

ELZIMAR DE OLIVEIRA GONÇALVES

**EFEITO DE MACRONUTRIENTES SOBRE O CRESCIMENTO E A  
NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE ANGICO-VERMELHO  
(*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) E SANSÃO-DO-CAMPO  
(*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2007

ELZIMAR DE OLIVEIRA GONÇALVES

**EFEITO DE MACRONUTRIENTES SOBRE O CRESCIMENTO E A  
NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE ANGICO-VERMELHO  
(*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) E SANSÃO-DO-CAMPO  
(*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 28 de junho de 2007.

---

Prof. Laércio A. G. Jacovine  
(Co-orientador)

---

Prof. Júlio César Lima Neves  
(Co-orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Janice Guedes de Carvalho

---

Prof. Herly Carlos Teixeira Dias

---

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva  
(Orientador)

A Deus.

Ao Tinho.

À minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

Ao professor Haroldo Nogueira de Paiva, pela paciência, dedicação, orientação e amizade, desde os tempos do mestrado.

Aos co-orientadores, professores Júlio César de Lima Neves e José Mauro Gomes, que muito enriqueceram o trabalho, dando sugestões para a tese.

Ao Projeto PRODETAB 130-02/01, pelo financiamento de parte deste trabalho.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, especialmente à Ritinha, ao Fred e aos “Chiquinhos”, pela eficiência e constante ajuda.

Aos estagiários: Juliana, da UFV; Márcio, Gilberto, Ricardo, Luiz Guilherme, Flávio, Josimar e José Luiz, do CEFET-RP; e Ana Paula, da EMBRAPA, que ajudaram ao longo da montagem, condução e coleta e análise dos experimentos. Ao “Dingo”, que também ajudou muito em várias fases do experimento, principalmente na parte mais pesada (peneirar solo, lavar raízes etc.), sempre bem disposto e dando o melhor de si.

Aos funcionários do viveiro de pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, Geraldo Magela, Sebastião, João, Maurício e Vicente, que vez ou outra “quebravam o galho”, irrigando o experimento e também auxiliando na época da coleta deste.

Ao Marcos e à minha família, que sempre acreditaram no meu potencial, sendo os meus maiores fãs.

## **BIOGRAFIA**

ELZIMAR DE OLIVEIRA GONÇALVES, filha de Custódio Gonçalves do Nascimento e Efigênia de Oliveira Pinto, nasceu no dia 19 de fevereiro de 1975, em Acaiaca, Estado de Minas Gerais.

Em 1992, concluiu os estudos secundários na Escola Municipal “José Maria da Fonseca”, na cidade de Ponte Nova, MG.

Iniciou, em março de 1995, o curso de graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, concluindo-o em outubro de 2000.

Em outubro de 2000, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em julho de 2002.

Em setembro de 2002, iniciou o curso de Doutorado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2005, passou no concurso para professor substituto no CEFET-RP, onde ministrou aulas de diversos assuntos para os cursos técnicos em Agropecuária e Meio Ambiente.

Em maio de 2006, foi aprovada em concurso público para o cargo de professor efetivo do CEFET- RP, sendo nomeada para assumir o cargo em setembro do mesmo ano.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS .....	4
OBJETIVO GERAL .....	5
<b>CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
1. NÍVEL CRÍTICO.....	6
2. FUNÇÕES DOS MACRONUTRIENTES E RESPOSTA AO USO DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS EM ESPÉCIES FLORESTAIS.....	8
2.1. Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).....	8
2.2. Fósforo (P) .....	12
2.3. Nitrogênio (N) .....	14
2.4. Potássio (K).....	18
2.5. Enxofre (S) .....	21
3. REFERÊNCIAS .....	24
<b>CAPÍTULO 2 CRESCIMENTO e NUTRIÇÃO DE MUDAS de ANGICO-VERMELHO (<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan) SOB DIFERENTES DOSES DE MACRONUTRIENTES.</b>	<b>31</b>
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1. Caracterização do solo.....	33
2.3. Produção das mudas.....	35

2.3. Características avaliadas .....	37
2.4. Análise estatística .....	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	39
3.1. Efeito do nitrogênio .....	40
3.1.1. Características morfológicas .....	40
3.1.2. Teor e conteúdo .....	42
3.1.3. Nível crítico .....	44
3.2. Efeito do fósforo .....	44
3.2.1. Características morfológicas .....	45
3.2.2. Teor e conteúdo .....	47
3.2.3. Nível crítico .....	48
3.3. Efeito do potássio .....	49
3.3.1. Características morfológicas .....	50
3.3.2. Teor e conteúdo .....	52
3.3.3. Nível crítico .....	54
3.4. Efeito do cálcio .....	55
3.4.1. Características morfológicas .....	55
3.4.2. Teor e conteúdo .....	57
3.4.3. Nível crítico .....	58
3.5. Efeito do magnésio .....	59
3.5.1. Características morfológicas .....	60
3.5.2. Teor e conteúdo .....	61
3.5.3. Nível crítico .....	62
3.6. Efeito do enxofre .....	63
3.7. Efeito de diferentes doses de cada macronutriente sobre os teores e conteúdos dos demais.....	66
3.7.1. Efeito de doses de nitrogênio nos teores e conteúdos de N, K, Ca e Mg .....	66
3.7.2. Efeito de doses de fósforo nos teores e conteúdos de N, K, Ca e Mg .....	68
3.7.2.1. Efeito sobre o N .....	68
3.7.2.2. Efeito sobre o K.....	69
3.7.2.3. Efeito sobre o Ca .....	70
3.7.2.4. Efeito sobre o Mg .....	71
3.7.3. Efeito de doses de potássio nos teores e conteúdos de N, P, Ca e Mg .....	73
3.7.3.1. Efeito sobre o P.....	73
3.7.3.2. Efeito sobre o Ca .....	74
3.7.3.3. Efeito sobre o Mg .....	75
3.7.4. Efeito de doses de cálcio nos teores e conteúdos de N, P, K e Mg.....	77
3.7.5. Efeito de doses de magnésio nos teores e conteúdos de N, P, K e Ca.....	79
4. CONCLUSÕES.....	81
5. REFERÊNCIAS .....	82



<b>CAPÍTULO 3 CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE SANSÃO-DO-CAMPO (<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) SOB DIFERENTES DOSES DE MACRONUTRIENTES.....</b>	<b>88</b>
1. INTRODUÇÃO.....	88
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	89
2.1. Caracterização do solo.....	90
2.2. Produção das mudas.....	92
2.3. Características avaliadas.....	93
2.4. Análise estatística.....	94
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	95
3.1. Efeito do nitrogênio.....	96
3.1.1. Características morfológicas.....	97
3.1.2. Teor e conteúdo.....	99
3.1.3. Nível crítico.....	100
3.2. Efeito do fósforo.....	101
3.2.1. Características morfológicas.....	102
3.2.2. Teor e conteúdo.....	103
3.2.3. Nível crítico.....	104
3.3. Efeito do potássio.....	106
3.3.1. Características morfológicas.....	106
3.3.2. Teor e conteúdo.....	108
3.3.3. Nível crítico.....	109
3.4. Efeito do Cálcio.....	110
3.4.1. Características morfológicas.....	110
3.4.2. Teor e conteúdo.....	112
3.4.3. Nível crítico.....	114
3.5. Efeito do magnésio.....	115
3.5.1. Características morfológicas.....	116
3.5.2. Teor e conteúdo.....	117
3.5.3. Nível crítico.....	118
3.6. Efeito do enxofre.....	119
3.7. Efeito de diferentes doses de cada macronutriente sobre os teores e conteúdos dos demais.....	121
3.7.1. Efeito de doses de nitrogênio nos teores e conteúdos de P, K, Ca e Mg.....	121
3.7.1.1. Efeito sobre o P.....	121
3.7.1.2. Efeito sobre o K.....	122
3.7.1.3. Efeito sobre o Ca.....	123
3.7.1.4. Efeito sobre o Mg.....	124
3.7.2. Efeito de doses de Fósforo nos teores e conteúdos de N, K, Ca e Mg.....	126
3.7.2.1. Efeito sobre o N.....	126
3.7.2.2. Efeito sobre o K.....	127
3.7.2.3. Efeito sobre o Ca.....	128
3.7.2.4. Efeito sobre o Mg.....	129
3.7.3. Efeito de doses de potássio nos teores e conteúdos de N, P, Ca e Mg.....	131

3.7.4. Efeito de doses de cálcio nos teores e conteúdos de N, P, K e Mg.....	134
3.7.5. Efeito de doses de magnésio nos teores e conteúdos de N, P, K e Ca.....	137
3.7.5.1. Efeito sobre o N.....	137
3.7.5.2. Efeito sobre o P.....	138
3.7.5.3. Efeito sobre o K.....	138
3.7.5.4. Efeito sobre o Ca.....	140
4. CONCLUSÕES.....	142
5. REFERÊNCIAS.....	143
ANEXOS.....	147
ANEXO A – Angico-vermelho.....	148
ANEXO B – Sansão-do-campo.....	151

## RESUMO

GONÇALVES, Elzimar de Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2007. **Efeito de macronutrientes sobre o crescimento e a nutrição mineral de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)**. Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Orientadores: José Mauro Gomes e Júlio César Lima Neves.

O conhecimento das necessidades nutricionais para produção de mudas e o estabelecimento destas no local definitivo são fundamentais para o sucesso de qualquer programa de plantio de espécies florestais. Nesse contexto, as espécies florestais nativas merecem atenção. Em razão dos poucos conhecimentos nutricionais que existem sobre elas, a condução de estudos mais detalhados visando à determinação dessas necessidades é plenamente justificável. Há grande diferença entre as necessidades nutricionais de acordo com as espécies, sendo também variável a exigência de um ou outro elemento mineral. No entanto, a falta de um deles, com certeza, limitará o crescimento das plantas. Neste estudo, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses de macronutrientes (N, P, K, S, Ca e Mg) no crescimento e na nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) e sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia*) em três solos diferentes. Para isso, as plantas foram cultivadas em três solos (Argissolo, Latossolo distrófico e Latossolo álico), em vasos com capacidade de 2,1 dm<sup>3</sup>. O experimento foi conduzido no período de fevereiro a junho de 2005 no Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento

de Engenharia Florestal da UFV, em Viçosa. Os tratamentos foram delimitados segundo uma matriz baconiana, onde se variaram os macronutrientes em três doses diferentes, mais dois tratamentos adicionais (zero e base), num total de 20 tratamentos com quatro repetições. As fontes de N, K e S foram parceladas em quatro vezes (0, 30, 60 e 90 dias). Feitas a colheita (aos 120 dias após a semeadura) e as análises dos dados, verificou-se que houve diferença de respostas das plantas à aplicação dos macronutrientes de acordo com o solo estudado. Ambas as espécies aumentaram a absorção dos macronutrientes à medida que se aumentou a disponibilidade destes nos solos estudados, o que levou à maior concentração dos nutrientes aplicados em todas as partes das plantas. Entretanto, em alguns casos, não houve resposta de crescimento correspondente. O maior crescimento das mudas foi observado nas que foram cultivadas no solo LVA, e os nutrientes P, N e S foram os que mais provocaram efeitos significativos. As doses de N variaram de 50 a 200 mg/dm<sup>3</sup>, tanto para o angico-vermelho quanto para o sansão-do-campo. Observou-se que a primeira requer menos P (de 150 a 280 mg/dm<sup>3</sup>) do que o sansão-do-campo (de 312 a 503 mg/dm<sup>3</sup>). Quanto a K, Ca e Mg, as doses recomendadas são as mesmas para as duas espécies: 50 mg/dm<sup>3</sup>, 0,8 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e 0,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectivamente. Especificamente para o angico-vermelho, em termos de nível crítico, os valores que proporcionaram melhor desenvolvimento da planta foram: N (14,4 a 26,8 mg/dm<sup>3</sup> na planta), P (7,5 a 46 mg/dm<sup>3</sup> no solo e 1,1 a 1,4 g/kg na parte aérea), K (14 a 86,5 mg/dm<sup>3</sup> no solo e 6,2 a 8,5 g/kg na parte aérea), Ca (0,8 a 2,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> no solo e 5 a 19 g/kg na parte aérea) e Mg (0,2 a 0,8 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> no solo 1,7 a 1,9 g/kg na parte aérea). Para o sansão-do-campo, os valores foram N (16 a 17,3 mg/dm<sup>3</sup> no solo), P (77 a 110 mg/dm<sup>3</sup> no solo e 1 a 1,5 g/kg na parte aérea), K (14 a 86,5 mg/dm<sup>3</sup> no solo e 5,7 a 7,1 g/kg na parte aérea), Ca (0,8 a 2,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> no solo e 10 a 14,4 g/kg na parte aérea) e Mg (0,2 a 0,25 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> no solo 1,3 a 2,4 g/kg na parte aérea). Todavia, em ambas as espécies, para o K e o Ca sugerem-se estudos com doses dentro dessa faixa de valores encontrados, para melhor definição do nível crítico. A influência da aplicação de um determinado macronutriente, sobre a absorção dos demais, foi mais significativa para o P tanto no sentido de aumento quanto no de diminuição, sendo os efeitos mais destacados na parte aérea das plantas. Entretanto, as crescentes doses dos nutrientes aplicados não interferiram na absorção dos outros, indicando equilíbrio entre eles, ou seja, o balanço nutricional entre os nutrientes foi adequado.

## ABSTRACT

GONÇALVES, Elzimar de Oliveira, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2007. **Effect of macronutrients on the growth and mineral nutrition of seedlings of *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (angico-vermelho) and *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sansão-do-campo).** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Advisers: José Mauro Gomes and Júlio César Lima Neves.

The knowledge of the nutritional needs for the production of seedlings and their establishment in their permanent place are fundamental for the success of any planting program of forest species. Therefore, the native forest species call for attention. Because of few nutritional data existing about these species, it is necessary to develop more detailed studies to determine these needs. There are great differences among the nutritional needs of each species and so are the demands of one or other element. But the lack of one of them, obviously, is going to limit plant growth. The objective of this study was to evaluate the effect of different doses of macronutrients (N, P, K, S, Ca and Mg) on the growth and nutrition of seedlings of *Anadenanthera macrocarpa* (angico-vermelho) and *Mimosa caesalpiniaefolia* (sansão-do-campo) in three types of soil. The plants were growth in Argisol, Distrophic Latosol and Alic Latosol) in pots with 2.1 dm<sup>3</sup> capacity. The experiment was carried out from February to June 2005 in the Viveiro de Pesquisas Florestais (Forest Research Nursery) of the Departamento de Engenharia Florestal (Forest Engineering Department) of the UFV in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. The treatments were delimited

according to a Baconian Matrix, where the macronutrients were varied in three different doses plus two additional treatments (zero and base), in a total of 20 treatments with four repetitions. The N, K and S sources were parcelled in four times (0, 30, 60 and 90 days). The plants were harvested in 120 days after seeding and data were analyzed. It was verified that there were differences in plants responses to the macronutrients according to the soil studied. Both species increased the absorption of macronutrients as the rate of availability of these nutrients increased in the soil. This led to a greater concentration of the nutrients in all parts of the plants. However, in some cases, there was not a correspondent growth response. The greatest growth was observed in the seedlings grown in the LVA soil and the nutrients P, N and S were the ones that caused most significant effects. The N doses varied from 50 to 200mg/dm<sup>3</sup> for both species. It was observed that *Anadenanthera macrocarpa* needs less P (from 150 to 250 mg/dm<sup>3</sup>) than *Mimosa caesalpiniaefolia* (from 312 to 503 mg/dm<sup>3</sup>). As for K, Ca and Mg, the recommended doses are the same for both species: 50 mg/dm<sup>3</sup>; 0.8 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> and 0.2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectively. Specifically for *Anadenanthera macrocarpa*, in terms of critical level, the values which rendered the best plant development were: N (14.4 to 26.8 mg/dm<sup>3</sup> in the plant), P (7.5 to 46 mg/dm<sup>3</sup> in the soil and 1.1 to 1.4 g/kg in the aerial part), K (14 to 86.5 mg/dm<sup>3</sup> in the soil and 6.2 to 8.5 g/kg in the aerial part), Ca (0.8 to 2.2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> in the soil and 5 to 19 g/kg in the aerial part), and Mg (0.2 to 0.8 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> in the soil and 1.7 to 1.9 g/kg in the aerial part). For *Mimosa caesalpiniaefolia* the values were: N (16 to 17.3 mg/dm<sup>3</sup> in the soil), P (77 to 110 mg/dm<sup>3</sup> in the soil and 1 to 1.5 g/kg in the aerial part), K (14 to 86.5 mg/dm<sup>3</sup> in the soil and 5.7 to 7.1 g/kg in the aerial part), Ca (0.8 to 2.2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> in the soil and 10 to 14.4 g/kg in the aerial part), and Mg (0.2 to 0.25 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> in the soil and 1.3 to 2.4 g/kg in the aerial part). Nevertheless, for both species, for K and Ca studies are suggested with doses within the range of the values found, to better define the critical level. The influence of the application of a given macronutrient on the absorption of the others was more significant for P both for the increase and for the decrease, and the stronger effects were on the aerial part of the plants. However, the increased doses of the nutrients applied did not interfere in the absorption of the other, witch indicates an equilibrium among them, or, the nutritional balance was appropriate.

## INTRODUÇÃO GERAL

O conhecimento das necessidades nutricionais para produção de mudas e o estabelecimento destas no local definitivo são fundamentais para o sucesso de qualquer programa de plantio de espécies florestais (GARCIA, 1986).

