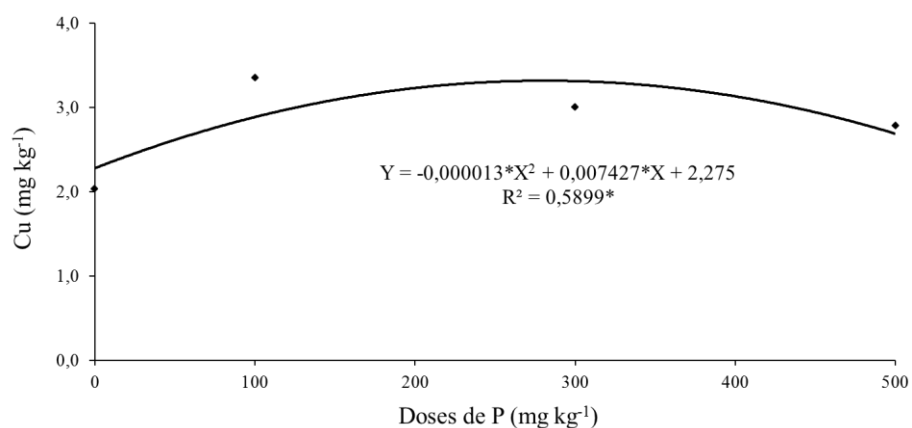
Verificou-se efeito das concentrações de P sobre os teores de Mn, Zn e Cu. Na análise de regressão, observou-se efeito quadrático destas concentrações sobre os teores de Mn e Cu, tendo como pontos máximos, respectivamente, as doses 274,2 e 285,7 mg kg⁻¹ de P (FIGURAS 17 e 18). No entanto não foi possível encontrar modelos matemáticos (linear ou quadrático) que se ajustassem à resposta do teor de Zn às doses de P aplicadas.

Figura 17 - Teor de Mn em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Figura 18 - Teor de Cu em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.



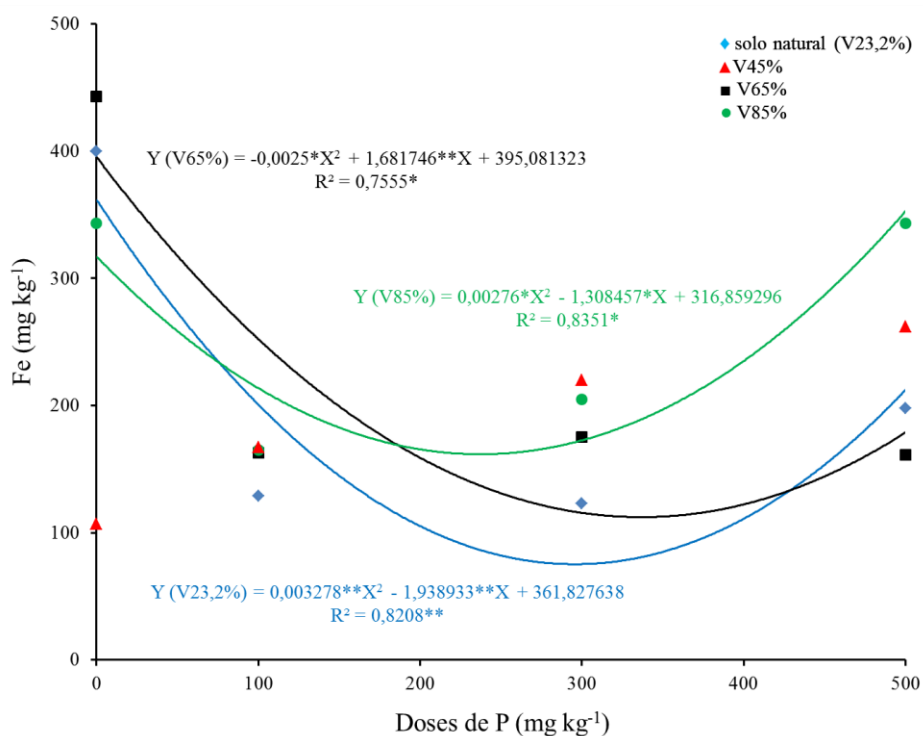
Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Para a variável teor de Fe, ocorreu interação entre as doses de P e de calagem. O desdobramento das doses de P, dentro dos níveis de calagem, encontra-se na Figura 19. No solo natural (V23,2%) e nas doses necessárias, para elevar a saturação por bases a 65 e a 85%, verificou-se efeito quadrático das doses de P sobre o teor de Fe. As saturações por bases de 23,2; 65 e 85% apresentaram os menores teores de Fe, respectivamente, nas doses 295,7; 336,3 e 237,0 mg kg⁻¹ de P. Na saturação por bases de 45%, não foi possível encontrar modelo matemático (linear ou quadrático) que se ajustasse ao teor de Fe das mudas em resposta às doses de P aplicadas.

Este efeito pode ser explicado, parcialmente, pela reação de precipitação do Fe³⁺ com o fosfato, formando compostos de menor solubilidade, o que, segundo Nunes et al. (2004), reduz o fluxo de difusão do Fe no solo, podendo, assim, também, diminuir a absorção deste elemento pela planta. O crescimento do teor de Fe, após o ponto de inflexão da curva, pode ser explicado pelo efeito de diluição, ocorrido por causa da menor produção de BSPA nos tratamentos com doses mais elevadas de P. Da mesma forma, Soares, Lima e Crisóstomo

(2007) verificaram que o teor de Fe, na parte aérea de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.), reduziu com o aumento das doses de P.

Figura 19 - Teor de Fe em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

3.2.2.2 Acúmulo de nutrientes

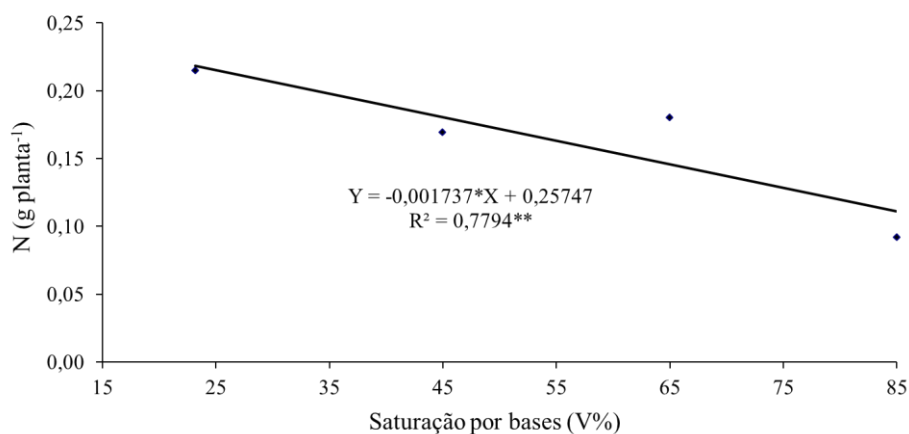
O acúmulo de nutrientes, na parte aérea das mudas, foi determinado multiplicando-se o teor de cada nutriente pela biomassa seca da parte aérea. A análise de variância, para os acúmulos de N e B, foi realizada, considerando o delineamento de tratamentos do tipo fatorial com fatores aninhados, uma vez que, para estes dois nutrientes, os níveis de P não são os mesmos dentro de cada

nível de calagem. Isto ocorreu, porque o volume de BSPA de alguns tratamentos não permitiu a análise do teor dos nutrientes N e B, impossibilitando, assim, o uso do delineamento de tratamentos do tipo fatorial cruzado, como realizado para o acúmulo dos demais nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn).

Houve efeito significativo dos níveis de calagem e das doses de P sobre o acúmulo de macro e micronutrientes, exceto para o B, que apresentou efeito significativo apenas para doses de P. A interação entre as doses de P e níveis de calagem foram significativas ($p < 0,05$) para os acúmulos de K, S, Cu e Mn. O desdobramento das doses de P, dentro dos níveis de calagem, também, foi significativo para o acúmulo de N e B.

Verificou-se efeito linear decrescente dos níveis de calagem sobre o acúmulo de N (FIGURA 20). Ulhôa (1997), também, observou, em mudas de baru, uma tendência de redução do acúmulo de N com o aumento das doses de calcário.

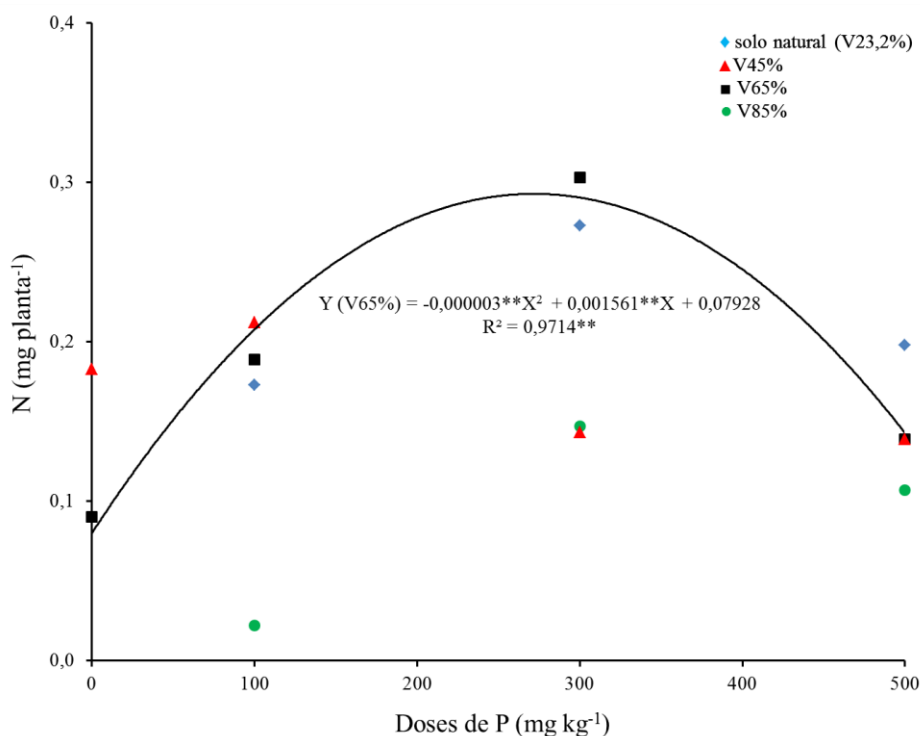
Figura 20 - Acúmulo de N em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Na Figura 21, está representado o desdobramento da análise de regressão para o acúmulo de N. Na saturação por bases de 65%, verificou-se efeito quadrático das doses de P sobre o acúmulo de N, com o maior acúmulo obtido na dose de 260,2 mg kg⁻¹ de P. Nos demais níveis de calagem (solo natural, V45% e V85%) não foi verificado efeito de doses crescentes de P sobre o acúmulo de N.

Figura 21 - Acúmulo de N em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P dentro de níveis de calagem.

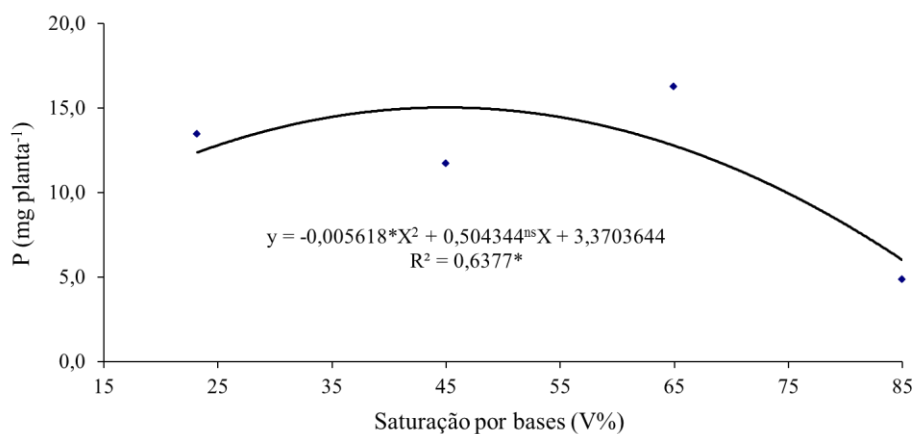


Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Observou-se efeito quadrático calagem sobre o acúmulo de P, tendo como ponto máximo a saturação por bases de 44,9%, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURA 22). Embora tenha ocorrido um ajuste

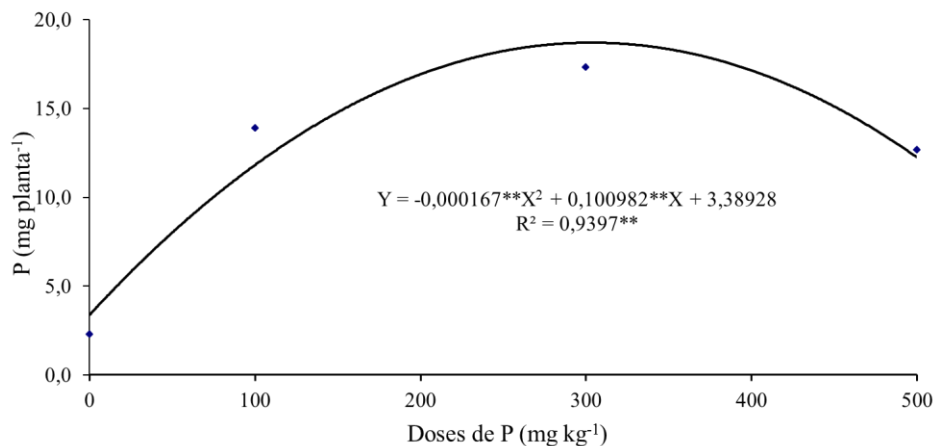
quadrático, observando-se o gráfico, pode-se inferir que o baru não responde à calagem até o ponto de inflexão da curva, respondendo, negativamente, a partir deste ponto.

Figura 22 - Acúmulo de P em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

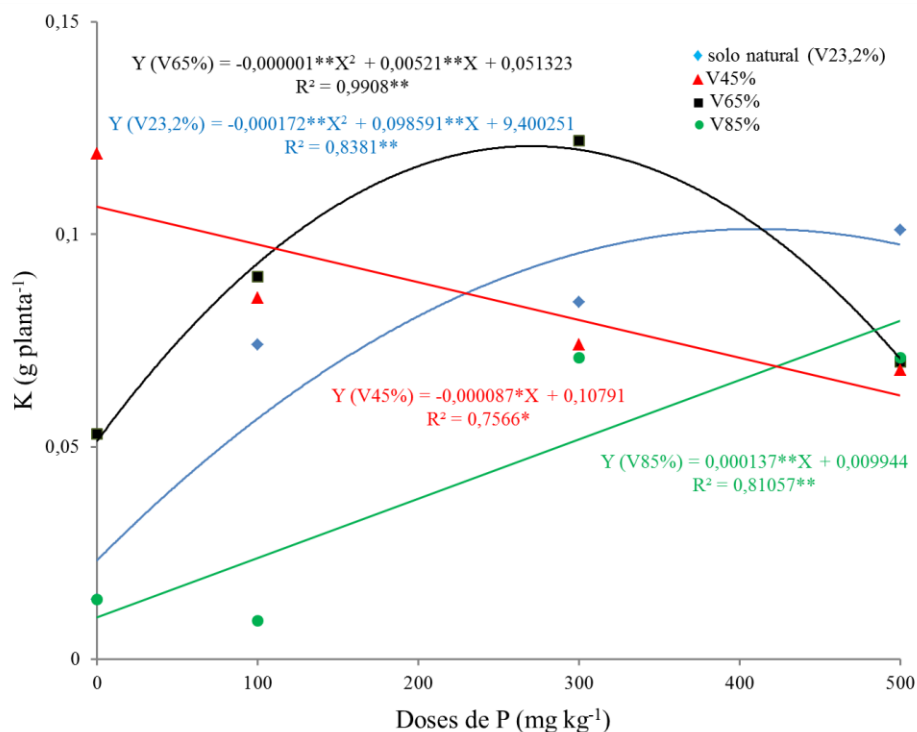
Verificou-se, também, efeito quadrático das doses de P sobre o acúmulo de P, com o maior acúmulo apresentado pela dose de 302,3 mg kg⁻¹ de P, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURA 23).

Figura 23 - Acúmulo de P em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.

Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

A análise de variância mostrou efeito da interação níveis de calagem e doses de P para o acúmulo de K. O desdobramento da análise de regressão está apresentado na Figura 24. No solo natural (V23,2%) e na saturação por bases de 65% verificou-se efeito quadrático das doses de P sobre o acúmulo de K, com os maiores acúmulos obtidos, respectivamente, nas doses de 293,5 e 260,5 mg kg⁻¹ de P. Nos demais níveis de calagem (V45% e V85%), foi verificado ajuste linear, sendo ele decrescente em V45% e crescente em V85%.

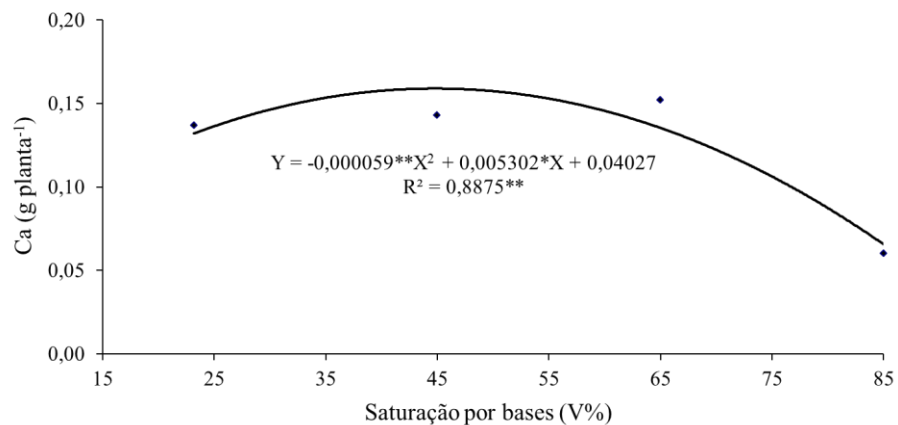
Figura 24 - Acúmulo de K em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

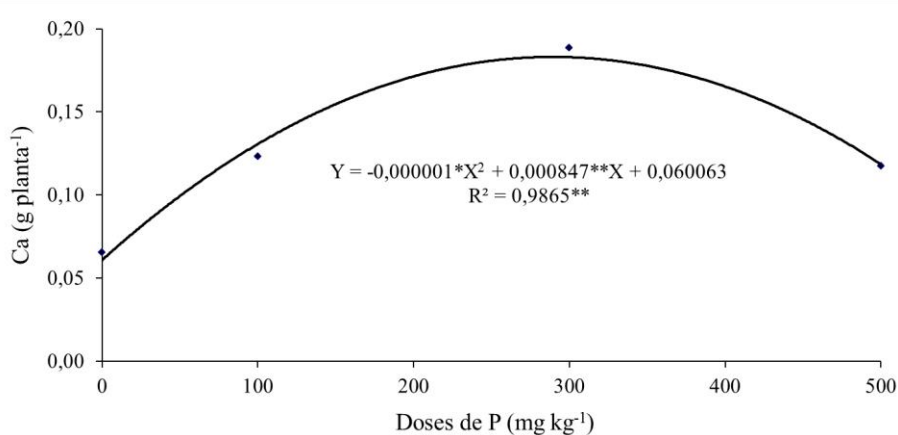
O acúmulo de Ca respondeu à aplicação de doses crescentes de P e de calagem, mas não houve interação entre eles. Observou-se efeito quadrático da saturação por bases sobre o acúmulo de Ca, tendo como ponto máximo a saturação por bases de 44,9%, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURA 25). Apesar deste ajuste quadrático, ao observar-se o gráfico, pode-se inferir que o baru não respondeu à calagem até o ponto de inflexão da curva, respondendo, negativamente, a partir deste ponto. Também, foi verificado efeito quadrático das doses de P sobre o acúmulo de Ca, com o maior acúmulo apresentado pela dose de 423,5 mg kg⁻¹ de P, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURA 26).

Figura 25 - Acúmulo de Ca em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Figura 26 - Acúmulo de Ca em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.



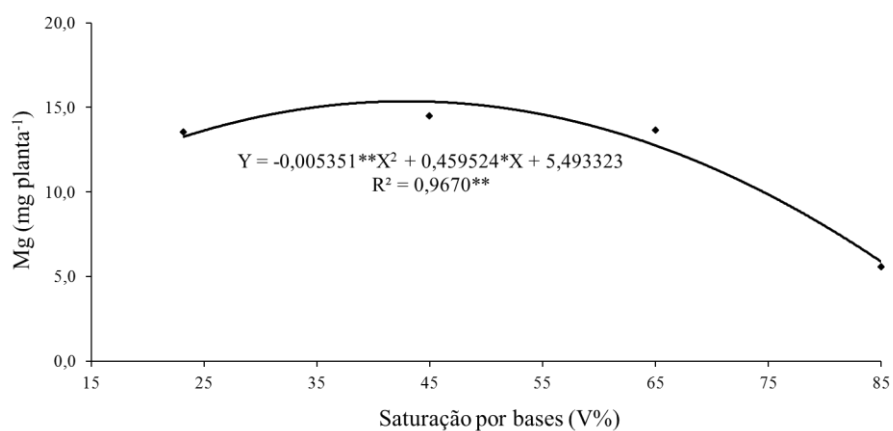
Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Verificou-se efeito da aplicação de doses crescentes de P e de calagem no acúmulo de Mg, mas sem interação entre elas. A resposta foi quadrática, para a aplicação de calagem, tendo como ponto máximo a saturação por bases de 42,9%, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURA 27). No

entanto, observando-se a tendência do gráfico, pode-se inferir que o baru não respondeu à calagem até o ponto de inflexão da curva, respondendo, negativamente, a partir deste ponto.

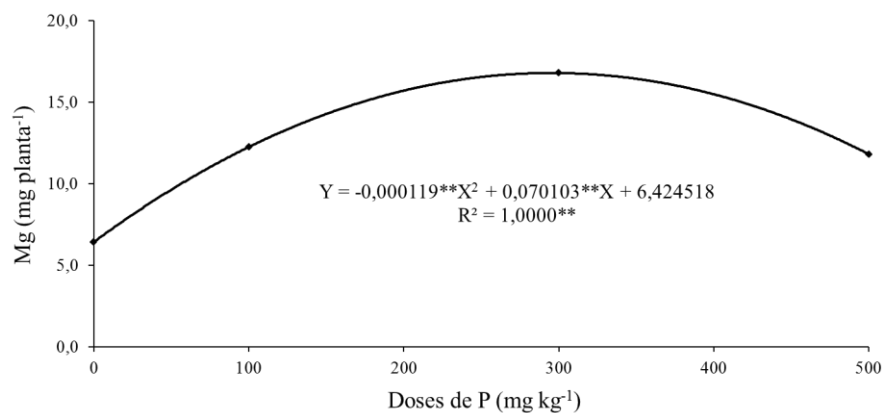
A resposta, também, foi quadrática para as doses de P, com o maior acúmulo de Mg apresentado pela dose de 294,6 mg kg⁻¹ de P, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURA 28).