Há muitas pesquisas, e muito conhecimento já consolidado, sobre a nutrição de plantas de espécies florestais dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que são muito atrativas, devido a características como rápido crescimento e madeira com potencialidade de uso para diversos fins.

Todavia, a utilização de espécies florestais nativas, seja para produção de madeira ou para enriquecimento de matas e recuperação de áreas degradadas, é ainda dificultada, em grande parte, pela carência de informações sobre as exigências nutricionais dessas espécies para produção de mudas e para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas no campo (ROCHA et al., 1994).

O Brasil possui vários ecossistemas característicos, como o Pantanal, a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica, o que lhe confere grande diversidade biológica. Essa mesma diversidade, segundo Furtini Neto (1994), faz com que existam muitas variações na eficiência nutricional entre espécies, o que explica por que certas espécies podem ter melhor crescimento que outras sob uma mesma condição de fertilidade do solo.

Na atualidade, os maiores problemas de degradação do solo estão nas áreas de pastagens degradadas, que representam cerca de 35% das áreas degradadas no mundo.

No Brasil não é diferente. A Mata Atlântica, por exemplo, tem seu desmatamento ocorrendo desde a época do descobrimento, com o objetivo de utilização da madeira para carvoarias e uso do solo para pastagens e ocupação humana, restando hoje uma pequena porcentagem do que já possuiu. Desde então, o uso do solo para pastagens tem sido inadequado, contribuindo para agravar os problemas de degradação de áreas onde a pecuária é a atividade prioritária, principalmente em regiões de topografia acidentada, com solos ácidos e de baixa fertilidade natural (CARVALHO, 1997).

Observa-se então que a recuperação dessas pastagens torna-se de extrema importância até mesmo para manter o que resta da Mata Atlântica; ademais, sem isso, as pastagens ficariam cada vez mais degradadas, fazendo com que os produtores, em busca de áreas melhores, desmatem ainda mais o referido bioma.

Para recuperação dessas áreas, o primeiro passo é promover uma cobertura protetora do solo, o que exige o uso de espécies adaptadas para as características da área, devendo-se, para isso, usar espécies nativas, especialmente as do grupo das leguminosas, pela sua capacidade de se associar a microorganismos fixadores de nitrogênio.

Na prática, grande parte da recuperação dessas áreas degradadas tem sido feita com uso de espécies como *Acacia holosericea*, *Acacia mangium*, etc., que são exemplos de espécies leguminosas, mas de origem exótica, a despeito da grande diversidade que o Brasil possui. No entanto, essas espécies são preferidas devido às informações existentes sobre elas, como, por exemplo, o conhecimento das necessidades nutricionais para produção de mudas e implantação.

Especificamente no caso da Mata Atlântica, bioma brasileiro com maior diversidade de espécies por unidade de área, torna-se difícil fazer recomendações de adubação específicas para cada espécie quando na produção de mudas. O problema tem sido contornado através de recomendações de adubação que assegurem o suprimento de nutrientes para as espécies mais



exigentes, de forma que as demais espécies também tenham suas demandas nutricionais atendidas, o que prova a necessidade de estudos que determinem melhor essa adubação.

Tendo-se consciência da necessidade de proteger as matas remanescentes, reflorestar as margens dos rios e dos reservatórios de água (CARNIEL et al., 1993) e também recuperar áreas degradadas, é preciso um estudo mais detalhado das espécies nativas, no que diz respeito às exigências nutricionais, tanto para produção de mudas quanto para seu desenvolvimento no campo.

## REFERÊNCIAS

CARNIEL, T. et al. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 209-210.

CARVALHO, M. M. Ações visando recuperação de áreas de pastagens degradadas. In: ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: CMCN/DEF/UFV, 1997. p. 202- 206.

FURTINI NETO, A. E. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* spp.** 1994. 99 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1994.

GARCIA, N. C. P. **Efeitos da calagem e de níveis de fósforo sobre o crescimento e composição mineral de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell).** 1986. 40 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1986.

ROCHA, R. C. et al. Crescimento inicial em solo degradado de sete espécies florestais nativas em resposta a fósforo e endomicorriza. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina, PE. **Anais...** Petrolina: SBCS/EMBRAPA – CPATSA, 1994, p. 87- 88.

## OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho e a nutrição mineral de mudas das espécies angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), ambas pertencentes à família Mimosaceae, em condições diferenciadas de disponibilidade de macronutrientes em três tipos de solo.

## CAPÍTULO 1

### REVISÃO DE LITERATURA

#### 1. NÍVEL CRÍTICO

Nível Crítico é a concentração de determinado nutriente com a qual a planta terá 10% de redução na sua *performance* máxima. Entretanto, há situações em que 10% de redução é inaceitável, em razão do valor da cultura em relação ao custo de fertilizante. Nesse caso, o NC pode ser definido como a concentração com a qual a planta apresentará *performance*, do ponto de vista econômico, muito próxima da máxima. A mudança no conceito de redução de 10, 5, ou 1% na *performance* da planta implica, na maioria das vezes, a necessidade de quantidades muito maiores de fertilizantes, seguindo-se a lei dos rendimentos decrescentes (FONTES, 2001).

O nível crítico é, entre os métodos de interpretação de análise química, o mais utilizado, apesar de algumas desvantagens, como a inabilidade de relacionar adequadamente a variação na concentração do nutriente com base na matéria seca com a idade da planta (MARTINEZ et al., 1999), ou seja, a aplicação de doses de acordo com o nível crítico só é válida para as mesmas condições em que este foi obtido.

A obtenção do nível crítico de um nutriente na planta pode ser feita pela análise de tecidos de populações de plantas da mesma espécie e variedade altamente produtivas, no campo, ou de ensaios em condições controladas (MARTINEZ et al., 1999).

No entanto, geralmente, procura-se relacionar as concentrações dos nutrientes na matéria seca de determinado órgão e o desempenho da planta com doses crescentes do nutriente adicionadas ao meio, desde que os demais fatores, como água, luz, solo etc., não sejam limitantes, buscando-se relações matemáticas entre elas, na maioria das vezes mediante modelos de regressão (FONTES, 2001).

De posse dos dados, ajusta-se um modelo (equação), relacionando o desempenho da cultura (Y) com as doses do nutriente adicionadas ao meio (X). Igualando a derivada da equação (equação 1) a zero, obtém-se a dose de nutrientes que propiciará a *performance* máxima. Outra relação possível de se fazer – que se pode definir como Z – é estabelecida entre os teores do nutriente no órgão analisado e as doses do nutriente aplicadas no meio (X), sendo obtida outra equação (equação 2), onde, substituindo a variável X pelo valor que propiciou a máxima *performance* da cultura, se obtém o valor ( $C_{100\%}$ ) da concentração do nutriente associada à máxima *performance* da cultura (FONTES, 2001).

O nível crítico do nutriente na planta também pode ser estabelecido visando-se à máxima eficiência econômica. Nesse caso, a derivada da equação 1 é igualada à relação de preços fertilizante/produto colhido, calculando-se o valor X e substituindo-o na equação 2 (FONTES, 2001).

A determinação de níveis críticos na planta e no solo permite recomendação mais adequada de fertilização, seja para a produção de mudas ou para seu estabelecimento.

A determinação de níveis críticos para produção de mudas é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos com espécies florestais nativas. Logo, o entendimento da nutrição das mudas e o uso de substratos de cultivo apropriado são fatores essenciais para definição de uma adequada recomendação de fertilização (GONÇALVES et al., 2000).

As variações das necessidades nutricionais de acordo com as espécies sofrem influência de diversas ordens; por exemplo: espécies pioneiras se

comportam diferentemente das espécies secundárias ou tardias; a associação com micorrizas é outro fator que altera os efeitos das adubações aplicadas; e o adequado balanço entre os nutrientes também é de grande importância, uma vez que a adição de grande quantidade de determinado nutriente pode inibir outro. Segundo Neves (1983), a necessidade de se conhecer os níveis críticos de um nutriente no solo, para dada espécie vegetal ou um grupo de espécies com características semelhantes, fundamenta-se não apenas em suas exigências nutricionais variáveis, mas também nas diferenças entre suas eficiências de absorção e, ou, de utilização do nutriente.

## **2. FUNÇÕES DOS MACRONUTRIENTES E RESPOSTA AO USO DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS EM ESPÉCIES FLORESTAIS**

### **2.1. Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)**

Uma importante função do Ca é a de integrar a parede celular; entretanto, ele também exerce importante papel na absorção iônica, particularmente na correção do efeito da concentração hidrogeniônica excessiva. A falta de cálcio afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz; aparecem núcleos poliplóides, células binucleadas, divisões amitóticas, cessando o desenvolvimento e levando ao escurecimento e à morte (COELHO, 1975).

Quanto ao magnésio, é importante constituinte da clorofila; logo, exerce papel fundamental na fotossíntese. Além disso, é um grande ativador enzimático, sendo co-fator de quase todas as enzimas fosforilativas, formando uma ponte entre o pirofosfato do ATP ou do ADP e a molécula da enzima.

Um dos grandes problemas dos solos brasileiros é sua elevada acidez, a qual se constitui num dos fatores ambientais que mais influenciam o crescimento, o desenvolvimento, a proliferação e a abundância das espécies num processo sucessional, uma vez que estas exibem tolerância diferenciada à acidez (FURTINI NETO et al., 1996).

A acidez do solo limita o crescimento de plantas, como resultado da interação de vários fatores, dentre os quais: a) aumento na concentração de  $H^+$  (toxidez); b) aumento na concentração de alumínio (toxidez); c) aumento na concentração de manganês (toxidez); d) diminuição na concentração de

cátions (deficiência de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ ); e) diminuição na solubilidade de P e Mo; e f) inibição do crescimento radicular e absorção de água (deficiência de nutrientes, estresse à seca, lixiviação de nutrientes) (MARSCHNER, 1995).

Para corrigir os efeitos negativos da acidez, faz-se a calagem do solo com a adição de cálcio e magnésio, que, de maneira geral, é recomendada na relação molar 4:1.

No entanto, no desenvolvimento e nutrição das plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) utilizando um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, Venturin et al. (2000) não obtiveram resposta das plantas ao aumento ou à redução da relação Ca:Mg, sendo o tratamento  $\text{CaCO}_3$  + Mg Sol o que proporcionou os melhores resultados na formação das mudas. Isso significa que o uso de calcário calcítico mais uma fonte solúvel de magnésio é mais efetivo que o uso de calcário dolomítico.

A prática da calagem tem dois objetivos fundamentais: correção da acidez do solo para diminuir ou até anular os efeitos tóxicos das altas concentrações ou saturações de Al, Mn e Fe; e correção das deficiências de Ca e Mg.

O efeito positivo da calagem no crescimento de oito espécies florestais foi verificado por Mann et al. (1996), sendo a intensidade de resposta variável conforme a espécie e a variável avaliada. As espécies mais responsivas apresentaram crescimento expressivo em relação a altura, diâmetro, matéria seca da raiz e matéria seca da parte aérea. Nesse mesmo trabalho verificou-se também que, dentre as espécies estudadas, o jacarandá-branco (*Platymiscium pubescens*) e a *Acacia auriculiformis* mostraram-se mais tolerantes à acidez do solo, não apresentando respostas importantes à calagem. Os autores ressaltaram que características das espécies, como o grau de tolerância às condições de acidez do solo, devem ser consideradas nos programas de revegetação, buscando otimizar o uso de insumos.

Em outro estudo, com eucalipto (*Eucalyptus grandis*) na fase de produção de mudas, a aplicação de apenas calagem e superfosfato simples não foi tão eficiente para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sem a aplicação conjunta de N (NOVAIS et al., 1980).

O calcário à base de carbonato de cálcio e magnésio é o material corretivo mais utilizado na neutralização da acidez do solo. A sua aplicação

contribui para o aumento dos teores de cálcio e magnésio e também a disponibilidade de fósforo e molibdênio; entretanto, pode provocar diminuição da disponibilidade de potássio e dos micronutrientes zinco, boro, manganês, cobre e ferro (RAIJ, 1991). Portanto, o excesso de calagem pode não ser benéfico. Isso foi observado em mudas de seringueira plantadas em Latossolo Amarelo Distrófico e de textura muito argilosa, pois em doses mais elevadas ( $2,25 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) ocorreram sintomas de deficiência dos micronutrientes Zn, Cu e B de forma tão drástica que provocaram a morte das plantas (SANTANNA et al., 1996). Todavia, nesse mesmo estudo, o uso de doses crescentes de cálcio, como carbonato, foi positivo e significativo para matéria seca de raiz, caule e folha. No entanto, a dose de 300 mg de Ca/kg de solo foi mais efetiva, pois apresentou matéria seca total superior aos demais, sem, contudo, provocar deficiência de micronutrientes.

O alumínio, presente em solos ácidos, é importante fator limitante ao crescimento de plantas, pois, em elevadas concentrações, além de ser tóxico a elas, pode interferir na disponibilidade de outros nutrientes (SILVA et al., 2002). Para minimizar problemas advindos do excesso desse elemento, usa-se aplicação de Ca e Mg ao solo.

Efeitos danosos do excesso de Al foram verificados em um Latossolo Vermelho-Escuro, Distrófico e Argiloso, sendo a variável associada à acidez do solo a que mais limitou o crescimento e desenvolvimento das espécies cássia-verrugosa [*Senna multijuga* (L.C. Rich) I&B], ipê-mirim [*Stenolobium stans* (Jun.) Seem], angico-do-cerrado [*Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.] e cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), por diminuir a aquisição de nutrientes pelas plantas. As espécies de crescimento mais rápido tiveram maior resposta quando se efetuou a correção da acidez, independentemente do seu estágio sucessional (FURTINI NETO et al., 1999). Isso permite inferir que espécies que apresentam crescimento rápido são mais exigentes quanto à calagem, ou seja, a taxa de crescimento das plantas influencia mais as exigências nutricionais do que seus aspectos ecológicos.

Resultados similares foram encontrados por Resende et al. (1996), investigando os fatores limitantes ao crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em solos ácidos, bem como sua influência na aquisição e utilização de nutrientes. Eles concluíram que a maior saturação por alumínio



fez com que todas as espécies apresentassem menor absorção de Ca, Mg e P. Nessas condições, a utilização destes nutrientes pelas plantas foi também limitada, resultando em redução acentuada na produção relativa de matéria seca total.

Para estimar a necessidade de calagem (NC), são usados em Minas Gerais dois métodos: “Métodos da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de Ca e de Mg trocáveis” e o “Método da Saturação por Bases” (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999).

A saturação por bases expressa a proporção da CTC ocupada por bases trocáveis – geralmente cálcio, magnésio, potássio e sódio – e seu aumento relaciona-se ao aumento de pH; essa relação, muito estreita, tem sido demonstrada em inúmeros trabalhos e regiões do mundo (RAIJ, 1991).

Dessa forma, existem vários estudos em que a adição de calcário é feita com o objetivo de aumentar a saturação por bases, conforme as necessidades da cultura. Por exemplo, em duas procedências de ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*) observou-se pequeno desenvolvimento radicular com elevada saturação por  $Al^{3+}$  (78%) e baixa saturação por bases (7%) no solo, principalmente em relação ao  $Ca^{+2}$ , nutriente de extrema importância na formação de raízes (SILVEIRA et al., 1995).

Em outro estudo, em resposta a diferentes saturações por base, o crescimento e a composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) apresentaram diferenças significativas, sendo a saturação por bases de 60% a que proporcionou maior crescimento das plantas (BARBOSA et al., 1995 a). No que diz respeito aos teores foliares, verificou-se que os teores de P aumentaram com as doses crescentes de cálcio; já para o K houve decréscimo dos teores com o aumento de cálcio; e N e S tiveram resposta sigmoidal devido à calagem e à interação entre nutrientes (BARBOSA et al., 1995 b).

Quanto à produção de mudas de angico-branco (*Anadenanthera colubrina*) e garapa (*Apuleia leiocarpa*), a adição da mistura corretiva ao substrato não causou resposta significativa em estudos de influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e na nutrição mineral, sugerindo que os teores de Ca ( $0,9 \text{ cmol/dm}^3$ ) e de Mg ( $0,4 \text{ cmol/dm}^3$ )

contidos no solo utilizado foram suficientes para suprir as necessidades das plantas (GOMES, 2002).

## **2.2. Fósforo (P)**

Dentre os três macronutrientes mais comumente constantes das fórmulas comerciais utilizadas nas fertilizações, o fósforo é exigido em menores quantidades pelas plantas, porém trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Tal fato se deve à natural carência nos solos brasileiros e também ao fato de o elemento ter forte interação com o solo, que causa sua fixação em forma não-disponível (RAIJ, 1991).

A concentração de fósforo requerida para o ótimo crescimento das plantas varia entre 1 e 5 g/kg na matéria seca, dependendo da espécie e do órgão analisado (FAQUIN, 1994).

O fosfato absorvido pelas células é rapidamente envolvido em processos metabólicos (MARSCHNER, 1995). Tem participação nas estruturas dos fosfolípidios, ésteres de carboidratos, coenzimas e ácidos nucleicos, no armazenamento e fornecimento de energia (ATP), além de funções oxidativas, que estão associadas com o transporte eletrônico na fase aeróbica da respiração, sendo a energia armazenada na forma de compostos ricos em energia empregada em reações e processos dos mais diversos (MALAVOLTA et al., 1989).

O P é bastante móvel na planta, sendo redistribuído facilmente pelo floema (MARSCHNER, 1995). Em razão disso, os sintomas de deficiência manifestam-se inicialmente nas folhas mais velhas, que podem mostrar cor amarelada, pouco brilho, cor verde-azulada, podendo ocorrer em algumas espécies uma tonalidade arroxeada (FAQUIN, 1994; TAIZ; ZEIGER, 2004). Devido ao papel do P na vida da planta, participando da síntese e degradação de macromoléculas, como amido, gorduras e proteínas, e de outros inúmeros processos metabólicos, a sua carência se reflete no menor crescimento das plantas (MARSCHNER, 1995).

Grande parte dos estudos envolvendo a determinação de nível crítico tem focado o elemento fósforo. Dentre estes, cita-se o de Passos et al. (1995), que em solos de diferentes texturas estimaram os níveis críticos de P

para produção de mudas de algaroba (*Prosopis juliflora*), os quais variaram de acordo com o solo: na parte aérea foi de 1,5 a 1,6 g/kg e para o solo, de 37,9 a 94,3 mg/dm<sup>3</sup>.

O crescimento de mudas de *Acacia mangium* em substrato constituído por mistura de 50% de Latossolo Roxo Distrófico e 50% de areia grossa respondeu às doses de fósforo aplicadas, sendo 400 g/m<sup>3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> suficiente para manter a relação biomassa das raízes/biomassa da parte aérea em torno de 0,50, revelando assim ser um bom padrão para produzir muda de qualidade (DANIEL et al., 1997).

Para o angico-amarelo (*Peltophorum dubium*), em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e argiloso com teor de P igual a 1 mg/dm<sup>3</sup> (extraídos por Mehlich 1), verificou-se elevada resposta à adição de pequenas doses de P, não sendo necessária a aplicação de doses superiores a 30 mg/dm<sup>3</sup> de P no solo quando as plantas foram inoculadas com micorrizas (FARIA et al., 1995a). Nas mesmas condições, Faria et al. (1995b) verificaram que *Albizia lebeck* respondeu positivamente a doses moderadas de fósforo quanto ao crescimento e à nodulação.

Em *Mimosa tenuiflora*, em um Latossolo variação Una, a resposta à aplicação de fósforo variou em função do nível de calagem, mostrando ter havido interação positiva entre os fatores. Os valores de níveis críticos para o P no solo e na planta foram de 49,5 mg/dm<sup>3</sup> (extrator Mehlich 1) e 1 g/kg, respectivamente (FERNÁNDEZ et al., 1996). A aplicação de P em mudas de freijó (*Cordia goeldiana*) favoreceu de forma crescente o seu desenvolvimento, notadamente o crescimento em altura e diâmetro (FERNANDES et al., 2002).

Em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, as espécies óleo-copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e guatambu (*Aspidosperma olivaceum*) revelaram alta resposta à adição de fósforo (PARON et al., 1996). O angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan) e a garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride) também responderam positivamente à aplicação de P, sendo os níveis críticos de P no solo de 13,88 e 32,50 mg/dm<sup>3</sup> (extrator Mehlich 1) e, na parte aérea, de 1,4 e 1,5 g/kg, para angico-branco e garapa, respectivamente (GOMES, 2002; GOMES et al., 2004).

A adição de P também proporcionou resposta positiva em mudas de *Acacia mangium*. Em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico, Dias et al. (1990)

encontraram para essa espécie valores de nível crítico no solo de 110,0 mg de P/dm<sup>3</sup> e, na folha, de 4,5 g/kg. Valores bem abaixo desses foram encontrados para mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) por Dias et al. (1991a), cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo álico, em que o nível crítico no solo foi de 26,06 mg/dm<sup>3</sup> (extrator Mehlich 1) e 1,2 g/kg na folha.

As espécies aroeirinha, paineira e jambolão, em um Latossolo variação Una, apresentaram níveis críticos de fósforo na parte aérea de 0,9, 0,7 e 1,1 g/kg, respectivamente (FERNANDES et al., 2000).

Para o eucalipto, foi observado que o nível crítico de P no solo diminuiu exponencialmente com o aumento da idade da planta (NOVAIS et al., 1982). Essa informação resultou no desenvolvimento do conceito de nível crítico de implantação e de manutenção; os valores dos níveis críticos de manutenção para esse gênero são significativamente menores do que os de implantação (NOVAIS et al., 1986). De maneira geral, esse comportamento vem sendo verificado em diferentes espécies florestais de rápido crescimento, em que a fase de muda demanda, em termos relativos, grande disponibilidade inicial de fósforo; com o desenvolvimento da planta, essa demanda tende a decrescer de maneira acentuada (DIAS, 1996).

### **2.3. Nitrogênio (N)**

O nitrogênio é o nutriente mais abundante nas plantas e também um dos mais exigidos, exercendo os efeitos mais rápidos e pronunciados sobre o desenvolvimento delas (COELHO, 1975).

Por ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa, o N não deixa efeitos residuais diretos das adubações, sendo seu manejo um dos mais difíceis (RAIJ, 1991). Para Malavolta et al. (1989), o nitrogênio é importante no metabolismo das plantas, principalmente como elemento integrante das proteínas vegetais, em suas relevantes funções como enzima, como reserva ou, mesmo, como constituinte estrutural.

A atmosfera contém aproximadamente 79% de N na forma gasosa, que não é diretamente aproveitável pelas plantas (FAQUIN, 1994). Desse modo, no solo, o nitrogênio pode ser encontrado nas formas orgânicas, e os dois

principais mecanismos que garantem a transferência do N do ar para o solo são a fixação biológica e a fixação atmosférica (RAIJ, 1991).

Em razão de ser um nutriente muito exigido pelas plantas, a aplicação de adubações nitrogenadas propicia efeitos positivos ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Um exemplo desse efeito foi testado por Berger e Glatzel (2001), os quais constataram que a fertilização nitrogenada para a espécie carvalho (*Quercus petraea*) afetou positivamente a produção de biomassa, o número de folhas e as áreas foliar e radicular.

O crescimento de mudas de guarantã (*Esenbeckia leiocarpa*), avaliado por altura e diâmetro, sob sombreamento e adubação nitrogenada em um Latossolo Vermelho Amarelo de textura média também respondeu positivamente à adição de N, porém não influenciou as variáveis número de folhas e sobrevivência (CRESTANA et al., 1995).

Em mudas de quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) e *Acacia mangium* cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, houve redução no crescimento em razão da não-aplicação de nitrogênio (BRAGA et al., 1995). Similarmente, nesse mesmo tipo de solo, as espécies fedegoso (*Senna macranthera* Collad. I&B) e angico-amarelo (*Peltophorum dubium* Spreng Talb.) também apresentaram menor crescimento, em razão da omissão de nitrogênio (CARNIEL et al., 1993).

Dependendo da quantidade de matéria orgânica presente no solo, a aplicação de N não surtirá efeitos, uma vez que com o processo de mineralização haverá liberação desse nutriente para a planta. Isso foi evidenciado no estudo de Oliveira et al. (1998) com mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* DUKE) cultivadas em Podzólico Vermelho-Escuro de textura média, em que a aplicação de N não exerceu efeitos significativos nos diversos parâmetros estudados, em razão do alto teor de matéria orgânica presente no solo.

As formas de N metabolizáveis pelas plantas e que são de maior interesse para a nutrição são  $\text{N-NH}_4^+$  (amônio) e  $\text{N-NO}_3^-$  (nitrato) (MARSCHNER, 1995).

Portanto, diversos ensaios são instalados com o objetivo de avaliar as diferentes relações  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  em solução nutritiva sobre o crescimento de mudas. Para aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*), observou-se que o crescimento em altura e diâmetro e a produção de matéria seca da parte aérea

e das raízes foram favorecidos pelo fornecimento simultâneo de N amoniacal e nítrico (MIRANDA et al., 1996).

Na produção de mudas de *Pseudotsuga menziesii*, Driessche (1975) avaliou o efeito das formas nítrica e amoniacal aplicadas em seis doses e constatou que o peso de matéria seca de parte aérea e raízes, em todas as doses, foi significativamente maior nos tratamentos que receberam a forma amoniacal. Para essa mesma espécie, Driessche (1978) demonstrou que, sob condições ácidas, a forma nítrica resultou em maior crescimento das mudas, quando comparada à forma amoniacal, ocorrendo o oposto sob condições neutras.

As respostas das plantas à adubação nitrogenada variam com o solo, a espécie, a dose e a fonte de N, podendo, ainda, necessitar da associação com micorrizas para que o efeito seja significativo, como é o caso de algumas espécies nativas. Esse fato foi testado nas espécies óleo-copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e guatambu (*Aspidosperma olivaceum*) em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, mas estas não responderam à adubação nitrogenada. No que diz respeito à colonização micorrízica, somente a copaíba apresentou micorrização; todavia, as espécies não apresentaram dependência ao micotrofismo (PARON et al., 1996).

Por sua vez, a micorrização em mudas de fedegoso (*Senna macranthera*), cássia-verrugosa (*Senna multijuga*), cinamomo (*Melia azedarach*) e jacarandá-mimoso (*Jacaranda mimosaeifolia*) não influenciou o crescimento e a resposta à adição de N-mineral (PEREIRA et al., 1996).

A alta exigência de nitrogênio pelas plantas implica teores na matéria seca, de maneira geral, variando de 20 a 50 g/kg (FAQUIN, 1994).

Trabalhando com mudas de cedro (*Cedrela fissilis*) cultivadas em solução nutritiva, Silva e Muniz (1995) encontraram, em plantas submetidas ao tratamento completo, um teor de nitrogênio nas folhas normais (34,5 g/kg), enquanto no tratamento sem adição do nutriente o teor encontrado nas folhas foi de 11,3 g/kg. Já Muniz e Silva (1995), trabalhando com mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) também cultivadas em solução nutritiva, encontraram teores de nitrogênio nas folhas de 27,3 g/kg no tratamento completo e 12,4 g/kg no tratamento com ausência de nitrogênio.

Em mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*) cultivadas em solução nutritiva, Marques et al. (2004) verificaram teores de nitrogênio nas folhas variando de 24,80 g/kg no tratamento completo a 30,50 g/kg no tratamento com omissão do nutriente. Ao contrário, mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em um Cambissolo apresentaram teores do nutriente nas folhas que vão de 28,9 g/kg no tratamento completo, diminuindo para 13,6 g/kg no tratamento em que se omitiu o nutriente (VENTURIN et al., 2000).

O teor de N na matéria seca da parte aérea de mudas de angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) em Latossolo Vermelho-Amarelo, segundo Venturin et al. (1999), foi de 16,2 g/kg no tratamento completo, caindo para 7,3 g/kg sob omissão do nutriente. Esses valores são parecidos aos verificados para mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*) no mesmo tipo de solo, que variaram de 15,2 g/kg a 7,1 g/kg do nutriente na matéria seca de parte aérea (DUBOC et al., 1996b).

O nitrogênio é um constituinte das moléculas de clorofila. Portanto, sob sua deficiência, ocorre proteólise das proteínas e redistribuição dos aminoácidos, o que resulta no colapso dos cloroplastos e diminuição na quantidade de clorofila da planta (MARSCHNER, 1995). Conseqüentemente, em plantas deficientes de N, observam-se folhas amareladas e crescimento reduzido, sendo as folhas mais velhas as que apresentam primeiramente o sintoma, em razão de o elemento ser móvel na planta e, portanto, ser retranslocado para as folhas novas pelo floema, por ser este órgão de prioridade na planta e estar com o crescimento mais ativo.

O amarelecimento de folhas foi percebido em mudas de cedro (*Cedrela fissilis*) cultivadas em solução nutritiva, na ausência de N. De acordo com Silva e Muniz (1995), inicialmente a perda da coloração verde natural das folhas foi substituída pela coloração verde-citrina das folhas mais velhas. Com o progresso dos sintomas, todas as folhas tiveram amarelecimento generalizado, incluindo as nervuras, além de redução no crescimento do sistema radicular e da parte aérea das mudas.

A omissão de N também causou clorose em mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*), nas folhas mais velhas, no terceiro mês após a repicagem; no quarto mês, as plantas mostraram clorose generalizada (MENDONÇA et al., 1999). Em outro estudo, em *Eucalyptus citriodora* cultivado

em solução nutritiva, Maffeis et al. (2000) também observaram clorose, que se apresentou inicialmente com coloração verde-clara nas folhas mais velhas, progredindo com o passar do tempo para um amarelecimento generalizado, proporcionando assim rápida senescência das folhas.

#### **2.4. Potássio (K)**

O K é o segundo nutriente mais exigido pelas culturas (RAIJ, 1991; FAQUIN, 1994). Ele é absorvido como  $K^+$ , sendo o cátion mais importante na fisiologia vegetal (RAIJ, 1991). De acordo com Malavolta et al. (1989) e Marschner (1995), o nutriente não faz parte de nenhum composto orgânico e não desempenha função estrutural na planta. Portanto, as principais funções do K na planta são as de ativação enzimática, fotossíntese, transporte de carboidratos e osmorregulação.

Grande parte do K total da planta se encontra na forma solúvel, tornando a sua redistribuição bastante fácil no floema (FAQUIN, 1994; MARSCHNER, 1995). Assim, em condições de baixo suprimento do nutriente pelo meio, ele é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas e regiões em crescimento; logo, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas velhas, caracterizada por clorose, seguida de necrose nas pontas e margens das folhas, havendo ainda acúmulo de putrescina nas regiões lesadas (MARSCHNER, 1995).

Em mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*), os sintomas de deficiência de K apareceram quando as mudas tinham idade mais avançada, iniciando-se por pontos e depois por faixas cloróticas, sobretudo nas bordas das folhas mais velhas, que posteriormente necrosaram e caíram (MUNIZ; SILVA, 1995). Em relação aos teores desse elemento na folha para essa espécie, os mesmos autores determinaram a concentração, que variou de 18 a 5,4 g/kg nos tratamentos completo e com a ausência do nutriente, respectivamente.

A manifestação de deficiência de K em mudas de cedro (*Cedrela fissilis*), observada em estudos de Silva e Muniz (1995), resultou inicialmente em murchamento dos folíolos mais velhos. Em seguida, ocorreu o aparecimento de pequenos pontos cloróticos em todo o limbo foliar, que progrediram por toda



a folha, transformando-se em manchas escuras, especialmente nas margens dos folíolos, com posterior queda destes. Esses autores encontraram ainda concentrações foliares de potássio para esta espécie, que variaram entre 11,8 e 2,7 g/kg, respectivamente nos tratamentos completo e com omissão de K.

Em mudas de *Eucalyptus citriodora* também foram observados sintomas visuais de deficiência de K em tratamentos em que este nutriente foi omitido, que se caracterizaram por leve clorose marginal das folhas mais velhas (MAFFEIS et al., 2000). A concentração de K obtida aos 11 meses de idade pelos autores nos tratamentos completo e com omissão de K foram de 13,0 e 3,4 g/Kg, respectivamente.

O requerimento de K para um ótimo crescimento das plantas se encontra entre 20 e 50 g/kg na matéria seca, variando esses teores de acordo com a espécie e o órgão analisado (MARSCHNER, 1995).

Apesar dessa grande exigência de K pelas plantas, a espécie jatobá (*Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa*) apresenta baixo requerimento para os macronutrientes, principalmente o K, conforme estudos de Duboc et al. (1996b); além disso, as espécies pioneiras mostraram grande eficiência de uso desse elemento (LIMA et al., 1994).

Em plantas de óleo-copaíba (*Copaifera langsdorffii*) cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo também se observou pequena demanda nutricional para potássio (DUBOC et al., 1996a). Segundo esses mesmos autores, houve tendência de maior produção de matéria seca de parte aérea com a omissão do nutriente, em comparação ao tratamento completo; quanto ao comportamento das plantas em relação à altura e diâmetro, não houve diferença.

Em ensaios com mudas de seringueira, a aplicação de doses crescentes de potássio não provocou respostas acentuadas nas diferentes partes das plantas, à exceção da matéria seca da raiz no tratamento que não recebeu potássio. Em doses mais altas (acima de 660 mg/dm<sup>3</sup>), verificou-se deficiência de Mg induzida por excesso de K, que tem sido constatada, ou pelo menos sugerida, em solos ácidos, onde a cultura, por suas exigências nutricionais, recebe doses elevadas de adubos potássicos (ALVES et al., 1996).

As espécies pioneiras e secundárias, quando comparadas com o conjunto de espécies clímax, mostraram-se mais eficientes em adquirir o K

natural do solo, bem como aquele aplicado via fertilizante. A adição de K aumentou a absorção de N e P em algumas espécies e diminuiu a absorção de Ca e Mg em outras (SILVA et al., 1996).

A omissão de potássio não reduziu o crescimento de mudas das espécies canafístula (*Senna multijuga*), cedro (*Cedrela fissilis*), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) e jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média. A falta de resposta, em razão da omissão de K, poderia estar relacionada à presença de mica, mineral supridor de K no solo utilizado neste trabalho (RENÓ et al., 1997). De maneira similar, o crescimento inicial de mudas de embaúba (*Cecropia* sp.), fedegoso (*Senna macranthera*), cássia (*Senna multijuga*) e angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) foi indiferente à omissão de K em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com baixa disponibilidade do nutriente (CARNIEL et al., 1993).