Figura 27 - Acúmulo de Mg em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

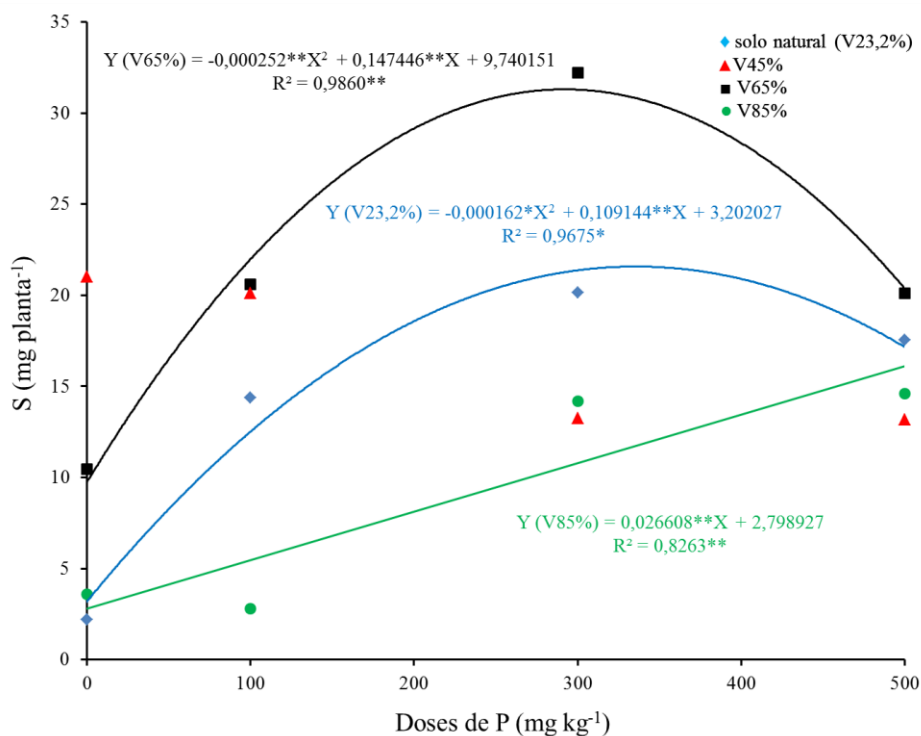
Figura 28 - Acúmulo de Mg em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

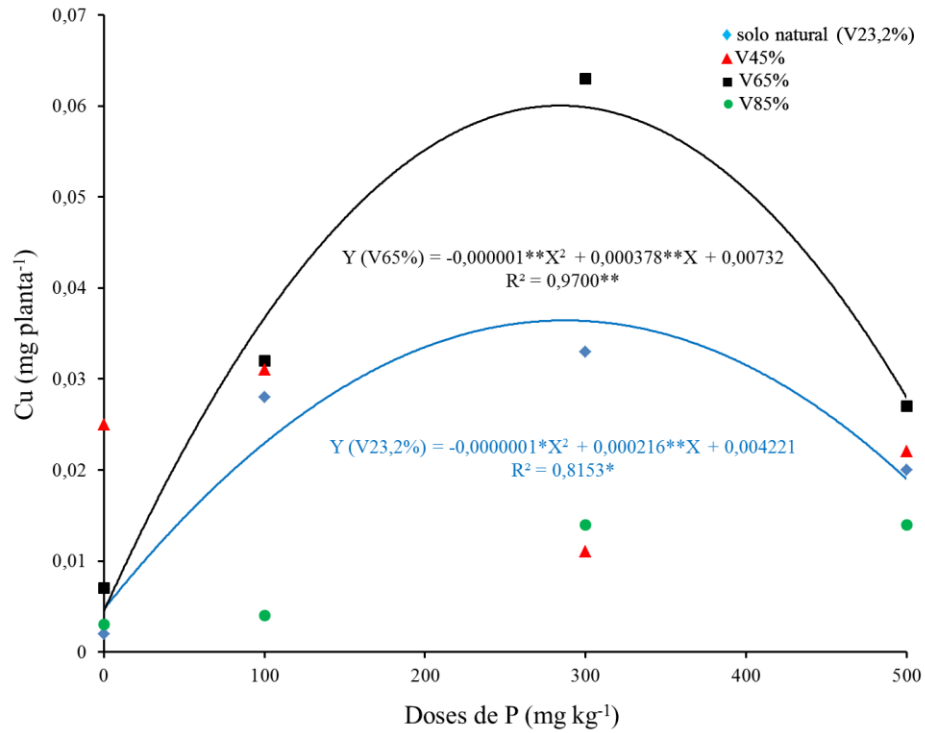
Observou-se efeito da interação níveis de calagem e doses de P para o acúmulo de S. O desdobramento da análise de regressão está apresentado na Figura 29. No solo natural (V23,2%) e na saturação por bases de 65%, verificou-se efeito quadrático das doses de P, sobre o acúmulo de S, com os maiores acúmulos obtidos, respectivamente, nas doses de 336,9 e 292,6 mg kg⁻¹ de P. Na saturação por bases de 85%, foi verificado ajuste linear crescente. Na saturação por bases de 45%, não foi verificada diferença entre as doses de P.

Figura 29 - Acúmulo de S em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.



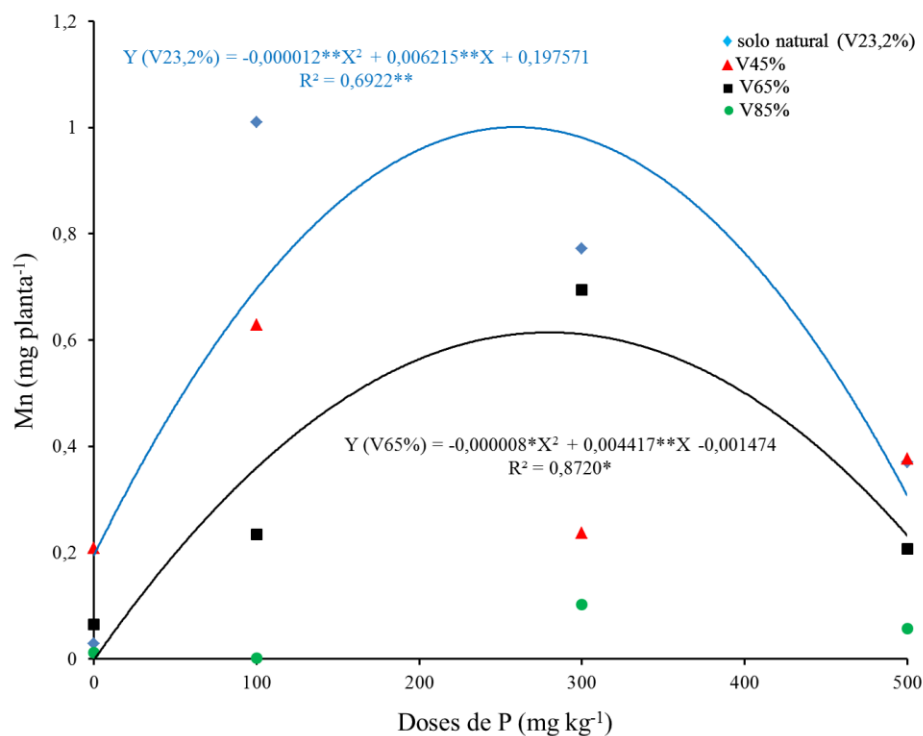
Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Observou-se efeito da interação níveis de calagem e doses de P para os acúmulos de Cu e Mn. Os desdobramentos das análises de regressão estão apresentados nas Figuras 30 e 31. No solo natural (V23,2%) e na saturação por bases de 65%, verificaram-se efeitos quadráticos das doses de P sobre os acúmulos de Cu e de Mn. No entanto, nas saturações por bases de 45 e 85%, não foram verificados efeitos das doses de P sobre os acúmulos de Cu e Mn.

Figura 30 - Acúmulo de Cu em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.

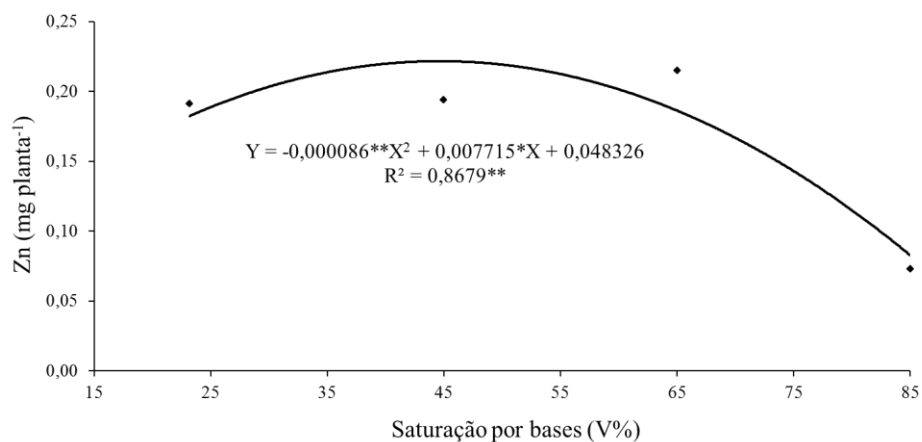
Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Figura 31 - Acúmulo de Mn em mudas de *Dipteryx alata* em função de calagem e doses de P.

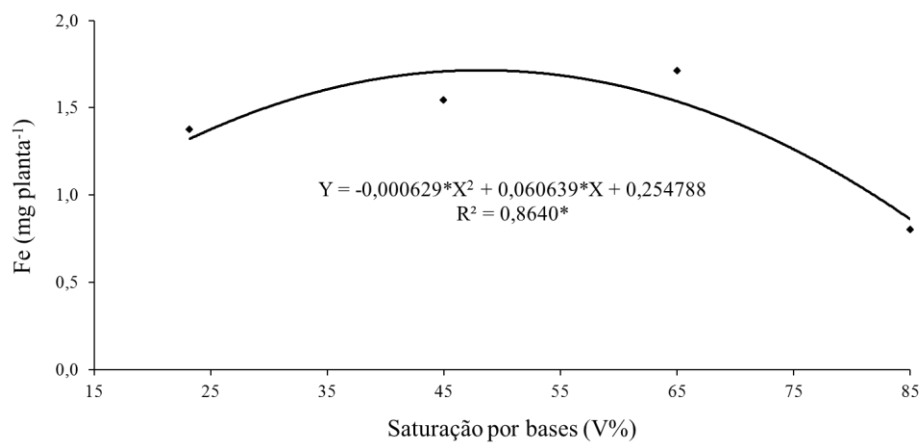


Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Os acúmulos de Zn e Fe responderam à aplicação de doses crescentes de P e de calagem, mas não houve interação entre calagem e doses de P no acúmulo destes elementos. Observaram-se efeitos quadráticos da calagem sobre os acúmulos de Zn e Fe, tendo como pontos máximos, respectivamente, as saturações por bases de 44,8 e 48,2%, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURAS 32 e 33). Também, foi verificado efeito quadrático das doses de P sobre o acúmulo de Zn, com o maior acúmulo apresentado pela dose de 256,7 mg kg⁻¹ de P, ocorrendo tendência depressiva a partir deste ponto (FIGURA 34). Já o acúmulo de Fe apresentou ajuste linear crescente (FIGURA 35).

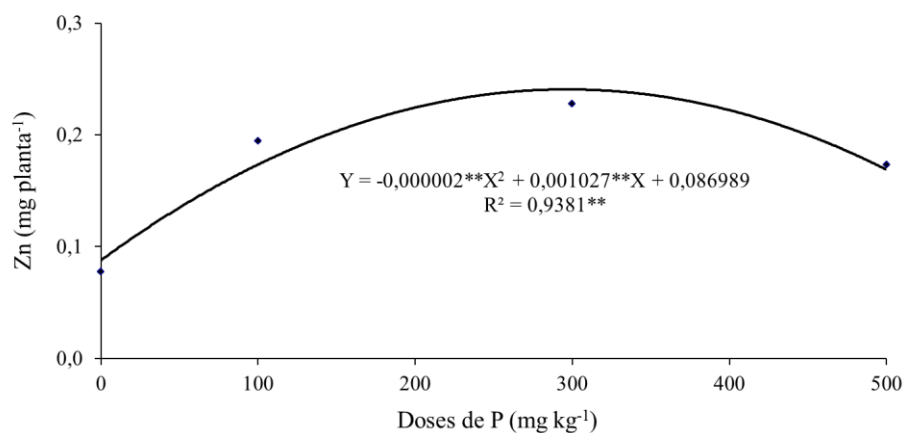
Figura 32 - Acúmulo de Zn em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.

Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Figura 33 - Acúmulo de Fe em mudas de *Dipteryx alata* em função da calagem.

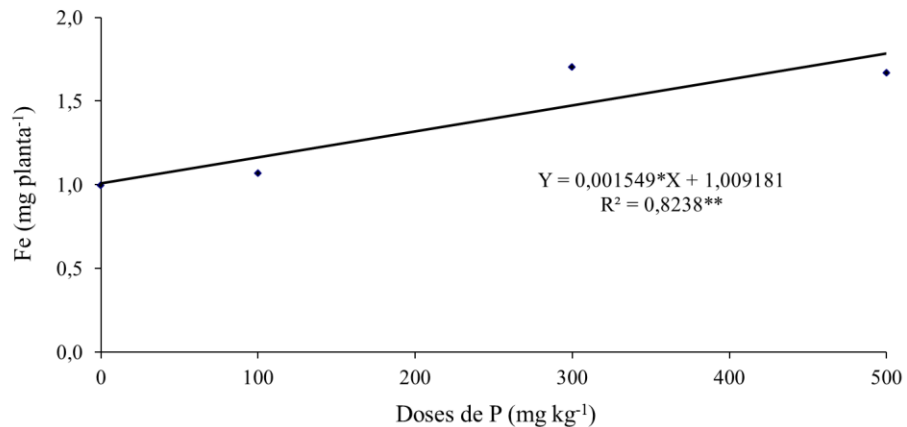
Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Figura 34 - Acúmulo de Zn em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Figura 35 - Acúmulo de Fe em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P.

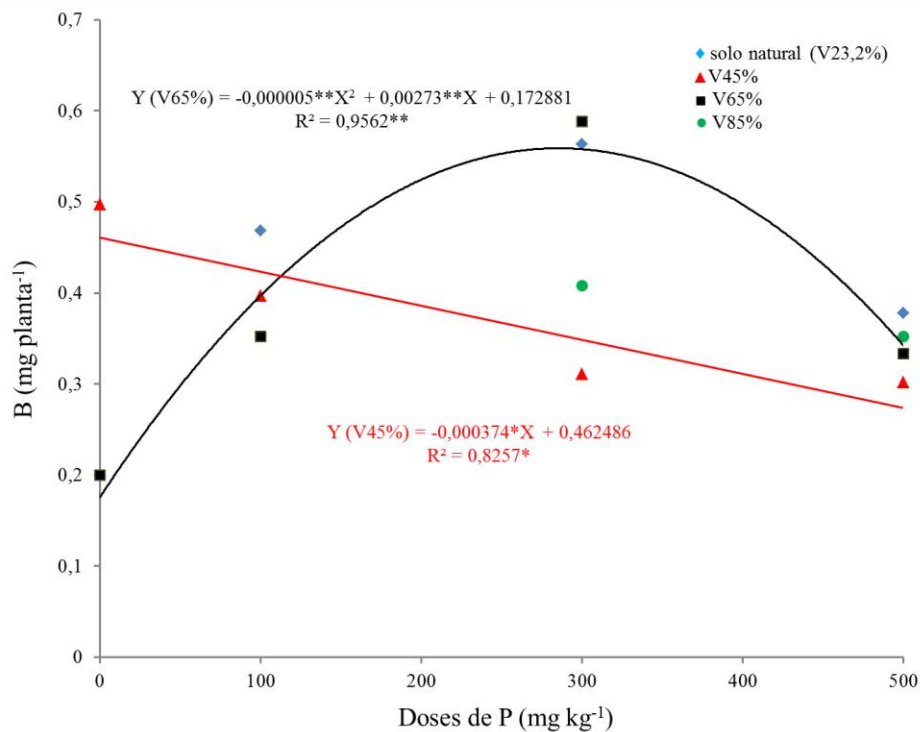


Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Não foi verificado efeito dos níveis de calagem no acúmulo de B. No entanto, a análise de variância demonstrou que houve diferença significativa entre as doses de P desdobradas dentro dos níveis de calagem (FIGURA 36). Na saturação por bases de 45%, verificou-se efeito linear decrescente das doses de P

sobre o acúmulo de B e, na saturação por bases de 65%, o ajuste foi quadrático, com o maior acúmulo obtido na dose de 273,0 mg kg⁻¹ de P. Nos demais níveis de calagem (solo natural e V85%), não foi verificado efeito das doses de P sobre o acúmulo de B.

Figura 36 - Acúmulo de B em mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de P dentro de níveis de calagem.



Sendo ** significativo a 1% e * 5% de probabilidade.

Apesar dos estudos com baru serem incipientes, diversos autores analisaram, em outras espécies florestais, o acúmulo de nutrientes em resposta à aplicação de calcário e P. Assim, Macedo e Teixeira (2012) avaliaram o efeito de diferentes doses de calcário e P, no crescimento e na composição mineral de mudas de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh) e constataram que houve

efeito significativo das doses de calcário e das doses de P sobre o acúmulo de macro e micronutrientes, exceto para o Cu. Soares, Lima e Crisóstomo (2007), avaliando o efeito de diferentes doses de P, no crescimento e na composição mineral de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.), também, observaram efeito significativo no acúmulo de todos os macronutrientes.

Silva et al. (2007) constataram que, em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), a adição de corretivo ao substrato influenciou, positivamente, a absorção de N, P, K, Ca, Mg e Mn, porém teve efeito negativo sobre o conteúdo de Fe; para o Cu e o Zn, não houve efeito significativo. Do mesmo modo, Silva et al. (2008) observaram que os conteúdos de nutrientes, na parte aérea de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn), foram superiores nos tratamentos com calagem em comparação à ausência de calagem, exceto para o Cu, que resultou em efeito negativo e, para o Fe e Zn, cuja absorção não foi influenciada.

Já Teixeira e Macedo (2011), estudando o efeito de doses de calcário e P em mudas de biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Bail), observaram efeito significativo das doses de calcário apenas para os acúmulos de K e Mg e das doses de P apenas para os acúmulos de Ca e Zn.

3.3 Efeitos de doses de nitrogênio

O crescimento das mudas de *Dipteryx alata* não foi afetado pela aplicação de doses crescentes de N. Verificou-se, nos resultados encontrados que, para as sete características estudadas, não houve diferença entre os tratamentos (TABELA 9). Resultados semelhantes foram verificados por Cruz et al. (2011), na produção de mudas de *Senna macranthera*, em que a aplicação de N não promoveu efeito significativo no crescimento e qualidade das mudas desta espécie. E, também, por Tucci et al. (2011), na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), em que o fornecimento de doses crescentes de N

não proporcionou ganhos significativos em nenhuma das variáveis que avaliou (altura, diâmetro, biomassa seca da parte aérea e da raiz e relação raiz/parte aérea).

Tabela 9 - Resumo da Análise de variância para altura (A), diâmetro do coleto (D), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de N.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		A	D	BSPA	BSR	BST	R/PA	IQD
Nitrogênio	06	12,27 ^{ns}	2,19 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,54 ^{ns}	4,18 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Erro	28	23,21	1,12	1,24	1,83	5,49	0,42	0,25
CV (%)		27,80	19,37	68,40	41,40	47,84	27,68	37,84
\bar{X} geral ¹		17,32	5,47	1,63	3,27	4,90	2,34	1,32

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. ¹as unidades das médias são: altura (cm), diâmetro (mm), BSPA, BSR e BST (g).

Resultados contrários aos observados neste estudo foram apresentados por diversos autores: Cruz, Paiva e Guerrero (2006), Gonçalves et al. (2008) e Marques et al. (2006a, 2006b, 2009) os quais observaram respostas positivas à aplicação de N em plantas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Dalbergia nigra*, *Samanea inopinata*, *Anadenathera macrocarpa* e *Piptadenia gonoacantha*, respectivamente.

Os resultados obtidos demonstram que o baru, no seu primeiro ano de desenvolvimento, é pouco exigente em N. Isso se deve, provavelmente, ao tamanho da semente e ao alto teor de nutrientes presentes nela, o que torna a planta pouco dependente dos nutrientes do solo nesta fase. Segundo Furtini et al. (2000), espécies que apresentam sementes com maiores tamanho e peso possuem maior conteúdo de compostos de reserva para atender à demanda por nutriente na etapa inicial de crescimento. A espécie *Dipteryx alata*, também,

apresenta crescimento inicial lento (MARTINOTTO et al., 2012), o que pode contribuir para a pequena exigência nutricional nesta fase.

3.4 Efeitos de doses de potássio

O resumo da análise de variância, para as sete características estudadas, encontra-se na Tabela 10. Observa-se que o crescimento das mudas de baru não foi afetado pela aplicação de doses crescentes de K. Resultados semelhantes foram obtidos por Cruz et al. (2011), na produção de mudas de *Senna macranthera*, em que se verificou pouca resposta da espécie à aplicação de K. Tucci et al. (2011), também, constaram que a adição de K no solo não afetou, de forma significativa, o desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* quanto aos seguintes parâmetros biométricos: altura, diâmetro, biomassa seca da raiz e relação raiz/parte aérea; mas afetou a produção de biomassa seca da parte aérea.

Tabela 10 - Resumo da Análise de variância para altura (A), diâmetro do coleto (D), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca da raiz (BSR), biomassa seca total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Dipteryx alata* em função de doses de K.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		A	D	BSPA	BSR	BST	R/PA	IQD
Potássio	06	17,03 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Erro	28	22,62	1,14	1,19	1,68	5,17	0,21	0,28
CV (%)		22,47	17,40	44,98	32,57	35,46	25,56	33,42
\bar{X} geral ¹		21,16	6,14	2,43	3,98	6,41	1,78	1,59

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. ¹as unidades das médias são: altura (cm), diâmetro (mm), BSPA, BSR e BST (g).

Os resultados obtidos demonstram que o baru, em sua fase inicial de crescimento, é pouco exigente em K. Segundo Furtini Neto et al. (2000), espécies que apresentam sementes com maiores tamanho e peso possuem maior

conteúdo de compostos de reserva para atender à demanda por nutriente em sua etapa inicial de crescimento. As sementes do baru apresentam alto teor de nutrientes (VALILLO; TAVARES; AUED, 1990), o que, provavelmente, torna a planta menos dependente dos nutrientes do solo e explicaria a baixa demanda por nutrientes. O baru, também, apresenta um crescimento inicial lento (MARTINOTTO et al., 2012) o que, também, pode contribuir para a pequena exigência nutricional nesta fase.

4 CONCLUSÕES

- a) O baru apresenta baixo requerimento de B e S;
- b) O baru responde, negativamente, à calagem;
- c) O baru responde à adubação fosfatada e, com base nos dados de biomassa seca total, a dose que proporcionou maior produção foi $286,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ($0,57 \text{ t ha}^{-1}$) de P na ausência de calagem;
- d) O crescimento das mudas de baru não foi alterado pelo fornecimento de doses crescentes de N e K.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- ANDRADE, A. C. S. et al. C - substrato, temperatura de germinação e desenvolvimento pós-seminal de sementes de *Dipteryx alata*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 517-523, mar. 2006.
- BLEVINS, D. G. An overview of nitrogen metabolism in higher plants. In: POULTON, J. E.; ROMEO, J. T.; CONN, E. E. (Ed.). **Plant nitrogen metabolism**. New York: Plenum, 1989. p. 234-256.
- BRAGA, F. A. et al. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 18-32, 1995.
- CARLOS, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 13-21, jan./mar. 2014.
- CARLOS, L. et al. Growth and mineral nutrition in seedlings of jacarandá-da-bahia subjected to nutrient deprivation. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 107-116, jan./mar. 2015.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p. 45-75.
- CRUZ, C. A. F. et al. Resposta de mudas de *Senna macranthera* cultivadas em argissolo vermelho-amarelo a macronutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 63-76, jan./mar. 2011.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 537-546, jul./ago. 2006.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 328-352.