No entanto, as mudas de angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo responderam à aplicação de K, mostrando diferença significativa para a característica diâmetro do coleto entre o tratamento completo e o tratamento em que houve a omissão desse elemento (VENTURIN et al., 1999). Entretanto, de acordo com esses autores, não ocorreu diferença significativa para as características altura e produção de matéria seca do sistema radicular.

Em mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) cultivadas em Argissolo Vermelho distrófico, houve resposta positiva e linear à aplicação de K, ocorrendo a partir dos 30 até os 120 dias depois da emergência e tornando-se quadrática aos 140 dias após a emergência das mudas (NICOLOSO et al., 2001). Esse efeito, segundo os mesmos autores, ocorreu porque o solo em questão apresentava teor muito baixo de potássio (16 mg/dm<sup>3</sup>).

Em mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis* cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico de textura argilosa não se verificaram efeitos da adubação potássica nas características diâmetro do caule, altura e matéria seca da parte aérea (BALIEIRO et al., 2001).

Ausência de resposta à aplicação de potássio também foi detectada por Novais et al. (1979) em mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em Latossolos. Todavia, mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico apresentaram resposta quadrática à

aplicação de K para as características diâmetro do colo e altura da parte aérea, sendo possível definir a dose para formação de mudas dessa espécie em  $30 \text{ mg/dm}^3$  (REIS et al., 1997).

Em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico de textura argilosa, onde se cultivaram mudas de *Mimosa tenuiflora*, Paredes et al. (1995) verificaram que houve aumento da produção de matéria seca, altura e diâmetro das mudas em resposta à aplicação das diferentes doses de potássio, o que permitiu determinar o nível crítico do nutriente no solo de  $16,61 \text{ mg/dm}^3$  e de  $2,2 \text{ dag/kg}$  na planta para a espécie estudada. No Latossolo variação Una álico de textura argilosa, essa mesma espécie também respondeu à aplicação de potássio. Constatou-se aumento da produção de matéria seca com o aumento de doses deste nutriente, com a máxima produção de  $1,72 \text{ g}$  obtida com uma dose equivalente a  $38,0 \text{ mg/dm}^3$  de potássio; os valores de nível crítico do nutriente no solo e na planta foram de  $16,6 \text{ mg/dm}^3$  e  $0,63 \text{ dag/kg}$ , respectivamente (FERNÁNDEZ et al., 1996).

A espécie *A. mangium* cultivada em um Latossolo-Vermelho Amarelo álico não respondeu à adição de potássio, apesar de apresentar consumo de luxo do nutriente, conforme se verificou pelas curvas de teores de K nas folhas e no caule + ramos, ajustadas em função das doses aplicadas do nutriente (DIAS et al., 1991b). Já as mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) cultivadas nesse mesmo solo por Dias et al. (1992) apresentaram resposta significativa para a característica matéria seca total após 190 dias do plantio. Os mesmos autores determinaram ainda o nível crítico de K de  $27,4 \text{ mg}$  de  $\text{K/dm}^3$  de solo e verificaram que os teores de K na parte aérea das plantas apresentaram tendência de acréscimo com o aumento das doses aplicadas, tendo determinado um nível crítico foliar de  $0,7 \text{ dag/kg}$  de K.

## **2.5. Enxofre (S)**

O S também é motivo de estudos em diversos ensaios, uma vez que exerce funções importantes nas plantas. Ele faz parte da estrutura de vários aminoácidos, bem como de proteínas, vitaminas e coenzimas. Além disso, participa de diversas reações do metabolismo das plantas (MALAVOLTA et al., 1989).

Na planta, é encontrado em teores que variam de 2 a 5 g/kg da matéria seca (MARSCHNER, 1995). As necessidades, de acordo com esse autor, para a maioria das culturas estão na faixa de 10 a 30 kg/ha de S, podendo ser mais elevadas para as culturas exigentes (FAQUIN, 1994). Esses valores, de acordo com Rajj (1991), são muito mais altos do que a atmosfera pode suprir em condições normais médias. Portanto, com o passar do tempo, a matéria orgânica do solo deve suprir cada vez menos enxofre, de maneira similar ao que acontece com o nitrogênio, com a diferença de que, no caso do enxofre, pode-se esperar acúmulo do nutriente no solo por causa das adubações.

As respostas à adubação com enxofre não têm sido tão comuns quando as culturas recebem níveis baixos de adubação com N e P; no entanto, quando estes nutrientes são adicionados em quantidades apreciáveis e as culturas são intensivas, a deficiência de enxofre se apresenta em muitos solos (ALVAREZ, V., 1974). Apesar disso, respostas de culturas a enxofre têm sido freqüentes em experimentos realizados no Brasil e outras regiões tropicais (ALVAREZ V., 1974; FOX; BLAIR, 1986).

Em estudos de produção de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) conduzidos por Reis et al. (1997), utilizando dois níveis de sombreamento num Latossolo Vermelho-Amarelo álico de textura argilosa, verificou-se que as mudas responderam negativamente quanto ao crescimento em diâmetro do coleto e à produção de matéria seca, sugerindo que o teor do nutriente existente no solo, que foi de 4,8 mg/dm<sup>3</sup>, seja superior ao nível crítico exigido pela espécie. Nesse mesmo estudo, os autores concluíram também que o crescimento das mudas foi alterado de forma significativa em razão do sombreamento.

Em mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel), num Latossolo Vermelho-Amarelo álico de textura argilosa, não foi observada resposta para o S. Como a quantidade inicial deste elemento no solo estudado era de 5,1 mg/dm<sup>3</sup> de solo, inferiu-se que o nível crítico desse nutriente é inferior a esse valor (DIAS et al., 1992).

Em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico e de textura argilosa em estudos com as espécies *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*, observou-se que esta última não respondeu positivamente à adubação com S, sugerindo que o nível crítico seja abaixo do encontrado no substrato utilizado

(5,1 mg/dm<sup>3</sup>); por sua vez, *Acacia holosericea* respondeu positivamente, permitindo estabelecer o seu nível crítico no solo de 8,89 mg/dm<sup>3</sup> (BALIERO et al., 2001).

A falta de S também afetou o crescimento da parte aérea e da raiz das plantas de *A. mangium*, bem como a produção de matéria seca, o diâmetro do caule e a altura de plantas de quaresmeira (*Tibouchina granulosa*); a produção de matéria seca e o diâmetro do caule de plantas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*); e a biomassa da parte aérea e radicular, bem como a altura de plantas de pereira (*Platycomus regnellii*) que foram cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo, utilizando a técnica do nutriente faltante (BRAGA et al., 1995). Ainda de acordo como esses mesmos autores, as quatro espécies estudadas apresentaram menores teores de enxofre na matéria seca de parte aérea nos tratamentos com omissão do nutriente quando comparado ao tratamento completo, sendo esses teores de 0,7 e 1 g/kg para *A. mangium*; 0,9 e 1,3 g/kg para quaresmeira; e 1,5 e 1,7 g/kg para peroba-rosa, nos tratamentos com omissão de S e completo, respectivamente.

Em mudas de embaúba (*Cecropia sp.*), ipê-mirim (*Stenolobium stans*), fedegoso (*Senna macranthera*), cássia (*Senna multijuga*) e angico-amarelo (*Peltophorum dubium*), cultivados num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, houve decréscimo de 50% no teor foliar de enxofre quando este deixou de ser fornecido através da fertilização. Dessa forma, verificou-se elevado requerimento nutricional para enxofre pelas espécies estudadas (CARNIEL et al., 1993).

Em outro estudo, utilizando um Latossolo Vermelho-Amarelo de fertilidade natural muito baixa, a omissão do nutriente prejudicou o crescimento de mudas de cedro (*Cedrela fissilis*), jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) e canafístula (*Senna multijuga*), refletindo na produção de matéria seca (RENÓ et al., 1997); logo, em solos dessa natureza, a aplicação de S é fundamental.

Mudas de *Mimosa tenuiflora* em um Latossolo Vermelho-Amarelo tiveram aumento na produção de matéria seca, altura e diâmetro como consequência das diferentes doses de S usadas. Com os resultados, foi possível determinar o nível crítico de enxofre no solo e na planta: 16,61 mg/dm<sup>3</sup> e

2,2 g/kg, respectivamente (PAREDES et al.,1995). Fernández et al. (1996), trabalhando com mudas da mesma espécie, porém cultivadas em um Latossolo variação Una álico, verificaram que a aplicação de diferentes doses de enxofre ao substrato de plantio também proporcionou aumento da produção de matéria seca das plantas, sendo os níveis críticos no solo e na planta de 17,6 mg/dm<sup>3</sup> e 1,1 g/kg, respectivamente.

Ao contrário dos resultados anteriores, a omissão do S não afetou o crescimento em altura e a produção de matéria seca da parte aérea e radicular, em mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*) (MENDONÇA et al.,1999). Já para *Eucalyptus citriodora*, o S reduziu o crescimento em altura das plantas (MAFFEIS et al., 2000).

Em solução nutritiva, onde se cultivaram mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*), a omissão de enxofre reduziu o teor do nutriente em todas as partes da planta, especificamente nas folhas e no caule, tendo-se observado concentrações de 2,20 e 1,43 g/kg, respectivamente, contra teores de 2,70 e 2,23 g/kg de S nas plantas submetidas ao tratamento completo (MARQUES et al., 2004). Esse efeito também foi verificado em mudas de angico-amarelo (*Peltophorum dubium*), para as características altura e diâmetro, que alcançaram maiores valores no tratamento completo quando comparado ao tratamento da omissão do nutriente, o que afetou o crescimento das mudas (VENTURIN et al., 1999). Nesse mesmo estudo, verificou-se que o teor de S no tratamento completo (0,36 g/kg) foi inferior ao encontrado no tratamento com a omissão deste devido a um efeito de diluição do nutriente, em virtude de sua maior produção de matéria seca.

### 3. REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1974.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: ALVAREZ V., V. H.; GUIMARÃES, P. T. G.; RIBEIRO, A. C. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5<sup>a</sup> aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 43-60.

ALVES, V. M. C. et al. Efeito da adubação potássica na produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Universidade de Manaus, 1996. p. 335-336.

BALIERO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: resposta a calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.

BARBOSA, Z. et al. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Fr. All) Eng. ) sob diferentes saturações por bases. I. Crescimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995a, p. 806-809.

BARBOSA, Z. et al. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Fr. All) Eng. ) sob diferentes saturações por bases. II. Teor foliar de macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 1995b, p. 809-810.

BERGER, T. W.; GLATZEL, G. Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization. **Forest Ecology and Management**, v. 149, n. 1, p. 1-14, 2001.

BRAGA, F. A. et al. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.

CARNIEL, T. et al. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 209-210.

CARVALHO, M. M. Ações visando recuperação de áreas de pastagens degradadas. In: ENCONTRO PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: CMCN/DEF/UFV, 1997. p. 202-206.

COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1975. 384 p.

CRESTANA, C. S. et al. Sombreamento e adubação nitrogenada no crescimento de mudas de guarantã – *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae). **Revista do Instituto Florestal**, v. 7, n. 2, p. 115-123, 1995.

DANIEL, O. et al. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, v. 21, n. 2, p. 136-168, 1997.

DIAS, J. E., ALVAREZ V., V. H., BRIENZA JUNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 11-22, 1991a.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel). I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991b.

DIAS, L. E. O papel das leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas. Parte II. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., Curitiba, 1996. **III Curso...** Curitiba: UFP, FUPEF, APEF, 1996. p. 17-28.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V, V. H.; JUNIOR, S. B. Formação de mudas de *Acacia mangium*: 1. Resposta à calcário e a fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990. Campos do Jordão, SP. **Anais...** Campos do Jordão: SBS, p. 449-453, 1990.

DRIESSCHE, R. V. D. Response of *Douglas fir* seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources at different levels of pH and iron supply. **Plant and Soil**, v. 49, n. 3, p. 607-623, 1978.

DRIESSCHE, R. V. D. Response of *Douglas-fir* seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources under various environmental conditions. **Plant and Soil**, v. 42, n. 3, p. 685-702, 1975.

DUBOC, E. et al. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba). **Cerne**, v. 2, n. 2, p. 1-12, 1996a.

DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá (*Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang). **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996b.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL : FAEPE, 1994. 227 p.

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**, v. 19, n. 4, p. 433-446, 1995a.

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

FERNANDES, A. R. et al. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber.). **Revista de Ciências Agrárias**, n. 37, p. 123-131, 2002.

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



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

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001.

FOX, R. L.; BLAIR, G. J. Plant response to sulfur in tropical soils. In: TABATABAI, M. A. (Ed.). **Sulfur in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 405-434.

FURTINI NETO, A. E. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* spp.** 1994. 99 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1994.

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, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Universidade de Manaus 1996. p. 238-239.

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

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

GOMES, K. C. O. **Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e nutrição mineral de mudas de angico-branco e garapa**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2002.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e ausência da calagem. **Revista Árvore**, v. 10, n. 1, p. 91-104, 1986.

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

LIMA, H. N. et al. Resposta à adubação e requerimentos nutricionais de sete espécies florestais arbóreas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina, PE. **Anais...**Petrolina: SBCE/EMBRAPA – CPATSA, 1994. p. 290-291.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 87-98, 2000.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 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, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Universidade de Manaus, 1996. p. 240-241.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação**. Viçosa? CFSEMG, 1999. p. 143-168.

MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Aroeira do sertão). **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

MIRANDA, J. R. P. et al. Respostas da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) a diferentes relações  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ . In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Universidade de Manaus, 1996. p. 270-271.

MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Muller Argoviensis) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v. 19, n.2, p.263-271, 1995.

NEVES, J. C. L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp. Tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. 1983. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1983.

NICOLOSO, F. T. et al. Nutrição mineral de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) em Argissolo Vermelho Distrófico arênico. (1) Efeito da adubação NPK no crescimento. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1-8, 2001.

NOVAIS, R. F. et al. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). I. Efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Revista Árvore**, v. 3, n. 2, p. 121-134, 1979.

NOVAIS, R. F. et al. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden). III. Efeitos da calagem, do superfosfato simples e de um fertilizante NPK. **Revista Árvore**, v. 4, n. 2, p. 111-123, 1980.

NOVAIS, R. F. et al. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista Árvore**, v. 6, n. 1, p. 29-37, 1982.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp. – Níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, v. 10, n. 1, p. 105-111, 1986.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Relação fonte-dreno de fósforo no solo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. (Eds.). **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. p. 2-6.

OLIVEIRA, J. M. F. et al. Respostas de mudas de Angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 9, p. 1-5, 1998.

PAREDES, J. Q. et al. Formação de mudas de *Mimosa tenuiflora*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 813-815.

PARON, M. E. et al. Crescimento da copaíba e guatambú em resposta a fungo micorrízico, superfosfato, nitrogênio e fumigação do solo. **Cerne**, v. 2, n. 2, p. 15-30, 1996.

PASSOS, M. A. A. et al. Níveis de fósforo para algaroba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 811-812.

PEREIRA, E. G. et al. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 653-662, 1996.

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

REIS, M. G. F. et al. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 21, n. 4, p. 463-471, 1997.

RENÓ, N. B. et al. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1997.

RESENDE, A. V. 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, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Universidade de Manaus, 1996. p. 242-243.

SANTANNA, C. A. F. et al. Produção de matéria seca em mudas de seringueira submetidas a diferentes doses de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Universidade de Manaus, 1996. p. 337-338.

SILVA, I. R. et al. Absorção de nutrientes em espécies florestais sob influência da adubação potássica. **Revista do Instituto Florestal**, v. 8, n. 2, p. 99-108, 1996.

SILVA, I. R. Physiological aspects of aluminum toxicity and tolerance in plants. **Tópicos Ci. Solo**, v. 2, p. 277-335, 2002

SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S. Exigências nutricionais de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v. 19, n. 3, p. 415-425, 1995.

SILVEIRA, R. L.V. A. et al. Avaliação do estado nutricional de duas procedências de ipê felpudo (*Zeyheria tuberculosa*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 797-799.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém, et al. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

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

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

## **CAPÍTULO 2**

### **CRESCIMENTO e NUTRIÇÃO DE MUDAS de ANGICO-VERMELHO (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) SOB DIFERENTES DOSES DE MACRONUTRIENTES**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O angico-vermelho é uma árvore da família Mimosaceae, que pode ter altura variando de 13 a 20 m e tronco com 40-60 cm de diâmetro quando adulta. Ocorre desde o Maranhão e Nordeste do País até São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso. É uma espécie decídua, pioneira heliófita e seletiva xerófila. É bastante freqüente nos chamados cerradões e matas de galeria de todo o Brasil (LORENZI, 2000).

Segundo Carvalho (2003), a espécie apresenta expressiva regeneração natural, ocorrendo indiferentemente em solos secos e úmidos, sendo tolerante a solos rasos, compactados, mal drenados e até encharcados, de textura média a argilosa.

Apresenta crescimento de moderado a rápido, podendo atingir, quando em ótimas condições, produtividades de até 25,55 m<sup>3</sup>/ha/ano (CARVALHO, 2003). De acordo Lorenzi (2000), a característica de rápido crescimento a torna interessante para ser aproveitada em reflorestamentos de áreas degradadas.

Sua madeira, considerada densa (0,84 a 1,10 g/cm<sup>3</sup>), é própria para construção civil e naval, além de servir para confecção de dormentes e uso em

marcenarias. A casca é rica em tanino (13,6 a 20%), muito utilizado em curtumes. Também se presta à arborização de parques e praças, devido a sua exuberante floração; além disso, suas flores são melíferas (LORENZI, 2000).