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

DUBOC, E. et al. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo copaíba). **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 31-47, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186 p.

FARIA, M. P. et al. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio: I., *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 293-307, jul./set. 1995a.

FARIA, M. P. et al. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio: II., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 4, p. 433-446, out./dez. 1995b.

FERNANDES, A. R. et al. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e de zinco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 599-608, jul./ago. 2007.

FERNANDES, L. A. et al. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, jun. 2000.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FREIRE, J. C. et al. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solo da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 5-8, 1980.

FURTINI NETO, A. E. et al. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 352-379.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1985. 466 p.

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 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GOMES, K. C. O. et al. Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 387-394, maio/jun. 2008.

GOMES, K. C. O. et al. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 785-792, nov./dez. 2004.

GONÇALVES, E. O. et al. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1029-1040, nov./dez. 2008.

JACKSON, M. L. **Análise química de solos**. 2. ed. Barcelona: Omega, 1970. 662 p.

MACEDO, S. T.; TEIXEIRA, P. C. Calagem e adubação fosfatada para formação de mudas de araçá-boi. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 3, p. 405-412, set. 2012.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

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

MARQUES, L. S. et al. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J. F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 81-91, jan./fev. 2009.

MARQUES, R. **Efeito do fósforo e zinco na nutrição e crescimento de portaenxertos de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.)**. 1990. 110 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1990.

MARQUES, T. C. L. S. M. et al. Exigências nutricionais do paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 167-183, jul./dez. 2004.

MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 77-85, maio/ago. 2006a.

MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 725-735, set./out. 2006b.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic, 1995. 674 p.

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.

MCCLUNG, A. C. et al. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. **Bragantia**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 29-44, nov. 1958.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.

NUNES, F. N. et al. Fluxo difusivo de ferro em solos sob influência de doses de fósforo e de níveis de acidez e umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 423-429, maio/jun. 2004.

PRITCHETT, W. L. **Propriets and manegement of forest soils**. New York: J. Wiley, 1979. 500 p.

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

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

RESENDE, A. V. et al. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 160-173, jan./fev. 2000.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 34, p. 279-406, 1981.

SANTOS, R. A. et al. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 3, p. 453-458, 2008.

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

SILVA, A. R. M. et al. Efeitos de doses crescentes de calcário na produção de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 295-302, 2008.

SILVA, D. S. N. **Nutrição mineral do Baru (*Dipteryx alata* Vogel) em solução nutritiva: calagem e adubação fosfatada no campo**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVA, E. B.; GONÇALVES, N. P.; PINHO, P. J. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em latossolo vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 55-59, jan./mar. 2005.

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.

SOARES, I.; LIMA, S. C.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e composição mineral de mudas de gravioleira em resposta a doses de fósforo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 4, p. 343-349, out./dez. 2007.

SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 256 p.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

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

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 216-252.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNRN, H. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim Técnico, 5).

TEIXEIRA, P. C.; MACEDO, S. T. Calagem e fósforo para a formação de mudas de biribazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 54, n. 3, p. 259-266, set./dez. 2011.

TUCCI, C. A. F. et al. Desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 471-490, jul./set. 2011.

ULHÔA, M. L. **Efeitos 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 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

VALILLO, M. I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto de cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.): caracterização do óleo e da semente. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, p. 115-125, 1990.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropapus* (DC.) Mcleish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 211-219, 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. 1999a.

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, 1999b.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 34 p. (Boletim Técnico, 7).

VIETS JUNIOR, F. G.; LINDSAY, W. L. Testing soils for zinc, Cooper, manganese and iron. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 329-488.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, p. 29-38, 1934.

CAPÍTULO 3 ADUBAÇÃO DE BARU (*Dipteryx alata* Vog.) EM CAMPO

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o crescimento inicial no campo de *Dipteryx alata* sob níveis de calagem, P e N. Foram instalados três experimentos, dois (doses de P e calagem) na fazenda experimental da EPAMIG e um (doses de N) na Fazenda Muquém da UFLA, todos em Lavras, MG. Calagem: foi avaliada a resposta em crescimento e em sobrevivência do baru, a doses de calcário visando elevar a saturação por bases (V%) para 6,7 (solo natural), 35, 55, 75%, em delineamento experimental de blocos ao acaso. Doses de P: foi avaliada a resposta do baru em crescimento e em sobrevivência, na ausência e nas doses de 26,67; 53,34; 106,67 e 213,36 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, em delineamento experimental de blocos ao acaso. Doses de N: foi avaliada a resposta do baru em crescimento e em sobrevivência, na ausência e nas doses de 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, em delineamento experimental quadrado latino. Foram avaliadas nestes experimentos: a sobrevivência das mudas no campo (%), a altura das plantas (cm) e diâmetro do caule na altura do solo (mm). Nos experimentos de calagem e doses de P, as avaliações foram realizadas seis, 12, 18, 24 e 30 meses após o plantio e, no experimento de doses de N, seis, 12 e 18 meses após o plantio. Depois da análise dos dados, concluiu-se que, de maneira geral, não houve resposta das plantas de baru à aplicação de fosforo e à calagem e que houve influência negativa da aplicação de doses elevadas de N no crescimento e na sobrevivência da espécie.

Palavras-chave: Espécie florestal. Cumaru. Calagem. Nitrogênio. Fósforo.

CHAPTER 3 Baru fertilization in field

ABSTRACT

This work was conducted with the objective of evaluating the initial growth, in field, of *Dipteryx alata* under levels of liming, P and N. We installed three experiments, two (doses of P and liming) at the EPAMIG experimental farm, and one (doses of N) at the Fazenda Muquém, belonging to UFLA, all located in Lavras, Minas Gerais, Brazil. Liming: we evaluated the response concerning growth and survival of baru, liming doses, aiming at increasing base saturation (V%) to 6.7 (natural soil), 35, 55, 75%, in an experimental design of randomized blocks. Doses of P: we evaluated the response of baru concerning growth and survival, in the absence and doses of 26.67, 53.34, 106.67 and 213.36 kg ha⁻¹ of P₂O₅, in the form of simple superphosphate, in a randomized blocks design. Doses of N: we evaluated the response of baru concerning growth and survival, in the absence and doses of 30, 60, 120 and 240 kg ha⁻¹ of N, in the form of urea, in a Latin square experimental design. In these experiments, the survival of seedlings in the field (%), plant height (cm) and diameter at soil level (mm) were evaluated. In the experiments of liming and doses of P, the evaluations were conducted six, 12, 18, 24 and 30 months after planting and, in the experiment of doses of N, six, 12 and 18 months after planting. In conclusion, generally, there was no response of the baru plant to the application of phosphorus and liming, and there was negative influence of the application of elevated doses of N over growth and survival of the species.

Keywords: Forest species. Cumaru. Liming. Nitrogen. Phosphorus.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é uma savana, localizada na região central do país, entre a Amazônia e a Mata Atlântica (NERI et al., 2012; PINHEIRO; MONTEIRO, 2010). Este bioma apresenta alta riqueza biológica, com grande número de plantas e animais endêmicos. Estima-se que a flora do Cerrado possua mais de 11 mil espécies diferentes de plantas (FORZZA et al., 2010) e, conforme tem sido demonstrado por diversas pesquisas, uma grande parte destas espécies apresenta potencial para o aproveitamento econômico.

No entanto, as formações nativas do Cerrado estão sendo intensamente degradadas, sofrendo com a ação do homem, seja pela supressão para implantação de culturas agrícolas ou de pastagens, para a retirada de madeira, seja pelo desconhecimento e pequena valorização de seu potencial econômico, além do descumprimento da legislação ambiental. Deste modo, é cada vez mais necessário o aprimoramento de tecnologias adequadas e compatíveis que possibilitem, no bioma Cerrado, o uso racional e a restauração de sua vegetação.

A *Dipteryx alata*, conhecida popularmente como baru, cumbaru e cumaru, é uma espécie arbórea da família Fabaceae-Faboideae que ocorre, naturalmente, no bioma Cerrado e que é promissora para cultivo, por causa de seu uso múltiplo, alta taxa de germinação de sementes e de estabelecimento de mudas (SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004). Segundo Hering (1978), o baru, também, é uma espécie indicada para a recuperação de áreas degradadas, pois apresenta bom crescimento, baixa exigência de adubação e de manutenção e alta produção de massa foliar. Outra característica que torna o baru uma espécie promissora, para o uso em programas de recuperação de áreas degradadas, é o fato de ser uma das poucas espécies que apresentam frutos com polpa carnosa, durante a estação seca no bioma Cerrado, sendo espécie importante para alimentação da fauna nessa época (SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004). Mas,

pouco ou nada se sabe sobre seus aspectos silviculturais, principalmente, sobre suas necessidades nutricionais e sua resposta à adubação em campo.

Segundo Gonçalves (1995), as recomendações de adubação devem ser definidas, em nível regional, para as espécies e tipos de solo mais representativos, envolvendo experimentação de campo, que devem ter por objetivo estabelecer classes de fertilidade do solo e de resposta às adubações. Segundo o mesmo autor, as características e a quantidade de adubos a serem aplicados dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos e de fatores de ordem econômica.

Tendo em vista a necessidade de se encontrar a melhor adubação para o baru (*Dipteryx alata* Vog.), este trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento da espécie no campo sob diferentes níveis de calagem, P e N.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados três experimentos em campo, com o propósito de avaliar o desenvolvimento das mudas de *Dipteryx alata* submetidas a diferentes níveis de calagem, de P e de N.

2.1 Localização dos experimentos

Os experimentos de calagem e de doses de P foram instalados na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Unidade do Farias, nas coordenadas geográficas 21°21'29''S e 45°06'52''W, em Cambissolo Háplico Tb distrófico típico – CXbd. E o experimento de doses de N foi instalado, na Fazenda Muquém (UFLA), nas coordenadas geográficas 21°12'13''S e 44°59'10''W, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico – LVAd (SILVA; SANTOS; MARQUES, 2014). As duas áreas estão situadas no município de Lavras/MG. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o Cwa (temperado com inverno seco) com, aproximadamente, cinco meses secos. A precipitação local média é de 1530 mm anuais, temperatura média anual de 19,4°C e a umidade relativa média anual de 76,2% (BRASIL, 1992; DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Os solos foram amostrados, na profundidade de 0 a 20 cm, analisados, segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997). De acordo com os resultados da análise (TABELA 1), foram definidas as práticas adotadas e as doses dos demais adubos para implantação.

Tabela 1 - Características químicas e físicas das amostras de solos das duas áreas antes do plantio de baru (*Dipteryx alata* Vog.), em Lavras, MG.

Atributos	CXbd ¹	LVAAd ²
pH (H ₂ O)	4,7	5,1
P (mg/dm ³)	2,6	0,6
K (mg/dm ³)	40,0	68,6
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,4	1,1
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,1	0,5
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	1,4	0,3
H + Al (cmol _c /dm ³)	7,87	5,64
SB (cmol _c /dm ³)	0,6	1,8
t (cmol _c /dm ³)	2,0	2,1
T (cmol _c /dm ³)	8,47	7,42
V (%)	6,7	23,9
m (%)	70,0	14,4
C orgânico (dag/kg)	2,7	2,7
P-rem (mg/L)	19,6	4,9
Zn (mg/dm ³)	0,5	18,0
Fe (mg/dm ³)	34,3	127,4
Mn (mg/dm ³)	1,9	7,6
Cu (mg/dm ³)	1,5	1,9
B (mg/dm ³)	0,3	0,2
S (mg/dm ³)	20,7	-
Areia (dag/kg)	10	33
Silte (dag/kg)	44	8
Argila (dag/kg)	46	59

¹CXbd = solo não adubado da Fazenda Experimental da EPAMIG; ²LVAAd = solo não adubado da Fazenda Muquém da UFLA.

2.2 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.

2.3 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 240 dias e foram levadas ao campo com altura média de 20,75 cm e diâmetro do coleto médio de 9,76 mm atendendo as recomendações propostas por Davide e Silva (2008). A adubação no viveiro consistiu na aplicação de 3 kg de osmocote (15-9-12 com liberação de 8 a 9 meses) por m³ de substrato. Foi utilizado o substrato comercial da marca Bioplant® com as seguintes características: pH 5,8; densidade 280 g L⁻¹ e umidade inicial de 55%. A adubação de cobertura seguiu a recomendação proposta por Gonçalves et al. (2005) e consistiu de 200 g de N e 150 g de K₂O dissolvidos em 100L de água aplicados em 10 000 mudas. A adubação foi realizada, semanalmente e o K foi aplicado intercalado entre as semanas.

2.4 Delineamento experimental e tratamentos

Foram instalados três experimentos distintos: níveis de calagem, doses de P e doses de N. Nos experimentos (exceto o de níveis de calagem, nos quais o calcário foi aplicado na cova), foi realizada calagem em área total utilizando-se calcário dolomítico, para elevação da saturação por bases a 60%, o calcário foi incorporado na camada de 0-20 cm de profundidade e, logo após, foram feitos os sulcos para demarcar o plantio. Realizou-se calagem, porque a implantação destes experimentos ocorreu antes da análise dos dados dos experimentos de casa de vegetação, cujos resultados sugerem que o baru responde, negativamente, à calagem.

A adubação básica dos experimentos (excetuando o nutriente de cada experimento de doses) seguiu as recomendações adaptadas de Gonçalves (1995), aplicando-se: 50 g de ureia, 40 g de P₂O₅, 50 g de KCl e 1 g de B, 1 g de Zn, 0,5g de Cu e 0,1g de Mo. O P foi aplicado na cova, os micronutrientes foram aplicados junto com a primeira cobertura, N e K foram aplicados em três

parcelas mensais (plantio, 30 e 60 dias). Foram utilizadas bordaduras no perímetro de todos os três experimentos.

2.4.1 Calagem

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro dosagens de calcário dolomítico e três blocos. Cada unidade experimental consistiu de uma parcela composta por duas linhas de plantio com espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre as plantas, num total de oito plantas por parcela.

Foi realizada a adubação básica, exceto calagem. Os tratamentos consistiram das dosagens de calcário que visavam elevar o V% 6,7 (natural), para 35, 55 e 75%. Utilizou-se calcário dolomítico com PRNT de 80% e com proporção Ca:Mg de, aproximadamente, 4:1, e as dosagens utilizadas foram 0; 1,27; 2,17 e 3,08 t ha⁻¹.

2.4.2 Doses de fósforo

No experimento com doses de P, foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco dosagens de P₂O₅ e três blocos. Cada unidade experimental consistiu de uma parcela composta por duas linhas de plantio com espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre as plantas, num total de seis plantas por parcela.

Foi utilizada a adubação básica, exceto o P. Os tratamentos, no experimento de P, foram constituídos das seguintes doses de fósforo: 0, 10, 20, 40 e 80 g de P₂O₅ por cova, que correspondem, respectivamente, a 0, 26,67; 53,34; 106,67 e 213,36 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A fonte de P utilizada foi o adubo comercial superfosfato simples, aplicado na cova, no plantio das mudas.

2.4.3 Doses de nitrogênio

No experimento com doses de N, foi utilizado o delineamento experimental em quadrado latino, com cinco dosagens de N e cinco repetições.

Cada unidade experimental consistiu de uma parcela composta por duas linhas de plantio com espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre as plantas, num total de seis plantas por parcela.

Foi utilizada a adubação básica, exceto o N. Os tratamentos, no experimento de nitrogênio, foram: 0; 11,25; 22,50; 45 e 90,00 g cova⁻¹ de N. Estas dosagens correspondem, respectivamente, a 0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de N. O N foi fornecido na forma de ureia e parcelado em três aplicações (no plantio, 30 e 60 dias).

2.5 Análise dos dados

Foram avaliados neste experimento: a sobrevivência das mudas no campo (%), a altura das plantas (cm) e diâmetro do caule calculado à altura do solo (mm). Os dados de sobrevivência passaram pela transformação $x' = \arcsin(x/100)^{1/2}$. Nos experimentos com níveis de calagem e doses de P, as avaliações foram realizadas, semestralmente, até os 30 meses após o plantio. No experimento com doses de N, as avaliações foram realizadas, semestralmente, até 18 meses após o plantio. Para análise estatística, utilizou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados foram interpretados, estatisticamente, por meio de análise de variância e análise de regressão. Na escolha das equações de regressão, consideraram-se a significância dos coeficientes e o coeficiente de determinação (R^2). Os gráficos foram elaborados utilizando-se o programa Microsoft Office Excel 14.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito da calagem

A sobrevivência média do baru não foi afetada pela aplicação de diferentes níveis de calagem (TABELA 2). Após 12 meses de idade, não se verificaram variações, na sobrevivência média das plantas, que permaneceram constantes em 55,2%. A maior mortalidade de plantas no campo ocorreu no período compreendido entre seis e 12 meses após o plantio. Neste período, a sobrevivência média caiu de 91,7 para 56,3%. Sano, Ribeiro e Brito (2004) descrevem vários trabalhos nos quais foram avaliados plantios de baru em campo, em diferentes solos e locais e reporta que, nestes plantios, a espécie apresentou alta taxa de sobrevivência, que variou de 70% (em plantios com 13 anos de idade, localizados em LVa no município de Pederneiras, SP) a 98% (em plantios com 8 anos de idade, localizados em LV no município de Planaltina, DF). Assim, de modo geral, no presente trabalho, o baru apresentou baixa sobrevivência.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para sobrevivência¹ de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função da calagem.

Fonte de Variação	G L	Quadrado Médio				
		6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses
Calagem	3	53,61 ^{ns}	127,93 ^{ns}	88,21 ^{ns}	88,21 ^{ns}	88,21 ^{ns}
Blocos	2	551,62 ^{**}	108,31 ^{ns}	127,03 ^{ns}	127,03 ^{ns}	127,03 ^{ns}
Erro	6	37,57	68,25	81,56	81,56	81,56
CV (%)		7,94	16,93	18,74	18,74	18,74
\bar{X} geral ¹ (%)		77,15	48,79	48,19	48,19	48,19
\bar{X} geral ² (%)		91,67	56,25	55,21	55,21	55,21

¹Dados transformados em arc seno $(x/100)^{1/2}$; ²dados originais; ^{ns}não significativo a 5% de probabilidade e ^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

Conforme apresentado na Tabela 3, verificou-se que a calagem não influenciou a característica altura em nenhuma das idades estudadas. Concordando com os resultados obtidos neste trabalho, Pacheco (2008), estudando a resposta de mudas de baru à calagem em condição de viveiro, também, verificou que a altura das plantas não foi influenciada pela aplicação de doses de calcário. Porém, Ulhôa (1997), estudando a resposta de baru à calagem em casa de vegetação, constatou que a altura das plantas foi afetada, negativamente, pelas doses de calcário, apresentando um ajuste linear decrescente, com o ponto máximo de altura atingido na ausência de calagem.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para altura (cm) de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função da calagem.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses
Calagem	3	19,32 ^{ns}	185,31 ^{ns}	272,46 ^{ns}	207,87 ^{ns}	1636,81 ^{ns}
Blocos	2	15,83 ^{ns}	674,42*	568,24 ^{ns}	935,66 ^{ns}	1024,02 ^{ns}
Erro	6	10,21	75,99	140,84	275,32	353,94
CV (%)		17,50	15,76	19,72	15,22	13,62
\bar{X} geral (cm)		18,27	55,32	60,18	109,03	138,12

^{ns} Não significativo e * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

A característica diâmetro do caule à altura do solo respondeu à calagem, em todas as idades estudadas, exceto aos 12 meses (TABELA 4). No entanto, não foram encontrados modelos lineares ou quadráticos que se ajustassem, adequadamente, às respostas do baru em diâmetro, aos 18 e 30 meses.

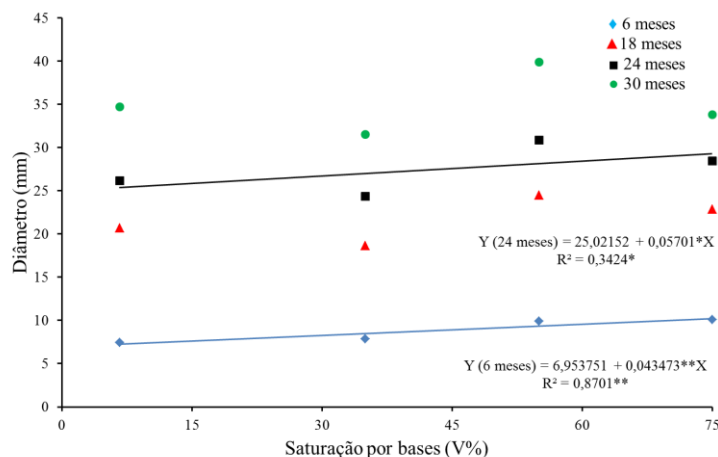
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para diâmetro do caule à altura do solo (mm) de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função da calagem.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses
Calagem	3	5,54**	7,17 ^{ns}	19,55*	24,20*	37,52*
Blocos	2	1,97 ^{ns}	13,14 ^{ns}	29,77*	56,97*	53,26*
Erro	6	0,52	2,72	3,52	3,57	6,82
CV (%)		8,17	13,28	8,67	6,88	7,46
\bar{X} geral (mm)		8,82	12,43	21,66	27,47	35,00

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

Todavia, observou-se que, aos seis e aos 24 meses de idade, o crescimento em diâmetro foi influenciado, linearmente, pelas doses crescentes de calagem (FIGURA 1), ou seja, à medida que aumentam as doses de calcário, ocorre aumento do diâmetro das plantas de baru. Sendo assim, nestas duas idades (seis e 24 meses) e no intervalo estudado, o maior diâmetro foi alcançado na saturação por bases de 75%.

Figura 1 - Diâmetro do caule à altura do solo em plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) aos seis, 18, 24 e 30 meses de idade em função da calagem.



Sendo * significativo a 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade.

Discordando dos resultados obtidos neste trabalho, Ulhôa (1997), trabalhando com mudas de baru em casa de vegetação, verificou que o crescimento em diâmetro do coleto das plantas não foi influenciado pelos níveis de calagem. Resultados semelhantes foram obtidos por Pacheco (2008) que, ao estudar a resposta de mudas de baru à calagem em condições de viveiro, verificou ausência de resposta do crescimento em diâmetro às doses de calcário dolomítico aplicadas.

Diversos estudos têm demonstrado que as espécies florestais respondem de modo diferenciado à calagem. Deste modo, Carlos (2013), avaliando o comportamento de *Dalbergia nigra* em campo, verificou que a espécie responde, positivamente, à calagem, tanto em altura, quanto em diâmetro. O mesmo foi observado por Macedo e Teixeira (2012) que, estudando o crescimento de mudas de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh), em condições de viveiro, observaram que a calagem influenciou, positivamente, o diâmetro e a altura das plantas. Já, Teixeira e Macedo (2011) verificaram, em condições de viveiro, que

o crescimento em diâmetro de mudas de biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Bail) foi influenciado pela calagem, no entanto o mesmo não ocorreu com o crescimento em altura.