Também é ótima para produção de carvão, uma vez que sua madeira possui alto teor de lignina; tal qualidade, no entanto, a torna imprópria para produção de celulose (CARVALHO, 2003).

Apresenta, ainda, possibilidades de uso na alimentação animal, sendo boa forragem com aproximadamente 14% de proteína bruta e 49% de digestibilidade, devendo, para tal fim, ser usada na forma de feno. É de uso medicinal, na forma de xaropes, tinturas, maceração, apresentando propriedades adstringentes e hemostáticas (CARVALHO, 2003).

Uma vez que a espécie possui potencial para uso em diversas finalidades, alguns estudos relacionados à sua fertilização têm sido realizados, visando a melhoria da qualidade das mudas produzidas, o que aumentaria as chances de sucesso na implantação no campo.

Dentre esses estudos podem-se citar os de Schumacher et al. (2004), os quais verificaram que a espécie é responsiva à aplicação de P, apresentando os maiores valores de crescimento quando são aplicados 450 mg de P/dm<sup>3</sup>. Já Bernardino et al. (2005) concluíram que as características morfológicas da espécie não foram influenciadas pelo aumento de saturação por bases quando as mudas foram cultivadas em um Argissolo; todavia, em Latossolos (distrófico e álico), o aumento da saturação por bases (de 14 a 70% no Latossolo distrófico e de 3 a 65% no Latossolo álico) ocasionou mudas de melhor qualidade. Em relação à aplicação de N e seu efeito sobre o crescimento do angico-vermelho, Marques (2002) afirma que, na produção de mudas de angico-vermelho, a dose de 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, tendo como fonte o sulfato de amônio, é a que garante uma muda de melhor qualidade.

Apesar de esses estudos já possibilitarem indicação mais acertada da fertilização para produção das mudas, pelo menos para o P, N, Ca e Mg, faltam estudos de outros nutrientes, bem como sobre o comportamento conjunto da aplicação de todos eles.

Portanto, os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Determinar a dose de cada macronutriente que deverá contribuir para o melhor crescimento das mudas quanto às características

altura, diâmetro, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raiz e peso de matéria seca total.

- Verificar o teor e o conteúdo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na raiz e na parte aérea, em razão da aplicação de doses crescentes de fertilizantes contendo os macronutrientes.
- Determinar o nível crítico dos macronutrientes no solo e na planta.
- Verificar a influência das doses crescentes de um nutriente sobre os teores e conteúdos de outros nutrientes, na parte aérea.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no viveiro de pesquisas florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, no período de dezembro de 2004 a maio de 2005.

Nesse período, a temperatura média diária foi de 21,1 °C, a média das máximas, de 26,5 °C, e a média das mínimas, de 17,7 °C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 7,5 mm e 76,7%, respectivamente.

### 2.1. Caracterização do solo

As amostras de solos utilizadas como substratos na produção das mudas foram retiradas cerca de 30 cm abaixo da camada superficial de três tipos de solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais (RESENDE et al., 1988), dos quais foram determinadas as características físicas (Tabela 1) e químicas (Tabela 2).

**Tabela 1** - Análise física das amostras de solos utilizados na produção das mudas

Solo	Granulometria				Classe textural
	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	27	18	16	39	Franco-argilosa
Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA)	21	16	8	51	Argilosa
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVD)	14	17	9	60	Muito argilosa

**Tabela 2** - Análise química das amostras utilizadas na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos

Solo	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	m
	(H <sub>2</sub> O)	(mg/dm <sup>3</sup> )			(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )					(%)	
PVA	6,00	2,10	14	1,60	0,10	0,00	3,63	1,74	5,37	32	0
LVA	4,80	1,40	32	0,20	0,00	0,80	3,96	0,28	4,24	7	74
LVD	5,20	0,80	49	0,30	0,00	0,00	1,82	0,43	2,25	19	0

pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub>- relação 1: 2,5.

P e K - extrator Mehlich 1.

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> – extrator: KCl 1 mol/L.

H + Al – extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0.

Os solos utilizados no experimento pertencem a duas classes, como descrito a seguir.

**Argissolo Vermelho-Amarelo:** antigo Podzólico Vermelho-Amarelo. Forma uma classe bastante heterogênea de solos, que tem em comum um aumento substancial no teor de argila, com profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte A para o horizonte B. Pode ser eutrófico (geralmente os mais vermelhos), distrófico ou álico. Pode ser muito arenoso ou muito argiloso, e as transições de textura entre os horizontes A e B podem ser bruscas ou graduais. Tende a ter menor perda por lixiviação e a sofrer perdas mais drásticas com pequeno aumento da declividade. Por outro lado, sendo eutrófico, possui, em geral, razoáveis teores de minerais primários facilmente intemperizáveis fornecedores de nutrientes (RESENDE et al., 1988).

**Latossolo Vermelho-Amarelo (LV):** é uma classe de solos bastante ampla no que se refere à coloração e teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. São solos muito expressivos no domínio pedobioclimático do Mar de Morros Florestados e também ocorrem no Planalto Central. São geralmente distróficos (V < 50 %) ou álico (m > ou igual a 50%). Na classificação atual de solos, foram divididos em LV álicos, LV distróficos e LV eutróficos (RESENDE et al., 2002).

Os tratamentos foram obtidos segundo uma matriz baconiana (TURRENT, 1979), em que se pretendeu avaliar seis nutrientes (N, P, K, Ca,



Mg e S) em três diferentes doses e, ainda, dois tratamentos adicionais, sendo um com doses de referência e outro sem adição de nutrientes, totalizando 20 tratamentos (Tabela 3), que foram dispostos em delineamento de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições.

A parcela experimental foi constituída por um vaso de polipropileno rígido, contendo cada um 2,1 dm<sup>3</sup> de solo e uma muda.

As sementes de angico-vermelho foram adquiridas no setor de Silvicultura do DEF/UFV e inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*, fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/ EMBRAPA, Seropédica (RJ).

### **2.3. Produção das mudas**

Os três tipos de solos que foram os substratos para produção de mudas foram secos ao ar e peneirados em peneiras de malha de 5 mm; em seguida, foram pesados 2,1 kg de cada solo, que foram colocados em sacos plásticos. Posteriormente, os sais fornecedores de cálcio e magnésio (CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>) foram adicionados, nas quantidades definidas pelos tratamentos da Tabela 3, e homogeneizados. Feito isso, colocou-se água até a capacidade de campo, e os sacos com os solos foram levados para casa de vegetação, onde permaneceram por 30 dias, com manutenção do teor de água na capacidade de campo.

Decorridos os 30 dias, os solos receberam adubação com os demais nutrientes, de acordo com as quantidades definidas nos tratamentos da Tabela 3; o N, o K e o S foram parcelados em quatro vezes (0, 30, 60 e 90 dias) após a semeadura. Esse parcelamento foi necessário, porque os nutrientes N e K são suscetíveis de perdas rápidas, seja por lixiviação ou volatilização; dessa forma, o parcelamento teve como finalidade diminuir quaisquer problemas de perdas que viessem ocorrer. No caso do S, nutriente não tão passível de perdas quanto os anteriores, o parcelamento ocorreu por ele estar nos mesmos sais que continham N e K.

Os sais usados na adubação foram: NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> para o N e P; NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> para o N e (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para o N e S; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para S e K; e KCl para K.

**Tabela 3** - Descrição dos tratamentos, obtidos pela matriz baconiana, com as devidas doses de macronutrientes a serem aplicadas nos três substratos utilizados na produção das mudas

Tratamento	Descrição
1	Referência: N=100* , P=300* , K=100* Ca= 1** Mg=0,4** S= 40*
2	Solo sem correção (Doses=0)
3	N= 50, P=300* , K=100* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40*
4	N= 150, P=300* , K=100* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40*
5	N= 200, P=300* , K=100* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40*
6	P= 150, N=100* , K=100* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
7	P= 450, N=100* , K=100* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
8	P= 600, N=100* , K=100* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
9	K= 50, N=100* , P=300* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
10	K= 150, N=100* , P=300* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
11	K= 200, N=100* , P=300* , Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
12	Ca= 0,8** , N=100* , P=300* , K=100* Mg=0,4** S= 40*
13	Ca= 1,2** , N=100* , P=300* , K=100* Mg=0,4** S= 40*
14	Ca= 1,4** , N=100* , P=300* , K=100* Mg=0,4** S= 40*
15	Mg= 0,2** , N=100* , P=300* , K=100* Ca= 1** S= 40*
16	Mg= 0,6** , N=100* , P=300* , K=100* Ca= 1** S= 40*
17	Mg= 0,8** , N=100* , P=300* , K=100* Ca= 1** S= 40*
18	S= 20, N=100* , P=300* , K=100* Ca= 1** Mg=0,4**
19	S= 60, N=100* , P=300* , K=100* Ca= 1** Mg=0,4**
20	S= 80, N=100* , P=300* , K=100* Ca= 1** Mg=0,4**

\* mg/dm<sup>3</sup> e \*\*cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

Foi adicionada também uma solução de micronutrientes juntamente com a aplicação dos sais contendo os macronutrientes, antes da semeadura, nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm<sup>3</sup> (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), Cu = 1,33 mg/dm<sup>3</sup> (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), Mo = 0,15 mg/dm<sup>3</sup> [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O], Mn = 3,66 mg/dm<sup>3</sup> (MnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e Zn = 4,0 mg/dm<sup>3</sup> (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), de acordo com o proposto por Alvarez V. (1974). Após a adubação e devida homogeneização, os solos foram acondicionados nos vasos.

Cada vaso plástico recebeu 10 sementes, efetuando-se o primeiro desbaste aos 15 dias após a emergência, deixando-se duas plantas por vaso. Decorridos 30 dias da semeadura, um segundo desbaste foi realizado, deixando-se apenas uma planta por vaso.

Durante o período experimental, o teor de água do solo foi mantido próximo de 60% da capacidade de campo, mediante monitoramento diário com base na pesagem de conjunto de vasos de plantas, para verificação da quantidade de água a ser colocada.

### 2.3. Características avaliadas

As medições de altura e diâmetro do coleto das mudas foram realizadas 120 dias após a semeadura.

Em seguida, as plantas foram colhidas e subdivididas em raízes e parte aérea (caule e folhas), lavadas em água destilada e postas a secar em estufa a 45°C com circulação forçada de ar até peso constante. Depois de secas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g, para determinação da matéria seca da parte aérea (PMSPA), matéria seca da raiz (PMSR) e, por meio do somatório das duas, do peso da matéria seca total (PMST).

Para avaliar os teores de nutrientes, o material obtido (raiz e parte aérea) foi moído em moinho tipo Willey, com peneira de 2 mm de abertura de malha. Em seguida esse material foi acondicionado em sacos de papel e em embalagens plásticas e de papelão, para evitar entrada de umidade, a fim de serem enviados para o laboratório de análises de alimento da Embrapa Gado de Leite, situada em Juiz de Fora, Minas Gerais, onde foi analisado quimicamente, para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, segundo métodos descritos por EMBRAPA (1997).

### 2.4. Análise estatística

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de contrastes, análises de variância e regressão, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética) (EUCLYDES, 1997) e o Statistica (para os contrastes).

Testou-se o efeito da adição de macronutrientes *versus* a não-adição através de um contraste entre as médias do tratamento 2 (dose=0) *versus* as médias dos demais tratamentos:  $[\hat{C} = \hat{m} (T1 + T3 + \dots + T20) - \hat{m} T2]$ .

Para obtenção das equações, utilizaram-se quatro pontos, sendo três referentes às doses testadas para cada nutriente e um referente ao tratamento adicional de referência, que foi utilizado para todos os nutrientes.

As curvas de respostas à adição de doses de cada nutriente resultaram de modelos de regressão nos quais os coeficientes foram testados com base nos valores do quadrado médio do resíduo da ANOVA conjunta (para os três

solos), sendo analisada a 1, 5 e 10% de probabilidade. Adicionalmente, observou-se o R<sup>2</sup>, a significância dos betas da equação e o significado biológico dos modelos.

A partir das equações, no caso de modelos quadrático e de raiz quadrada, foram determinadas as doses recomendadas de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio, para obtenção de 90% dos valores máximos estimados para as diversas características estudadas.

Os níveis críticos foram estimados tendo como base o peso da matéria seca total (PMST). Essa característica foi escolhida por representar bem o crescimento das mudas como um todo, uma vez que, no campo, observou-se que o crescimento tanto da raiz quanto da parte aérea foram parecidos; logo, o somatório dessas duas características (raiz e parte aérea), que é igual ao PMST, reflete melhor o crescimento das plantas.

No solo, o nível crítico para o K, o Ca e o Mg foi estimado por:

$$NC = X \text{ existente originalmente} + (X \text{ adicionado} * 0,75) = X \text{ no solo, em mg/dm}^3$$

em que:

**X adicionado** = valores de K, Ca ou Mg, definidos como a dose recomendada calculada para produzir 90% do peso da matéria seca total. No caso em que não houve efeito sobre o PMST, ou seja, seu valor foi a média, utilizou-se a menor dose testada.

O coeficiente de 0,75 utilizado na fórmula refere-se à porcentagem recuperável do nutriente em questão após ser aplicado, considerando os diversos métodos de extração.

**X existente originalmente** = valores existentes inicialmente no solo, segundo a análise de solo.

Para o P, ajustou-se uma equação a partir dos valores dos teores extraídos (Mehlich 1) desse nutriente no solo após a sua aplicação, utilizando três valores, referentes às doses aplicadas (150, 450 e 600 mg/dm<sup>3</sup>).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O contraste entre os tratamentos com fertilizações e sem fertilização (dose=0) indicou que os tratamentos com adição de sais foram superiores de forma altamente significativa (Tabela 4), ou seja, a aplicação de fertilizantes que continham N, P, K, Ca, Mg e S possibilitou significativo aumento do crescimento das mudas de angico-vermelho nos três solos, exceto para o PMSPA, PMSR e PMST das mudas cultivadas no LVD.

O efeito da fertilização sobre o crescimento das plantas foi significativo para todas as características estudadas, à exceção do PMSR nos diversos tratamentos e de DIAM e PMSR para interação (Tabela 5).

**Tabela 4** - Estimativas dos contrastes médios entre o tratamento sem adição de sais e os demais tratamentos, em que se adicionaram macronutrientes, em mudas de angico-vermelho após 120 dias da semeadura

Solo	Estimativa do contraste				
	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)
LVD	2,12**	13,06*	2,20 <sup>ns</sup>	2,97 <sup>ns</sup>	5,09 <sup>ns</sup>
PVA	3,66***	31,38***	6,20***	8,99***	15,17***
LVA	3,82***	42,78***	6,98***	8,20***	15,19***

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. \*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \* Significativo a 10% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> Não-significativo a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 5** - Resumo da análise de variância para o diâmetro, a altura, o PMSPA, o PMSR e o PMST, na produção de mudas de angico-vermelho avaliadas aos 120 dias após a semeadura

FV	GL	Quadrado Médio				
		Diâmetro (mm)	Altura (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)
Bloco	3	0,9746 <sup>ns</sup>	16,6671 <sup>ns</sup>	0,3204 <sup>ns</sup>	1,9500 <sup>ns</sup>	1,6501 <sup>ns</sup>
Solo	2	154,8775***	14258,63***	536,0533***	847,186***	2749,826***
Tratamento	18	2,6811***	335,7159***	13,8084**	9,7941 <sup>ns</sup>	32,3703***
Trat. x solo	36	1,1130 <sup>ns</sup>	145,8273***	6,6802***	5,61712 <sup>ns</sup>	18,2969**
Resíduo	168	1,0117	125,3647	3,0996	7,0776	16,0669
CV (%)		17,79	26,90	32,72	36,19	31,58

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. \*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> Não-significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

As baixas médias de crescimento observadas em todas as características estudadas, para o tratamento sem adição de sais, indicam que os teores de nutrientes originalmente existentes nos três solos estudados, à exceção de Ca (PVA) e K (LVA e LVD), são baixos. O pouco crescimento das plantas, nessa situação, pode ser explicado então pela Lei do Mínimo de Liebig, em que o nutriente que está em menor quantidade limita o crescimento das plantas.

### 3.1. Efeito do nitrogênio

Os valores médios observados das diversas características avaliadas, em geral, aumentaram em razão do aumento de doses de N (Tabela 6).

**Tabela 6** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de N, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca de raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) aos 120 dias após a semeadura

Solo	N (mg/dm <sup>3</sup> )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,88	13,73	0,14	0,55	0,66	-	-	-	-
	50	3,61	22,53	1,49	2,96	4,45	23,20	33,16	14,18	39,23
	100	3,81	28,00	2,53	3,07	5,60	27,85	62,08	16,23	45,46
	150	3,99	33,63	3,00	3,60	6,61	26,40	67,44	16,93	55,94
	200	4,10	30,88	1,93	3,57	5,50	29,80	56,41	21,45	75,12
PVA	0	2,82	12,93	0,39	0,69	1,08	-	-	-	-
	50	5,91	39,45	4,70	9,08	13,79	16,28	74,27	8,80	78,70
	100	6,23	41,48	6,15	9,92	16,07	15,90	96,54	9,40	94,90
	150	7,33	55,55	9,42	9,45	18,86	15,93	146,54	9,28	87,33
	200	7,35	46,53	8,35	8,82	17,17	20,40	158,26	11,63	96,62
LVA	0	2,65	11,00	0,24	0,66	0,89	-	-	-	-
	50	5,66	39,60	3,93	8,59	12,52	17,15	67,60	10,65	91,49
	100	7,18	64,53	8,33	10,20	18,54	13,38	111,12	9,53	97,13
	150	7,10	53,75	9,31	8,38	17,68	15,45	143,40	9,35	78,50
	200	7,38	70,38	12,72	11,51	24,22	15,55	199,27	10,48	119,83

#### 3.1.1. Características morfológicas

Com exceção do PMSR, a aplicação de doses crescentes de N provocou efeitos que resultaram em crescimento das plantas de forma linear e

hiperbólica, ou seja, com o aumento das doses houve aumento de crescimento, e quadrática, em que o crescimento foi até um limite máximo, quando então as médias diminuam, de acordo com o solo em questão (Tabela 7).

**Tabela 7** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N em mudas de angico-vermelho aos 120 dias após a semeadura, considerando a altura, o diâmetro e o peso de matéria seca da raiz, da parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,88$		50
	PVA	$\hat{Y} = 5,35 + 0,0108^{**}X$	0,88	200
	LVA	$\hat{Y} = 5,55 + 0,0102^{**}X$	0,69	200
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,76$		50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 45,75$		50
	LVA	$\hat{Y} = 74,77 - 1700(1/^{**}X)$	0,48	200
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = -0,84 + 0,0562^{*}X - 0,0002^{*}X^2$	0,96	102
	PVA	$\hat{Y} = 3,60 + 0,284^{***}X$	0,74	200
	LVA	$\hat{Y} = 1,74 + 0,0546^{***}X$	0,95	200
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,30$		50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,32$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,67$		50
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,54$		50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,47$		50
	LVA	$\hat{Y} = 9,68 + 0,0685^{***}X$	0,85	200

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

O efeito da aplicação de N foi linear positivo para diâmetro, PMSPA e PMST no substrato LVA. Quanto à altura, o efeito foi curvilíneo, descrito por modelo hiperbólico, ou seja, à medida que se aumentou a dose de N, também houve aumento da altura; esse aumento, porém, foi menor do que o das outras características que tiveram aumento linear. Já o PMSR não sofreu efeito, em razão da aplicação de N nesse substrato.

No substrato originado do PVA houve efeito linear positivo apenas para as características diâmetro e PMSPA.

As menores médias das diversas características estudadas foram verificadas no substrato originado do LVD. Efeito significativo só foi observado no PMSPA, sendo de ordem quadrática.

Efeitos no crescimento de plantas em virtude da aplicação de N sempre são esperados, em razão das diversas funções que o elemento exerce dentro delas. Crestana et al. (1995) também verificaram efeito positivo da adubação nitrogenada para a característica diâmetro quando utilizaram suprimento de uréia, cultivando diversas espécies florestais.

A quase ausência de efeitos da aplicação de N no PVA e no LVD também já foi observada em diversos trabalhos, como o de Oliveira et al. (1998), que verificaram que a aplicação de N não surtiu efeitos no crescimento de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* DUCKE) em nenhuma característica estudada. Em mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*), Braga et al. (1995) também verificaram que sob a omissão do nutriente as mudas não tiveram o seu crescimento em altura afetado. De forma semelhante, Paron et al. (1996), cultivando mudas de guatambu (*Aspidosperma olivaceum*) e de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) em um Latossolo Vermelho-Escuro, verificaram que a adição de nitrogênio mineral não estimulou o crescimento destas espécies, não tendo estas apresentado resposta significativa à adição do nutriente ao meio de crescimento. Mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*) cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo também não tiveram alterações significativas no seu crescimento em razão da omissão do nutriente, tendo os pesquisadores Duboc et al. (1996) concluído que a espécie tem baixo requerimento nutricional para nitrogênio.

### **3.1.2. Teor e conteúdo**

Após análise dos tecidos das mudas de angico-vermelho, observou-se variação no teor de 13-30 g/kg na parte aérea e de 9 a 21 g/kg na raiz devido à aplicação de diferentes doses de N (Tabela 6). Esses valores estão dentro da faixa sugerida por Faquin (1994), que é de 20 a 50 g/kg da matéria seca.

Os maiores teores encontrados na parte aérea são plenamente justificáveis, uma vez que o N participa dos processos de fotossíntese e respiração, sendo, portanto, muito necessário nessa parte das plantas. Entretanto, a aplicação de diferentes doses só favoreceu o aumento dos teores na parte aérea quando se utilizou o PVA como substrato, pois para os demais solos não houve diferença significativa nas médias dos teores observados.



As maiores médias dos teores foram observadas no LVD. Isso aconteceu porque o menor crescimento das plantas nesse solo resultou em menor quantidade de matéria seca, tanto da parte aérea quanto da raiz; dessa forma, os teores ficaram concentrados. Por outro lado, os menores valores observados no LVA refletem uma situação inversa, ou seja, os maiores valores de matéria seca da parte aérea e da raiz foram responsáveis pela diluição dos teores de N encontrados.

Quanto aos conteúdos de N, também se observaram efeitos mais expressivos na parte aérea, onde os valores das médias observados nas diferentes doses aplicadas variaram de aproximadamente 25 a 200 mg/planta, enquanto para a raiz essa variação foi de aproximadamente 25 a 100 mg/planta.

Os resultados de conteúdos são opostos aos dos teores, ou seja, os maiores conteúdos presentes no LVA e no PVA decorrem da maior quantidade de biomassa produzida quando as mudas de angico-vermelho foram cultivadas nesses solos.

Em geral, o aumento dos teores e dos conteúdos seguiu modelos lineares. A única exceção foi do conteúdo na parte aérea das plantas cultivadas no LVD, cujo melhor modelo ajustado foi o quadrático (Tabela 8).

**Tabela 8** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N sobre o teor e conteúdo de N na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura, em três tipos de solos

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 26,81$	0,53	50
	PVA	$\hat{Y} = 14,0250 + 0,0248 * X$		200
	LVA	$\hat{Y} = 15,38$		50
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = -13,9441 + 1,14899 * X - 0,003995 * X^2$	0,99	102,24
	PVA	$\hat{Y} = 43,4050 + 0,60399 * X$	0,95	200
	LVA	$\hat{Y} = 23,5212 + 0,854609 * X$	0,99	200
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 11,5667 + 0,450333 * X$	0,89	200
	PVA	$\hat{Y} = 0,245286 + 0,191378 * X$	0,73	200
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10$		50
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 0,533302 + 0,499967 * X$	0,94	200
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 89,39$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 96,74$		50

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Os teores encontrados neste trabalho são parecidos aos encontrados por Malavolta (1987) para o gênero *Eucalyptus* spp., que variou de 14 a 16 g/kg; Venturin et al. (1999) para o angico-amarelo (*Peltophorum dubium*), que verificou para esta espécie teor de nitrogênio na matéria seca de parte aérea de 16,2 g/kg; Duboc et al. (1996) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*), que encontraram valores de 15,2 g/kg do nutriente na matéria seca de parte aérea; e Marques et al. (2004) para mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*), que verificaram teores de nitrogênio nas folhas de 24,80 g/kg no tratamento completo.

### 3.1.3. Nível crítico

O nível crítico de N na planta de angico-vermelho variou de 14,4 a 26,8 g/kg, sendo o maior valor requerido quando o solo utilizado foi o LVD, que apresentou as piores características de fertilidade iniciais (Tabela 9).

**Tabela 9** - Doses de N recomendadas para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável (mg/dm <sup>3</sup> )	Nível crítico na parte aérea (g/kg)
LVD	50	26,8
PVA	50	14,4
LVA	200	15,4

Os valores encontrados para as plantas cultivadas no LVA e PVA estão dentro da faixa proposta por Martinez et al. (1999) para outra espécie perene (eucalipto), cujos valores variaram de 14 a 16 g/kg pela análise de seus tecidos; entretanto, no solo LVD, os valores encontrados para o angico-vermelho são superiores.

### 3.2. Efeito do fósforo

A aplicação de doses crescentes de P nos três solos estudados implicou aumento dos valores observados de todas as características avaliadas, sendo

ele o nutriente que mais provocou efeitos significativos no crescimento das plantas.

Na Tabela 10 são mostrados os valores observados para as características morfológicas, bem como os da composição mineral, em razão das doses crescentes de P aplicadas, dos três solos estudados.

**Tabela 10** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de P, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca de raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR), aos 120 dias após a semeadura

Solo	P (mg/dm <sup>3</sup> )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,88	13,73	0,14	0,55	0,66	-	-	-	-
	150	2,70	17,35	0,63	2,05	2,68	1,37	0,86	0,45	0,91
	300	3,81	28,00	2,53	3,07	5,60	1,05	2,45	0,60	1,92
	450	3,94	27,69	2,46	3,30	5,76	1,08	2,62	1,08	3,52
	600	4,42	28,75	2,91	3,21	6,12	1,40	3,98	1,57	5,20
PVA	0	2,82	12,93	0,39	0,69	1,08	-	-	-	-
	150	6,49	36,53	5,34	10,07	15,41	1,05	5,81	1,15	12,24
	300	6,23	41,48	6,15	9,92	16,07	1,58	9,64	1,63	15,90
	450	6,56	49,35	6,85	7,28	14,13	2,13	14,68	2,07	15,25
	600	7,01	46,75	7,14	6,77	13,91	2,60	18,23	2,63	17,65
LVA	0	2,65	11,00	0,24	0,66	0,89	-	-	-	-
	150	5,03	29,98	3,69	6,54	10,23	1,15	3,85	1,08	7,03
	300	7,18	64,53	8,33	10,20	18,54	1,23	10,16	1,63	16,57
	450	6,68	64,30	8,88	6,98	15,85	1,83	16,10	1,95	13,59
	600	6,63	55,48	6,97	7,29	14,27	2,85	19,70	2,45	17,62

### 3.2.1. Características morfológicas

Pela Tabela 11, observa-se que no substrato LVD a aplicação de P implicou aumento de crescimento das plantas de forma linear positiva para diâmetro, altura e PMSPA.

Já no PVA, ocorreu efeito linear negativo na característica PMSR. Todavia, embora a aplicação de P nesse substrato tenha provocado poucos efeitos significativos, as médias observadas são maiores do que as do substrato LVA, nas doses menores; isso indica que, na ausência de adubações, ele seria melhor do que o LVA.

**Tabela 11** -Resumo das estimativas geradas do efeito do P em mudas de angico-vermelho aos 120 dias após a semeadura, considerando altura, diâmetro e peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = 2,3925 + 0,0035X$	0,88	600
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,57$		150
	LVA	$\hat{Y} = - 6,03924 + 1,3090^{**}X^{0,5} - 0,0325856^{**}X$	0,45	238,11
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = 2,3925 + 0,0035^{**}X$	0,88	600
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 43,53$		150
	LVA	$\hat{Y} = -178,926 + 24,6442^{**} X^{0,5} - 0,616762^{**}X$	0,63	278,45
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = 0,4388 + 0,0045^{**}X$	0,73	600
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,37$		150
	LVA	$\hat{Y} = -27,1433 + 3,6388^{**}X^{0,5} - 0,0916495^{**}X$	0,67	279,35
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,91$		150
	PVA	$\hat{Y} = 11,646 - 0,084^{**}X$	0,88	600
	LVA	$\hat{Y} = -11,008 + 2,19437^{**}X^{0,5} - 0,0600905^{**}X$	0,20	206,83
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,04$		150
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,88$		150
	LVA	$\hat{Y} = -38,1520 + 5,83320^{**}X^{0,5} - 0,151740^{**}X$	0,53	249,27

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

A não-resposta à aplicação de P é rara, uma vez que a maior parte dos solos brasileiros é deficiente deste elemento; no entanto, Bovi et al. (2002) também verificaram ausência de resposta à adubação fosfata em pupunheira, possivelmente por ser esta espécie de origem tropical, nativa de solos ácidos e já adaptada a se desenvolver em solos com baixos teores de P.

No LVA houve efeito significativo para todas as características avaliadas, sendo este de ordem raiz quadrada, em que o aumento de doses favoreceu o aumento dos valores das características até um ponto de máximo, quando então as médias diminuía.

Os resultados obtidos neste trabalho, sobretudo para o substrato LVA, são similares aos observados por Santana et al. (1996) com mudas de seringueira cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura muito argilosa, que mostraram resultados significativos com a aplicação de fósforo, tendo incremento significativo na produção de matéria seca de todas as partes das plantas até uma dose de 500 mg de P/dm<sup>3</sup> de solo, a partir da

qual sofreu efeito depressivo. Em um LVA de textura média, Braga et al. (1995) também encontraram efeito positivo da aplicação de P em *A. mangium* e em quaresmeira, e a ausência do P limitou o crescimento do diâmetro. Em um Argissolo Vermelho-Amarelo, Ceconi et al. (2006) verificaram que o melhor crescimento das mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) ocorreu com a dose de 360 mg/dm<sup>3</sup> de fósforo.

Outro efeito da aplicação de P com resposta positiva foi verificado por Nicoloso et al. (2001) e Missio et al. (2004) em mudas de grápia; Venturin et al. (1996), Garcia (1986), Fernandes et al. (2002) e outros também observaram efeitos da aplicação de P em diferentes espécies e solos.

### 3.2.2. Teor e conteúdo

Houve diferenças significativas nos teores e conteúdos dos nutrientes nas mudas em razão da aplicação de diferentes doses de P, à exceção do conteúdo deste nutriente na raiz em mudas cultivadas no PVA (Tabela 12).

Os efeitos sobre os teores na parte aérea foram linear positivo no PVA e quadrático no LVA e LVD. Já na raiz, em todos os solos o efeito foi linear positivo.

**Tabela 12** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre o teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura, em três tipos de solos

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 1,99375 - 0,00526389^{**}X + 0,000007^{**}X^2$	0,99	150
	PVA	$\hat{Y} = 0,5375 + 0,00346667^{**}X$	0,99	600
	LVA	$\hat{Y} = 1,525 - 0,00411666^{***}X + 0,000010556^{*}X^2$	0,99	600
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 0,0979168 + 0,00634183^{**}X$	0,93	600
	PVA	$\hat{Y} = 1,51487 + 0,0282037^{***}X$	0,99	600
	LVA	$\hat{Y} = -0,918623 + 0,035657^{***}X$	0,98	600
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = -0,033333 + 0,00255^{***}X$	0,96	600
	PVA	$\hat{Y} = 0,65 + 0,00324583^{***}X$	0,99	600
	LVA	$\hat{Y} = 0,6625 + 0,00296667^{***}X$	0,99	600
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = -0,729209 + 0,00964742^{***}X$	0,98	600
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,26$		150
	LVA	$\hat{Y} = 0,6506 + 0,019182^{***}X$	0,61	600

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Para ambas as situações, à medida que se aumentaram as doses de fósforo, houve aumento dos teores.

Os valores de teores encontrados neste estudo (Tabela 10) estão dentro da faixa requerida pelas plantas, que é de 1 a 5 g/kg, segundo Faquin (1994). Em termos comparativos, em peroba-rosa, Muniz e Silva (1995) concluíram que o teor ideal foi de 2 g/kg; e Silva e Muniz (1995), em mudas de cedro, constataram teor de 3,3 g/kg.

O comportamento dos conteúdos observados foi similar aos dos teores, sendo linear positivo em todos os solos, à exceção do conteúdo de P na raiz no PVA.

Os menores valores de conteúdos foram observados nas mudas cultivadas no LVD, ficando o valor máximo próximo a 5 mg/planta tanto na parte aérea quanto na raiz. Embora doses crescentes de P tenham sido aplicadas nesse solo, a alta porcentagem de argila pode ter implicado grande adsorção desse nutriente, não o deixando disponível para as plantas. Já os valores observados no PVA e LVA na parte aérea variaram de aproximadamente 5 a 25 mg/planta, à medida que se aumentaram as doses. Na raiz, esses valores foram menores, de aproximadamente 20 mg/planta no LVA, não diferindo no PVA, como já comentado.

### **3.2.3. Nível crítico**

Utilizando o peso na matéria seca total produzida pela planta de angico-vermelho como variável dependente das doses aplicadas, bem como os teores de P pela análise final do solo, foram obtidos os valores da dose recomendável, bem como a determinação dos níveis críticos no solo e na planta (Tabela 13).

Observa-se que as doses recomendadas variaram de 150 a 249 mg de P/dm<sup>3</sup>. Em angico-branco, Gomes (2002) encontrou valores variando de 127 mg/dm<sup>3</sup> para o angico-branco a 191 mg/dm<sup>3</sup> para garapa. Já Balieiro et al. (2001), para *Acacia holocericea*, encontraram valores variando de 98 a 209 mg/dm<sup>3</sup>, e Fernández et al. (1996), para *Mimosa tenuiflora*, 224 mg/dm<sup>3</sup>; em todos os casos, fez-se a extração de P com o auxílio do extrator Mehlich 1.