3.2 Efeito do fósforo

A sobrevivência média do baru, no período estudado, não foi afetada pela aplicação das doses de P (TABELA 5). Após 12 meses de idade, ocorreram pequenas variações na sobrevivência média das plantas, permanecendo próxima de 70,0%.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para sobrevivência¹ de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função de doses de P.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses
Fósforo	4	58,03 ^{ns}	293,04 ^{ns}	293,04 ^{ns}	152,62 ^{ns}	152,62 ^{ns}
Blocos	2	116,07 ^{ns}	540,57 ^{ns}	540,57 ^{ns}	532,33 ^{ns}	532,33 ^{ns}
Erro	8	116,07	295,46	295,46	255,55	255,55
CV (%)		12,65	28,59	28,59	27,32	27,32
\bar{X} geral ¹ (%)		85,18	60,13	60,13	58,52	58,52
\bar{X} geral ² (%)		96,67	70,00	70,00	68,89	68,89

¹Dados transformados em arc seno $(X/100)^{1/2}$; ²dados originais; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

A maior taxa de mortalidade de plantas no campo ocorreu no período de seis a 12 meses de idade. Neste intervalo, a sobrevivência média caiu de 96,67 para 70,0%. Embora estudos da sobrevivência de mudas de baru, em função da adubação fosfatada sejam incipientes, em outros trabalhos analisou-se a sobrevivência de espécies do cerrado em resposta a doses de P e observou-se, também, que *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg, *Astronium fraxinifolium* Schott, *Inga vera* Wild. ssp *affinis* (DC.) T.D. Penn, *Amburana cearensis* (Fr.

All.) A.C. Smith, *Enterolobium gummiferum* (Mart.) Macbride, *Enterolobium contortisiliquium* (Vell.) Morong. (DUBOC, 2005), *Copaifera langsdorffii* Desf. (DUBOC, 2005; DUBOC; GERRINI, 2009), *Schinus terebinthifolius* Raddi (DUBOC, 2005; DUBOC; GERRINI, 2007b), *Eugenia dysenterica* Mart. Ex. DC. (DUBOC, 2005; DUBOC; GERRINI, 2007c), *Plathymenia reticulata* Benth. (DUBOC, 2005; DUBOC; GERRINI; 2006a) e *Tapirira guianensis* Aubl. (DUBOC, 2005; DUBOC; GERRINI, 2006b) não tiveram a sobrevivência afetada pela aplicação de doses de P.

Verificou-se, ainda, que a altura de plantas e o diâmetro do colo à altura do solo não foram afetados pela aplicação de diferentes doses de P (TABELAS 6 e 7). Concordando com os resultados obtidos neste trabalho, Ulhôa (1997), estudando mudas de baru em casa de vegetação, assinalou que o crescimento em altura e diâmetro do coleto das plantas, também, não foi influenciado pela aplicação de doses de P. Porém, Pacheco (2008), trabalhando com mudas de baru em condição de viveiro, observou que doses de P tiveram efeito significativo sobre o diâmetro do caule, mas não influenciaram o crescimento em altura das plantas.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para altura (cm) de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos 6, 12, 18, 24 e 30 meses, em função de doses de P.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses
Fósforo	4	31,99 ^{ns}	304,38 ^{ns}	533,57 ^{ns}	465,31 ^{ns}	441,78 ^{ns}
Blocos	2	45,09 *	312,08 ^{ns}	464,06 ^{ns}	660,51 ^{ns}	1637,45 ^{ns}
Erro	8	9,16	305,77	515,98	659,21	1206,77
CV (%)		12,19	28,29	33,12	24,96	24,10
\bar{X} geral (cm)		24,83	61,80	68,58	102,87	144,14

^{ns} Não significativo e * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para diâmetro do caule a altura do solo (mm) de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12, 18, 24 e 30 meses, em função de doses de P.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses
Fósforo	4	1,13 ^{ns}	10,12 ^{ns}	20,45 ^{ns}	3,96 ^{ns}	27,96 ^{ns}
Blocos	2	3,03 ^{ns}	9,36 ^{ns}	27,44 ^{ns}	5,38 ^{ns}	72,45 ^{ns}
Erro	8	2,09	6,49	27,53	6,11	68,54
CV (%)		13,76	18,07	23,44	8,73	23,14
\bar{X} geral (mm)		10,51	14,10	22,38	28,33	35,78

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

Embora existam poucos estudos com baru, outros autores, também, avaliaram a resposta de espécies florestais à adubação fosfatada. Deste modo, Carlos (2013) obteve, para o jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.), em experimento de campo, resposta quadrática para as características altura e diâmetro, com as doses estimadas para obter o maior crescimento destas características, aos seis e doze meses, variando entre 39,5 e 47,8 g.cova⁻¹ de P₂O₅. Já, em estudos com *Copaifera langsdorffii* Desf. (DUBOC; GUERRINI, 2009) e *Eugenia dysenterica* DC (DUBOC; GUERRINI, 2007c), visto que nesta última apenas em Latossolo Vermelho-amarelo, verificaram que o diâmetro do coleto não foi afetado pela aplicação de P. Porém, estudos com *Plathymenia reticulata* Benth (DUBOC; GUERRINI, 2006c), *Tapirira guianensis* Aubl. (DUBOC; GUERRINI, 2006b), *Schinus terebinthifolius* Raddi (DUBOC; GUERRINI, 2007b), bem como em *Eugenia dysenterica* DC em Plintossolo (DUBOC; GUERRINI, 2007c) apresentaram resposta significativa do crescimento em diâmetro à aplicação de doses de P.

3.3 Efeito do nitrogênio

A sobrevivência média do baru foi afetada pela aplicação das doses de N (TABELA 8). Verificou-se que a sobrevivência das plantas de baru no campo

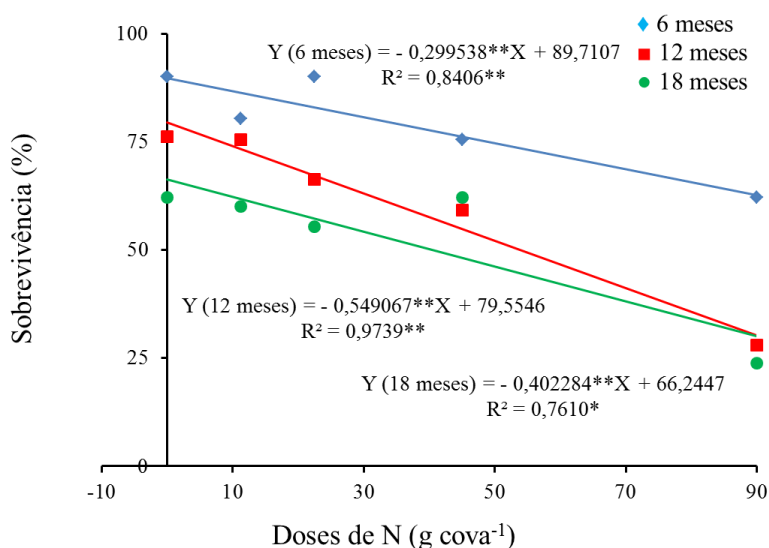
foi influenciada, linearmente, aos seis, aos 12 e aos 18 meses (FIGURA 2), de modo que à medida que aumentam as doses de N, ocorre redução da sobrevivência média. Dessa forma, a maior sobrevivência das plantas ocorrerá na ausência de aplicação de N.

Tabela 8 - Resumo da Análise de variância para sobrevivência¹ de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12 e 18 meses de idade, em função de doses de N.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		6 meses	12 meses	18 meses
Nitrogênio	4	675,45**	1958,89**	1345,75**
Colunas	4	233,78*	78,00 ^{ns}	329,06 ^{ns}
Linhas	4	226,12*	188,01 ^{ns}	396,46 ^{ns}
Resíduo	12	62,23	287,97	180,39
CV (%)		9,91	27,81	25,50
\bar{X} geral ¹ (%)		79,60	61,02	52,67
\bar{X} geral ² (%)		91,33	71,33	60,67

¹Dados transformados em $\arcsin(x/100)^{1/2}$; ²dados originais; ^{ns}não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

Figura 2 - Sobrevivência (dados transformados em $\text{arc sen } (x/100)^{1/2}$) de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) aos seis, 12 e 18 meses de idade em função de doses de N.



Sendo *significativo a 5% de probabilidade e **significativo a 1% de probabilidade.

A resposta negativa à aplicação de altas doses de N, observada no experimento, pode ser explicada pelo tipo de fertilizante utilizado. A ureia, como a maioria dos fertilizantes minerais, apresenta efeitos osmóticos e salinos, que podem comprometer a germinação e o desenvolvimento das plântulas e raízes, principalmente, num ambiente com disponibilidade hídrica deficiente. Logo, o efeito salino do adubo é uma possível explicação para a alta mortalidade e o menor crescimento do baru na dose de 90 g cova⁻¹ de N.

No entanto, além do efeito salino, o uso da ureia como fonte de N, em algumas situações, apresenta outras desvantagens, dentre as quais se destacam a fitotoxidez do biureto ($\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$) – um contaminante – e da NH_3 e do NO_2^- , produtos de sua hidrólise e posterior nitrificação parcial (CANTARELLA, 2007; FURTINI NETO et al., 2001). Fatores que, também,

são possíveis explicações para a alta mortalidade e o menor crescimento do baru na maior dose de ureia.

A sobrevivência de espécies de Cerrado, em resposta ao N, também, foi objeto de outros estudos. Assim, Duboc e Guerrini (2007a) estudaram, em um plintossolo de mata de galeria, a sobrevivência de espécies pioneiras (*Inga vera* Wild. ssp *affinis* (DC.) T.D. Penn, *Plathymenia reticulata* Benth, *Astronium fraxinifolium* Schott, *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg, e *Tapirira guianensis* Aubl.) e secundárias (*Copaifera langsdorffii* Desf., *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith, *Eugenia dysenterica* DC, e *Enterolobium contortisiliquium* (Vell.) Morong.) em resposta a doses de N e verificaram que a sobrevivência das espécies pioneiras não foi afetada pela aplicação de N. Porém, a aplicação de N afetou a sobrevivência das espécies secundárias. No entanto, Duboc e Guerrini (2009) estudaram a resposta de óleo-de-copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) a doses de N, em dois ambientes e verificaram que, em nenhum dos dois ambientes, a aplicação de fertilizantes influenciou, significativamente, a sobrevivência. Do mesmo modo, Duboc e Guerrini (2007b), estudando aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), também, apontaram que as doses de N não afetaram a sobrevivência.

No presente estudo, observou-se, também, que a característica altura de plantas respondeu a aplicação de doses crescentes de N, aos seis e aos doze meses, mas não aos 18 meses de idade (TABELA 9).

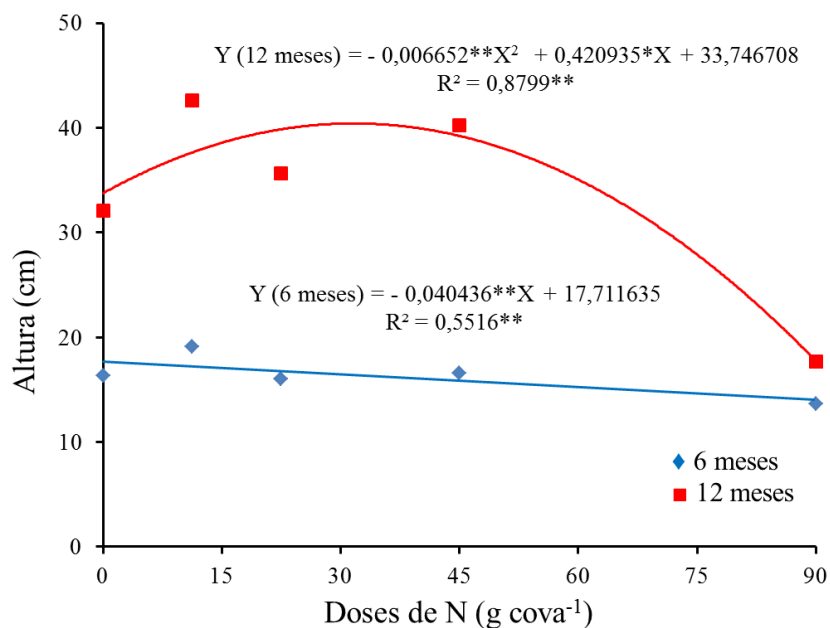
Tabela 9 - Resumo da Análise de variância para altura, de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12 e 18 meses de idade em função de doses de N.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		6 meses	12 meses	18 meses
Nitrogênio	4	18,758*	480,393**	1.188,650 ^{ns}
Colunas	4	3,443 ^{ns}	14,789 ^{ns}	240,111 ^{ns}
Linhas	4	4,264 ^{ns}	65,739 ^{ns}	1.536,458 ^{ns}
Resíduo	12	3,839	52,106	517,700
CV (%)		11,99	21,46	28,42
\bar{X} geral (cm)		16,35	33,64	80,05

* Significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade, pelo Teste F.

A característica altura foi influenciada, linearmente, aos seis meses de idade (FIGURA 3), de modo que à medida que aumentam as doses de N, ocorre redução da altura das plantas. Sendo assim, nesta idade, a maior altura de planta ocorrerá na ausência de aplicação de N. Entretanto, aos doze meses de idade, foram encontrados efeitos de ordem quadrática para a altura. Nesta idade, a dose estimada para se obter a maior altura de planta (40,41 cm) foi 31,64 g N cova⁻¹ (FIGURA 3).

Figura 3 - Altura em plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) aos 6 e 12 meses de idade em função de doses de N.



Sendo * significativo a 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade.

Discordando dos resultados obtidos neste trabalho, Pacheco (2008), trabalhando com mudas de baru em viveiro, observou que a altura das plantas, aos oito meses de idade, respondia, linearmente e de forma crescente, às doses de N. De modo que a maior altura ocorreria na aplicação de uma dose de N superior a 200 mg por muda mês⁻¹.

Diversos trabalhos avaliaram a resposta de espécies florestais à aplicação de N. Assim, Marques et al. (2009), trabalhando com mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr.), em condições de viveiro, identificaram efeito significativo de doses de N na altura das plantas. De modo que o efeito quadrático de doses possibilitou determinar que o maior valor de altura foi obtido na dose de 192,8 mg dm⁻³ de N.

Marques et al. (2006b), estudando o efeito de fontes e doses de N no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), também, constataram que a altura foi, significativamente, afetada pelas doses de N, aumentando, linearmente, com o acréscimo das doses, independente do tipo de solo e da fonte aplicada.

Marques et al. (2006a) estudaram o crescimento de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth), em casa de vegetação, em três classes diferentes de solo (Argissolo, Cambissolo e Latossolo), e apontaram respostas positivas em todos os solos. Porém, a altura cresceu, linearmente, no Argissolo e no Cambissolo e com efeito quadrático no Latossolo, possibilitando, deste modo, determinar que, no Latossolo estudado, o maior valor de altura foi obtido na dose de 140 mg dm^{-1} de N. Corroborando, deste modo, com Carlos (2013), ao observar em campo, num Latossolo Vermelho, ajuste quadrático da altura de jacarandá-da-bahia em resposta a doses de N, estimando, assim, que a maior altura, aos seis meses após plantio, seria obtida com a dose de 115 g cova^{-1} de ureia (138 kg ha^{-1} de N) e, aos doze meses, com a dose de $107,5 \text{ g cova}^{-1}$ de ureia (129 kg ha^{-1} de N). No entanto, Gonçalves et al. (2014) relataram ausência de efeitos do N na altura de mudas de jacarandá-da-bahia que foram cultivadas em casa de vegetação, tendo como substrato três tipos diferentes de solo.

O resumo da análise de variância, para a característica diâmetro do caule à altura do solo de plantas de baru, após seis, 12 e 18 meses de plantio, em função das doses de N, está apresentado na tabela 10. Observa-se que a característica diâmetro respondeu à aplicação de doses crescentes de N, aos seis e aos 12 meses, mas não aos 18 meses de idade.

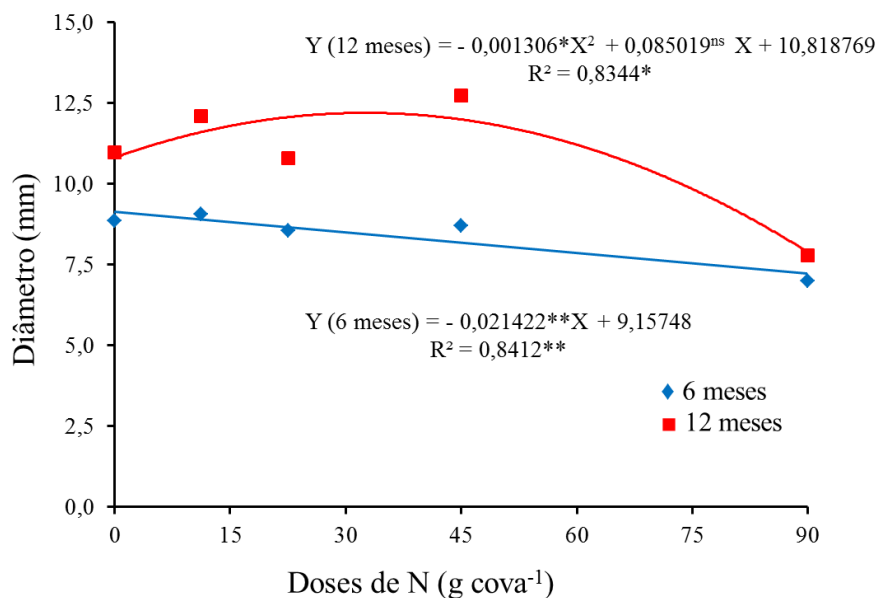
Tabela 10 - Resumo da Análise de variância para diâmetro do caule à altura do solo (mm) de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), aos seis, 12 e 18 meses de idade em função de doses de N.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		6 meses	12 meses	18 meses
Nitrogênio	4	3,452*	18,165*	45,115 ^{ns}
Colunas	4	0,572 ^{ns}	0,430 ^{ns}	30,598 ^{ns}
Linhas	4	1,022 ^{ns}	5,704 ^{ns}	63,651 ^{ns}
Resíduo	12	0,871	4,866	38,596
CV (%)		11,07	20,28	30,96
\bar{X} geral (mm)		8,43	10,88	20,06

* Significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade, pelo Teste F.

O diâmetro foi influenciado, linearmente, aos seis meses de idade (FIGURA 4), de modo que, à medida que aumentam as doses de N, ocorre redução do diâmetro das plantas. Portanto, nesta idade, o maior diâmetro ocorrerá na ausência de aplicação de N. Já, aos 12 meses de idade, foram encontrados efeitos de ordem quadrática para o diâmetro, com a dose, para se obter o maior diâmetro (12,15 mm), estimada em 32,55 g cova⁻¹ de N, que equivale a 86,8 kg ha⁻¹ de N.

Figura 4 - Diâmetro do caule à altura do solo em plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) aos 6 e 12 meses de idade em função de doses de N.



Sendo * significativo a 5% de probabilidade e ** significativo a 1% de probabilidade.

Contudo, Pacheco (2008), estudando a resposta de mudas de baru à adubação orgânica, aplicada juntamente com doses de N fornecido na forma de ureia, verificou que as doses tiveram efeito positivo no crescimento em diâmetro, quando associada a 10% de esterco bovino, mas que o mesmo não ocorreu quando as doses foram associadas a 20% de esterco.

Apesar dos estudos com baru serem incipientes, diversos autores estudaram a resposta de espécies florestais à adubação nitrogenada. Assim, Duboc e Guerrini (2007a) estudaram a resposta do diâmetro do coleto de nove espécies nativas do cerrado a doses crescentes de N e assinalaram diferentes efeitos: (a) amburana, cagaita e vinhático não responderam à aplicação de N; (b) angico, gonçalo-alves, óleo-de-copaíba e pau-pombo responderam positivamente; e (c) orelha-de-negro e ingá responderam negativamente.

Carlos (2013) encontrou efeito quadrático de doses de N, no diâmetro de jacarandá-da-bahia, estimando que, aos seis meses, o maior diâmetro foi encontrado na dose 106 kg ha^{-1} de N (88,34 g de ureia por cova) e, aos 12 meses, foi encontrado na dose 145 kg ha^{-1} de N (121 g de ureia por cova).

Duboc e Guerrini (2007b), estudando o diâmetro de aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em resposta a doses de N, verificaram que esta espécie apresenta elevado requerimento de N e que o tratamento com a maior dose (40 kg ha^{-1} de N) apresentou, pelo teste de médias, um diâmetro, significativamente, maior que os demais. Porém, não houve ajuste significativo para a equação de regressão.

4 CONCLUSÕES

- a) Não houve resposta do baru à calagem;
- b) As plantas de baru não responderam à adubação fosfatada;
- c) A aplicação de doses de N superiores a 45g cova^{-1} , na forma de ureia, influenciou, negativamente, o crescimento e a sobrevivência do baru.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normas climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CARLOS, L. **Crescimento inicial de Dalbergia nigra sob calagem e adubação com N, P e K em condições controladas e em campo**. 2013. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; 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.; SILVA, E. A. A. da. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 2008. 175 p.
- DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado**. 2005. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2005.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de matas de galeria no domínio do cerrado em resposta à fertilização. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2007a.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial da aroeirinha em áreas de Cerrado degradado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2007b. 21 p.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial e nutrição da cagaita em áreas de cerrado degradado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2007c. 24 p.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial e nutrição da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) em áreas de cerrado degradado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2009. 28 p.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial e nutrição de vinhático em áreas de Cerrado degradado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2006a. 22 p.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. **Desenvolvimento inicial e nutrição do pau-pombo em resposta à fertilização com nitrogênio e fósforo**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2006b. 18 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FORZZA, R. C. et al. (Org.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: A. J. Estúdio; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. 2 v, 1699 p.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para Eucaliptus, Pinus e espécies típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: ESALQ, 1995. 23 p. (Documentos Florestais, 15).

HERINGER, E. P. Comportamento de algumas espécies euxiloforas, quando cultivadas no cerrado de Brasília de sementes procedentes de outras regiões fitogeográficas brasileiras. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE BOTÂNICA, 2.; CONGRESSO BRASILEIRO DE BOTÂNICA, 29., 1978, Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 1978. p. 56-57.

MACEDO, S. T.; TEIXEIRA, P. C. Calagem e adubação fosfatada para formação de mudas de araçá-boi. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 3, p. 405-412, set. 2012.

MARQUES, L. S. et al. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J. F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 81-91, jan./fev. 2009.

MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 77-85, maio/ago. 2006a.

MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 725-735, set./out. 2006b.

NERI, A. V. et al. The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of Brazilian Cerrado vegetation. **Edinburgh Journal of Botany**, Cambridge, v. 69, n. 1, p. 1-27, 2012.

PACHECO, A. R. **Adubação de mudas de baru (*Dipteryx alata* vog.) em viveiro**. 2008. 86 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

PINHEIRO, M. H. O.; MONTEIRO, R. Contribution to the discussions on the origin of the cerrado biome: Brazilian Savanna. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 70, n. 1, p. 95-102, Feb. 2010.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. de. **Baru: biologia e uso**. Planaltina: EMBRAPA Cerrado, 2004. 54 p. (EMBRAPA Cerrados. Documentos, 116).

SILVA, B. M.; SANTOS, W. J. R.; MARQUES, J. J. G. S. M. **Levantamento detalhado dos solos da fazenda Muquém/UFLA, Lavras - MG**. Lavras: UFLA, 2014. 73 p.

TEIXEIRA, P. C.; MACEDO, S. T. Calagem e fósforo para a formação de mudas de biribazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 54, n. 3, p. 259-266, set./dez. 2011.

ULHÔA, M. L. **Efeitos 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 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.