**Tabela 13** - Valores de dose recomendada de fósforo para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função das diferentes doses de P aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável (mg/dm <sup>3</sup> )	Nível crítico	
		no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	na parte aérea (g/kg)
LVD	150	7,53	1,4
PVA	150	12,58	1,1
LVA	249,27	45,81	1,2

No que diz respeito ao nível crítico no solo, esses valores diferem dos de Gomes et al. (2004), que estudaram o angico-branco, em que o nível crítico de P no solo variou de 12,87 a 13,88 mg/dm<sup>3</sup> (extraídos por Mehlich 1). Outros valores observados para espécies florestais foram: eucalipto (60 mg/dm<sup>3</sup>) (GOMES et al., 1982), algaroba (37,9 mg/dm<sup>3</sup>) (PASSOS, 1994) e outras leguminosas, como *Sclerobium paniculatum* (26,1 mg/dm<sup>3</sup>), *Acacia holocericea* (18,6 mg/dm<sup>3</sup>) e *Mimosa tenuiflora* (49,5 mg/dm<sup>3</sup>) (DIAS et al., 1991a; BALIERO et al., 1995; FERNÁNDEZ et al., 1996), *Apuleia leiocarpa* (16 mg/dm<sup>3</sup>) (MISSIO et al., 2004). Todos os valores de P citados foram extraídos por Mehlich 1.

Na planta, os níveis críticos variaram de 1,1 a 1,4 g/kg, sendo muito próximos aos observados por Gomes et al. (2004) em angico-branco, cujos valores foram de 1,2 a 1,4 g/kg, e também para *Acacia holocericea* (1,2 a 1,7 g/kg) por Baliero et al. (1995) e *Mimosa tenuiflora* (1 g/kg) (FERNÁNDEZ et al., 1996).

### 3.3. Efeito do potássio

As médias observadas nos diversos tratamentos em que se variaram as doses de K não foram muito diferentes entre si, dentro das mesmas características estudadas (Tabela 14).

**Tabela 14** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de K, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca de raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR), aos 120 dias após a semeadura

Solo	K (mg/dm <sup>3</sup> )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,88	13,73	0,14	0,55	0,66	-	-	-	-
	50	4,62	28,98	3,52	3,90	7,42	7,68	25,40	8,27	32,13
	100	3,81	28,00	2,53	3,07	5,60	9,33	21,75	8,43	26,81
	150	3,25	24,55	1,97	2,75	4,72	8,10	15,75	9,33	24,93
	200	4,26	29,40	2,73	3,28	6,01	8,60	23,87	9,45	31,33
PVA	0	2,82	12,93	0,39	0,69	1,08	-	-	-	-
	50	6,20	44,15	4,95	11,39	16,34	5,85	29,09	5,53	62,93
	100	6,23	41,48	6,15	9,92	16,07	6,68	40,06	8,05	76,82
	150	5,80	38,28	5,43	8,96	14,39	7,28	37,62	8,75	77,03
	200	6,65	48,75	7,67	11,99	19,65	6,08	48,17	8,00	95,82
LVA	0	2,65	11,00	0,24	0,66	0,89	-	-	-	-
	50	6,79	61,60	8,48	9,48	17,96	5,50	43,89	7,50	54,45
	100	7,18	64,53	8,33	10,20	18,54	6,17	50,80	7,73	71,27
	150	6,29	63,06	6,27	8,68	14,95	4,90	39,00	6,40	55,30
	200	6,75	63,06	7,69	9,45	17,15	8,10	69,50	9,30	104,07

### 3.3.1. Características morfológicas

Em razão de pouca variação nos valores médios observados, o K foi o nutriente que provocou menos efeitos significativos nas diversas características estudadas (Tabela 15), sendo estes observados no LVD e no LVA e ausentes no PVA.

Esses resultados indicam que a necessidade da planta por esse nutriente foi suprida pelos teores que estavam originalmente no solo (PVA = 14 mg/dm<sup>3</sup>; LVA = 32 mg/dm<sup>3</sup>; LVD = 49 mg/dm<sup>3</sup>), antes da aplicação dos tratamentos, e, ou, que a espécie possui baixa exigência nutricional desse nutriente. Além disso, as espécies pioneiras e secundárias, em que se encaixa o angico-vermelho, são eficientes em adquirir o K natural do solo (SILVA et al., 1996).



**Tabela 15** - Resumo das estimativas geradas do efeito do K em mudas de angico-vermelho aos 120 dias após a semeadura, considerando a altura, o diâmetro, o peso de matéria seca da raiz, o peso da matéria seca da parte aérea e o peso da matéria seca total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = + 6,6644 - 0,0486*X + 0,0002*X^2$	0,92	121,5
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,22$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,75$		50
ALTURA (cm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 27,73$		50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 43,16$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 63,06$		50
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,39$	0,32	50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,05$		50
	LVA	$\hat{Y} = 8,8017 - 0,008**X$		50
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,25$		50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,56$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,45$		50
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,94$		50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,61$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,15$		50

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

No LVA, o efeito foi linear e negativo para o PMSPA, indicando que em doses maiores de K esta característica foi prejudicada. Esse comportamento também foi verificado para essa mesma característica por Venturin et al. (1999), em mudas de angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo.

Segundo Alves et al. (1996), há muitos trabalhos indicando pouca ou ausência de resposta à aplicação de K. Todavia, recomendam que, embora não haja efeito, a aplicação de K é importante para maximizar o crescimento da planta, como resultado do equilíbrio entre nitrogênio, fósforo e potássio, além de impedir absorção excessiva do magnésio.

O fato de no PVA não terem sido detectados efeitos significativos, mesmo com os teores encontrados no solo sendo de 14 mg de K/dm<sup>3</sup>, corrobora com dados de Novais et al. (1979) com ausência de resposta à

aplicação de potássio detectada em mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em amostras de dois Latossolos, ainda que o nível de K no solo estivesse em 4 mg/dm<sup>3</sup>, como foi encontrado em uma das duas amostras de Latossolo.

Outros autores – como Duboc et al. (1996), em plantas de óleo-copaíba; Carniel et al. (1993), em mudas de embaúba, fedegoso, cássia e angico-amarelo; Renó et al. (1997), em mudas de canafístula (*Senna multijuga*), cedro (*Cedrela fissilis*), pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) e jacaré (*Piptadenia gonoacantha*); e Balieiro et al. (2001), em mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis* – também verificaram ausência de efeitos sob aplicação de K para as características diâmetro do caule, altura e matéria seca da parte aérea.

### 3.3.2. Teor e conteúdo

A aplicação de diferentes doses de K proporcionou efeitos significativos nos teores e conteúdos desse nutriente na raiz, não sendo observados na parte aérea (Tabela 16).

Os maiores teores foram observados nas mudas cultivadas no LVD, exatamente porque nesse solo as plantas se desenvolveram menos; logo, os teores ficaram concentrados (Tabela 14). O contrário aconteceu com as mudas cultivadas no LVA, em que a maior quantidade de biomassa produzida fez com que os teores apresentassem valores diluídos. Nesses dois solos, os efeitos foram lineares e positivos. No PVA, o efeito da aplicação de doses de K sobre os teores nas raízes foi quadrático.

Os menores valores de conteúdos observados nas raízes ocorreram no LVD, não sendo significativos. Isso era esperado, uma vez que, embora os teores tenham sido altos, nesse solo as plantas se desenvolveram menos; logo, houve menor produção de biomassa, o que resultou em menor conteúdo do nutriente. O inverso foi observado para o LVA, com os maiores valores de conteúdos, sem, contudo, ser significativos.

No PVA, os valores dos conteúdos aumentaram proporcionalmente em relação ao aumento das doses; ele igualou ao valor observado no LVA na dose de aproximadamente 150 mg/dm<sup>3</sup> e foi superior em doses acima desse valor.

**Tabela 16** - Resumo das estimativas geradas do efeito do K sobre o teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solos

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,43$		50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,47$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,17$		50
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 21,69$		50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 38,73$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 53,49$		50
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 7,75833 + 0,0088833^{**}X$	0,89	200
	PVA	$\hat{Y} = 1,475 + 0,0978666^{***}X - 0,000326667^{***}X^2$	0,99	149,8
	LVA	$\hat{Y} = 7,20417 + 0,0103164^{**}X$	0,71	200
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,80$		50
	PVA	$\hat{Y} = 53,4352 + 0,197731^{*}X$	0,89	200
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 81,92$		50

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

De acordo com Marschner (1995), o requerimento de K para um ótimo crescimento das plantas se encontra entre 20 e 50 g/kg na matéria seca, variando de acordo com a espécie e o órgão analisado. Portanto, os valores encontrados neste estudo para esta espécie estão abaixo do que seria indicado, mesmo se forem adicionados os valores da parte aérea e raiz, o que totalizaria aproximadamente 19 g/kg.

Para Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006), o nível adequado de K nos tecidos requeridos pelas plantas é em torno de 10 g/kg, o que está de acordo com este estudo e o de outros autores, como Duboc et al. (1996) em plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril*) e óleo-copaíba (*Copaifera langsdorffii*), que apresentaram teores do nutriente na matéria seca de parte aérea de 7,7 g/kg e 10,5 g/kg, respectivamente; Muniz e Silva (1995) nas folhas de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) com teores de 18 g/kg; Maffeis et al. (2000), em mudas de *Eucalyptus citriodora*, com teores de 13 g/kg; e Venturin et al. (1999), em mudas de angico-amarelo, com teores de 5,5 g/kg na matéria seca da raiz.

Esses resultados sugerem que as espécies florestais são menos exigentes quanto a esse elemento, necessitando de menores teores de K para o seu completo desenvolvimento. Isso explicaria por que tanto nas características morfológicas quanto nos teores e conteúdo pouco se observaram respostas em razão do aumento de doses de K.

### 3.3.3. Nível crítico

Visto que os teores na parte aérea das plantas não sofreram efeitos significativos, o nível crítico estimado é igual às médias dos teores observados.

Portanto, os níveis críticos de K no solo, que garantiram maior crescimento e melhor desenvolvimento das mudas, variaram de 6 a aproximadamente 8,5 g/kg na parte aérea e de 51 a 86,5 mg/dm<sup>3</sup> no solo (Tabela 17).

**Tabela 17** - Valores de dose recomendada de K para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função das diferentes doses de K aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável (mg/dm <sup>3</sup> )	Nível crítico	
		no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	na parte aérea (g/kg)
LVD	50	86,5	8,5
PVA	50	51,5	6,5
LVA	50	69,5	6,2

Os valores obtidos para o nível crítico no solo são bem maiores do que os verificados por Fernández et al. (1996), cujo valor foi de 16,6 mg/dm<sup>3</sup> para a espécie *Mimosa tenuiflora*, e Dias et al. (1992) para mudas de taxi-branco, que encontraram valores de 27,4 mg/dm<sup>3</sup>. Todavia, os valores deste trabalho apontam uma faixa de nível crítico, cujos valores máximos são esses estimados, podendo, contudo, ser menores, o que requer novos estudos, tendo por base valores intermediários a esses.

Em relação ao nível crítico na planta, os valores encontrados são menores do que os de Fernández et al. (1996) para *Mimosa tenuiflora*, que foi de 11 g/kg, e também do que os obtidos para eucalipto (10 a 12 g/kg) por Martinez et al. (1999).

### 3.4. Efeito do cálcio

Pelas médias das diversas características estudadas, observaram-se os maiores valores no solo LVA e os menores no solo LVD (Tabela 18), à exceção dos teores.

**Tabela 18** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de Ca, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca de raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR), aos 120 dias após a semeadura

Solo	Ca ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,88	13,73	0,14	0,55	0,66	-	-	-	-
	0,8	4,06	24,38	2,52	4,07	5,57	10,58	25,64	5,70	22,48
	1	3,81	28,00	2,53	3,07	5,60	13,15	30,54	5,33	17,51
	1,2	4,74	32,53	3,27	3,08	8,28	10,13	33,68	5,55	23,87
	1,4	3,42	19,20	1,51	3,18	4,68	15,20	22,78	6,03	18,49
PVA	0	2,82	12,93	0,39	0,69	1,08	-	-	-	-
	0,8	6,32	41,28	6,52	9,53	16,05	11,89	64,35	3,78	35,39
	1	6,23	41,48	6,15	9,92	16,07	12,83	80,24	4,33	42,82
	1,2	7,03	49,18	6,92	10,30	17,22	10,55	76,34	4,20	42,11
	1,4	5,15	39,60	4,64	7,65	12,28	12,30	57,46	3,77	28,04
LVA	0	2,65	12,43	0,24	0,66	0,89	-	-	-	-
	0,8	6,16	43,60	6,63	7,57	16,01	5,23	30,57	3,30	23,34
	1	7,18	64,53	8,33	10,20	18,54	6,80	54,89	3,30	33,84
	1,2	5,84	52,05	6,04	8,08	14,12	7,75	46,01	3,95	30,36
	1,4	6,98	58,18	8,52	9,08	17,60	7,38	62,86	4,20	37,32

#### 3.4.1. Características morfológicas

A espécie apresentou baixa resposta à aplicação de Ca nos substratos estudados. Efeitos significativos só foram observados para as características diâmetro, no LVA, e altura, no LVD, ambos com efeito quadrático (Tabela 16).

No caso do PVA, a ausência de efeitos nas diversas características pode estar relacionada ao alto teor de Ca que esse solo apresentava inicialmente – cerca de  $1,60 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , valor esse superior ao da maior dose testada.

Ainda que as quantidades iniciais de Ca no LVA fossem as menores ( $0,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), em comparação com os demais solos, e a saturação por alumínio fosse a maior, assim com o pH mais baixo, verificou-se que, de

maneira geral, as médias de produtividade alcançadas nesse solo foram as maiores, conforme se observa na Tabela 11, indicando que a aplicação de Ca nas diversas doses contribuiu para aumentar o pH e neutralizar o alumínio, garantindo essas maiores médias, sem, contudo, o efeito ser significativo.

**Tabela 19** -Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca em mudas de angico-vermelho aos 120 dias após a sementeira, considerando altura, diâmetro e peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,00$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,54$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = -5,2656 + 23,166*X - 11,141*X^2$	0,64	0,8
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = -90,813 + 227,56*X - 105,94 *X^2$	0,81	0,9
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 42,88$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 54,59$		0,8
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,45$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,05$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,34$		0,8
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,35$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,35$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,73$		0,8
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,03$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,40$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,53$		0,8

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Em estudos de outros autores, essa falta de resposta em razão da aplicação de Ca também foi verificada, como, por exemplo, em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*), em que a omissão de cálcio não afetou o crescimento das mudas de maneira significativa, tendo o crescimento no tratamento com omissão do nutriente sido muito semelhante ao do tratamento completo, segundo Duboc et al. (1996).

Entretanto, resposta à aplicação de Ca já foi observada em outras espécies, como em mudas de *Eucalyptus citriodora*, que apresentaram menor crescimento em altura em razão da omissão de Ca (MAFFEIS et al., 2000). Da

mesma forma, mudas de seringueira cultivadas por Santanna et al. (1996) em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico mostraram efeito significativo da adição de cálcio ao substrato em todas as características avaliadas no trabalho.

### 3.4.2. Teor e conteúdo

Os teores de Ca nas plantas avaliadas aumentaram, tanto na parte aérea quanto na raiz, em razão do aumento das doses aplicadas do nutriente. Exceção foi observada no PVA, que não foi significativo em nenhuma das situações, e no LVD para as raízes (Tabela 20).

**Tabela 20** – Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca sobre o teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solos

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (cmol/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 6,295 + 5,425 \cdot X$	0,35	1,4
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,4$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = 2,7175 + 3,7 \cdot X$	0,73	1,4
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,16$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 69,60$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = 0,184860 + 43,999 \cdot X$	0,67	1,4
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,65$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,02$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,845 + 1,675 \cdot X$	0,88	1,4
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,58$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = -106,280 + 284,262 \cdot X - 134,382 \cdot X^2$	0,99	0,8
	LVA	$\hat{Y} = 10,064 + 19,2303 \cdot X$	0,69	1,4

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Assim, como já vem ocorrendo neste estudo, os maiores teores se encontram nas plantas que foram cultivadas no LVD, onde elas tiveram menor produção de biomassa; logo, os teores ficaram concentrados. Os menores teores foram observados no LVA, pelo motivo inverso, ou seja, maior produção de biomassa implica teores mais diluídos.

Quanto aos conteúdos, os menores valores foram observados no LVD. Para as mudas cultivadas no PVA, os conteúdos não tiveram aumento significativo na parte aérea, em razão das diferentes doses de Ca aplicadas. Entretanto, na raiz, o efeito observado foi de ordem quadrática.

O comportamento dos conteúdos no LVA foi de ordem linear e positiva. Contudo, na parte aérea, o maior valor ainda foi menor do que no PVA. Na raiz, os valores de conteúdos foram maiores do que os do PVA, na maior dose testada.

Segundo Marschner (1995), o teor de Ca na plantas que garante o seu pleno desenvolvimento pode variar de 1 a 50 g/kg, dependendo da espécie. Já Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006) são mais restritivos e apontam 5 g/kg como a quantidade ideal.

Pela análise da Tabela 20, observa-se que os teores de Ca encontrados nas plantas variaram de 5 a 15 g/kg na parte aérea e de 3 a 6 g/kg na raiz; logo, estão de acordo com os autores supracitados.

Outros autores também chegaram a valores parecidos estudando outras espécies, entre elas o cedro e a peroba-rosa avaliados por Silva e Muniz (1995) e Muniz e Silva (1995), cujos valores foram de 15 e 16,5 g/kg, respectivamente. Barbosa et al. (1995), em mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), encontraram valores de 17,1 g/kg no tratamento em que as plantas cresceram mais. Já Marques et al. (2004), em mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*) também cultivadas em solução nutritiva, observaram valores de concentração foliar de Ca de 39,77 g/kg, bem maiores do que os deste estudo.

### **3.4.3. Nível crítico**

O nível crítico no solo variou de 0,3 a 2,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e, na planta, de 5 a 11,9 g/kg (Tabela 16).

Os valores encontrados no solo são bem altos, sobretudo para o solo PVA, se comparados com os de Dias et al. (1992) em mudas de taxi-branco, cujo valor estimado foi de 0,37 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Já na planta, a necessidade de Ca é bem pequena, menor do que para outra espécie perene bem rústica, como o eucalipto, cujos valores variam de 8 a 12 g/kg (MARTINEZ et al., 1999).



**Tabela 21** - Doses de Ca recomendadas para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função das diferentes doses de Ca aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Nível crítico	
		solo (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	parte aérea (g/kg)
LVD	0,8	0,9	10,63
PVA	0,8	2,2	11,4
LVA	0,8	0,8	6,0

### 3.5. Efeito do magnésio

As médias observadas para as diversas características avaliadas são mostradas na Tabela 22.

**Tabela 22** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de Mg, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca de raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR), aos 120 dias após a semeadura

Solo	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,88	13,73	0,14	0,55	0,66	-	-	-	-
	0,2	4,38	27,43	2,36	3,57	5,94	1,60	4,06	2,65	9,75
	0,4	3,81	28,00	2,53	3,07	5,60	2,15	4,88	2,93	8,62
	0,6	4,39	32,38	3,23	4,20	7,43	2,60	7,78	2,98	11,80
	0,8	3,50	22,13	1,63	2,10	3,73	2,53	4,07	4,68	9,71
PVA	0	2,82	12,93	0,39	0,69	1,08	-	-	-	-
	0,2	6,60	41,13	6,76	8,95	15,71	1,70	11,50	1,43	12,78
	0,4	6,23	41,48	6,15	9,92	16,07	2,08	12,93	1,58	15,19
	0,6	6,27	43,35	6,19	10,26	16,45	2,00	11,88	1,48	14,80
	0,8	6,59	52,73	7,09	9,97	17,06	2,08	14,60	1,30	12,81
LVA	0	2,65	11,00	0,24	0,66	0,89	-	-	-	-
	0,2	6,68	63,70	6,39	7,57	13,95	1,43	9,08	1,47	11,15
	0,4	7,18	64,53	8,33	10,20	18,54	1,80	14,83	1,65	16,83
	0,6	7,15	62,58	8,02	10,03	18,06	1,90	14,67	1,73	17,06
	0,8	6,82	56,50	8,22	11,19	19,41	1,98	16,11	1,95	21,13

### 3.5.1. Características morfológicas

O crescimento das plantas sob condições diferenciadas de Mg só se mostrou diferente para o PMSR e PMST no LVA (Tabela 23).

O efeito observado no LVA para as características mencionadas foi linear e positivo. Portanto, maiores valores são esperados em doses superiores a 0,8 cmol<sub>c</sub> de Mg/dm<sup>3</sup> de solo.

Os resultados demonstram que a espécie em questão tem baixa exigência pelo Mg. Em mudas de seringueira cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Alves et al. (1996) também verificaram que as doses de Mg testadas no trabalho não provocaram respostas muito acentuadas, quando comparadas com as do tratamento que não recebeu o nutriente. O mesmo ocorreu com as espécies jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) e canafístula (*Senna multijuga*), estudadas por Renó et al. (1997).

**Tabela 23** – Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg em mudas de angico-vermelho aos 120 dias após a sementeira, considerando a altura, o diâmetro e o peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,02$		0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,42$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,69$		0,2
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 27,48$		0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 44,67$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 61,83$		0,2
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,44$		0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,55$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,74$		0,2
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,24$		0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,77$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = 7,075 + 5,345*X$	0,80	0,8
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,67$		0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,32$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = 13,515 + 7,9462*X$	0,72	0,8

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

As menores médias de crescimento foram observadas no LVD, assim como para os demais nutrientes, evidenciando ser ele o pior solo a ser utilizado para substrato na produção de mudas dessa espécie.

### 3.5.2. Teor e conteúdo

O aumento dos valores de teores nas plantas em razão da aplicação de doses crescentes de Mg foi observado nas mudas cultivadas no LVD e LVA, o que não se verificou no PVA (Tabela 24).

Os maiores valores de teores foram observados nas mudas plantadas no LVD, que tiveram menor crescimento, o que favoreceu a concentração do nutriente nos tecidos. Na parte aérea, a resposta foi linear e positiva, já na raiz o efeito foi quadrático.

**Tabela 24** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg sobre o seu teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura, em três tipos de solos

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (cmolc/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 1,41250 + 1,6125^{***}X$	0,83	0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,96$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,78$		0,2
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = -1,19344 + 29,7658X - 28,311X^2$	0,59	0,37
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,73$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = 8,44213 + 10,4606^{**}X$	0,75	0,8
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 3,55 - 5,79583^{***}X + 8,85417^{***}X^2$	0,93	0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,44$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = 1,31667 + 0,7625^{**}X$	0,97	0,8
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,97$		0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,90$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = 8,99704 + 15,0906^{***}X$	0,90	0,8

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

As plantas não tiveram respostas em relação aos teores na parte aérea quando cultivadas no LVA. Na raiz, no entanto, seguiu um aumento de ordem linear. Com relação às plantas cultivadas no PVA, não se observaram efeitos tanto na parte aérea quanto nas raízes.

Em relação aos conteúdos de Mg nos tecidos das plantas, observou-se que os maiores valores se encontram nas mudas plantadas no LVA, tanto para a parte aérea quanto para raiz, sendo as respostas lineares e positivas. Coincidentemente, nesse solo se observaram as maiores quantidades de biomassa produzida, razão pela qual os conteúdos observados são maiores.

Resultado contrário foi observado no LVD, em que a menor quantidade de biomassa produzida resultou em menores conteúdos desse nutriente nos tecidos das plantas. Efeitos significativos ocorreram apenas na parte aérea, sendo a resposta de ordem quadrática. No PVA, os conteúdos observados nas mudas não diferiram em razão do aumento de doses.

Os teores de Mg nos tecidos das plantas variaram de 1,43 a 2,6 g/planta na parte aérea e de 1,43 a 4,68 g/planta nas raízes. De certa forma, são parecidos, embora um pouco menores, com os do paricá (*Schizolobium amazonicum*), estudado por Marques et al. (2004), que encontraram concentração foliar do nutriente de 3,9 g/kg. Da mesma forma, em *Eucalyptus citriodora*, Maffeis et al. (2000) obtiveram valores de concentração foliar de Mg de 2,58 g/kg. Já Mendonça et al. (1999), em mudas de aroeira, encontraram valores de 6,2 g/kg, enquanto Barbosa et al. (1995) em mudas dessa mesma espécie, só que cultivadas em um Latossolo roxo, observaram teor foliar do nutriente de 4,4 g/kg.

Para Marschner (1995), os teores ideais para o pleno desenvolvimento das plantas estão em geral na faixa de 2 a 4 g/kg, o que é afirmado também por Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006). Dessa forma, os valores encontrados neste estudo estão de acordo com os destes autores; nas raízes das mudas cultivadas no LVD, nas maiores doses, esse valor foi superior.

### **3.5.3. Nível crítico**

No solo, o nível crítico de Mg variou de 0,2 a 0,8 cmolc/dm<sup>3</sup>, enquanto na planta a variação foi de 1,7 a 1,9 g/kg (Tabela 25). Esses valores sugerem que a espécie possui baixo requerimento por esse nutriente.

Em relação ao nível crítico na parte aérea, verificou-se que os valores estimados são inferiores aos considerados adequados para o eucalipto, segundo Martinez et al. (1999), que é de 4 a 5 g/kg; isso é um indicativo de que

a espécie sobrevive e se desenvolve de forma satisfatória em solos com baixos teores de Mg.

**Tabela 25** - Valores de dose recomendada de Mg para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função das diferentes doses de Mg aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	Nível crítico	
		solo ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	parte aérea (g/kg)
LVD	0,2	0,25	1,7
PVA	0,2	0,2	1,9
LVA	0,8	0,8	1,8

### 3.6. Efeito do enxofre

Na Tabela 26 são mostrados os valores das médias observadas para as características morfológicas sob influência de doses crescentes de S.

**Tabela 26** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de S, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca de raiz (PMSR) e peso de matéria seca total (PMST), aos 120 dias após a semeadura

Solo	S ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)
LVD	0	1,88	13,73	0,14	0,55	0,66
	20	4,03	18,88	1,21	3,32	4,54
	40	3,81	28,00	2,53	3,07	5,60
	60	3,78	23,45	1,47	4,36	4,74
	80	5,08	36,78	4,04	5,46	9,50
PVA	0	2,82	12,93	0,39	0,69	1,08
	20	6,53	41,90	7,05	10,96	18,01
	40	6,23	41,48	6,15	9,92	16,07
	60	6,31	46,40	7,62	10,79	18,41
	80	6,78	39,40	6,32	11,63	17,95
LVA	0	2,65	11,00	0,24	0,66	0,89
	20	6,99	51,28	7,26	11,17	18,43
	40	7,18	64,53	8,33	10,20	18,54
	60	4,91	45,18	4,65	6,46	11,10
	80	7,46	47,28	7,76	9,23	16,99

Verifica-se na Tabela 27 que não houve diferenças significativas da aplicação de crescentes doses de S sobre o diâmetro das plantas, independentemente do solo em que foram cultivadas. Nas demais características avaliadas, apenas as mudas cultivadas no solo LVD apresentaram crescimento diferenciado de forma significativa. Nessa situação, as mudas tiveram as médias de crescimento das diversas características aumentadas, de forma linear.

**Tabela 27** - Resumo das estimativas geradas do efeito do S em mudas de angico-vermelho aos 120 dias após a semeadura, considerando a altura, o diâmetro e o peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,17$		20
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,46$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,63$		20
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = 14,488 + 0,2458^{***}X$	0,69	80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 42,29$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 52,06$		20
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = 0,4563 + 0,0371^{***}X$	0,56	80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,79$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,00$		20
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = 2,13 + 0,0385^*X$	0,83	80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,82$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,26$		20
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = 2,5863 + 0,0701^{**}X$	0,61	80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,61$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,26$		20

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

No LVA e no PVA, o suprimento de S não implicou efeitos significativos sobre o crescimento das mudas de angico, nas diversas características estudadas. Esse fato já foi observado em mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) cultivadas por Dias et al. (1992) em um Latossolo Vermelho-Amarelo, que não apresentaram resposta significativa a nenhuma das

diferentes características de crescimento usadas na avaliação e à adição de enxofre ao substrato, que apresentava originalmente teor de 5,1 mg de S/dm<sup>3</sup> de solo. Similarmente, em outro estudo, com plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril*) cultivadas em um Latossolo Vermelho-Amarelo com baixa disponibilidade de nutrientes, os valores de altura, diâmetro, matéria seca de parte aérea, raiz e relação raiz/parte aérea não diferiram estatisticamente dos obtidos no tratamento completo (DUBOC et al., 1996).

No entanto, o suprimento de doses crescentes de S mostrou-se significativo para as plantas cultivadas no LVD, sendo a resposta de ordem linear positiva para todas as características estudadas, exceto o diâmetro. Dessa forma, nesse substrato, à medida que se aumentaram as doses de S, houve incremento no crescimento das mudas, indicando que a quantidade ideal de S a ser aplicada para garantir maior produtividade está em valores superiores a 80 mg/dm<sup>3</sup>. Esses resultados estão de acordo com os de Maffei et al. (2000) para mudas de *Eucalyptus citriodora*, em que a omissão do S fez com que as mudas tivessem menor crescimento em altura e diâmetro, bem como menor biomassa de folhas (g/planta), comparativamente ao obtido nas mudas produzidas em solução completa. Da mesma forma, a omissão do nutriente foi altamente limitante para o crescimento de mudas de cedro (*Cedrela fissilis*), jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) e canafístula (*Senna multijuga*) em um Latossolo Vermelho-Amarelo de fertilidade natural muito baixa, conforme foi verificado por Renó et al. (1997).

Já Reis et al. (1997), contrariando os resultados observados no LVD, em mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*), verificaram respostas negativas à aplicação das doses do nutriente ao substrato Latossolo Vermelho-Amarelo álico, o que, de acordo com os pesquisadores, evidenciaria que o nível crítico do nutriente para esta espécie seria menor que o teor existente naturalmente no solo, que é de 4,8 mg/dm<sup>3</sup>. Igualmente, Mendonça et al. (1999), em mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*), concluíram que a omissão de enxofre não afetou o crescimento em altura nem a produção de matéria seca da parte aérea e radicular, tendo inclusive a omissão do nutriente propiciado maior crescimento em diâmetro, apesar de não ter diferido do tratamento completo.

### 3.7. Efeito de diferentes doses de cada macronutriente sobre os teores e conteúdos dos demais

#### 3.7.1. Efeito de doses de nitrogênio nos teores e conteúdos de N, K, Ca e Mg

As médias observadas para o efeito do nitrogênio sobre os demais macronutrientes são mostradas no Anexo A.

Os conteúdos, tanto na parte aérea quanto nas raízes dos demais nutrientes, não foram influenciados pela adição de N. Entretanto, em relação aos teores, observaram-se efeitos significativos do P na raiz no solo LVA de ordem quadrática, e de Ca na parte aérea nos solos LVA e LVD, sendo, nesse caso, efeito linear negativo (Tabelas 28 e 29).

**Tabela 28** -Resumo das estimativas geradas do efeito do N sobre o teor e conteúdo de P na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura, em três tipos de solos

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de P na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,08$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,39$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,28$	
Conteúdo de P na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,47$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,83$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,41$	
Teor de P na Raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,7$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,59$	
	LVA	$\hat{Y} = 1,10437 + 0,0121225*X - 0,00006275**X^2$	0,97
Conteúdo de P na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,46$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,68$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,37$	

Renó et al. (1997), para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha*, também verificaram diminuição dos teores de Ca devido à aplicação de N.

Levando em consideração a dose de N que garantiu o maior valor de PMST e substituindo nas equações obtidas para os teores dos demais nutrientes, definiram-se os teores de cada macronutriente, de acordo com a aplicação de N, como é visto na Tabela 30.



**Tabela 29** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N sobre o teor e conteúdo de Ca na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura, em três tipos de solos

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Ca na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,63$	0,76
	PVA	$\hat{Y} = 14,625 - 0,02045^{**}X$	
	LVA	$\hat{Y} = 10,2537 - 0,025845^{***}X$	
Conteúdo de Ca na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 26,34$	0,84
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 82,43$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 54,83$	
Teor de Ca na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,55$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,51$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,98$	
Conteúdo de Ca na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,57$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 41,81$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 40,43$	

**Tabela 30** - Teores dos nutrientes P, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função da aplicação de N, nos três solos estudados

Solo	Dose recomendável de N para PMST	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de N			
		P	K	Ca	Mg
LVD	50	1,1	8,9	12,6	2,1
PVA	50	1,4	6,8	13,6	1,9
LVA	200	1,2	6,0	5,1	1,7

A aplicação de N não interferiu na absorção de P pelas plantas, uma vez que os teores desse nutriente observados nessa situação foram parecidos com os obtidos em doses crescentes dele. Em termos comparativos, os valores variaram de 1,1 a 1,4 g/kg nos solos LVD e PVA; no LVA os valores foram os mesmos em ambas as situações: 1,2 g/kg.

Esse mesmo comportamento foi observado para o K e o Mg, não havendo grandes variações dos teores desses nutrientes em razão da aplicação de doses crescentes de N. As variações, para o K, foram de 8,5-8,9 g/kg no LVD, 6,5 – 6-8 g/kg no PVA e 6,0 – 6,2 g/kg no LVA. Para o Mg, as variações foram de 1,8-2,1 g/kg no LVD, 1,7 – 1,9 g/kg no PVA e 1,8 – 2,5 g/kg no LVA.

Entretanto, os teores de Ca no solo LVD foram maiores do que os observados nos tratamentos em que se variaram as doses de Ca, sendo 12,6 e 5 g/kg, respectivamente. Um desbalanço entre esses nutrientes, nessa situação, explica por que os teores apresentaram comportamento linear negativo. Todavia, para o LVD e PVA, os valores foram parecidos, apresentando faixas de 11,9 a 12,6 g/kg no PVA e de 5,1 a 6,0 g/kg no LVA.

Esses resultados indicam que a absorção de N pelas plantas não influenciou a absorção dos demais macronutrientes. Logo, as doses aplicadas permitiram equilíbrio ideal entre esses nutrientes.

Em termos médios, os teores de N observados nos tratamentos dos demais nutrientes foram parecidos com os obtidos no tratamento individual de N. No solo, a variação foi pequena, sendo o valor observado sob influência dos demais nutrientes menor do que no individual: 24,4 e 24,8 g/kg, respectivamente. No solo PVA, com a aplicação dos demais nutrientes houve maior acúmulo de N, sendo o valor de 18,2 g/kg, contra 14,4 no tratamento individual. Já no solo LVA, o valor de 15,4 foi o mesmo para ambas as situações.

### **3.7.2. Efeito de doses de fósforo nos teores e conteúdos de N, K, Ca e Mg**

#### **3.7.2.1. Efeito sobre o N**

A adição de P influenciou o teor e o conteúdo de N nos tecidos das plantas, sendo poucas as exceções (Tabela 31).

Em relação aos teores na parte aérea das mudas, a adição de P influenciou a absorção de N no PVA e no LVA, com efeito quadrático e tendência de diminuição dos teores. Na raiz, o efeito só foi significativo no solo LVD, também com queda dos teores de N quanto maior eram as doses de P aplicadas.

Quanto aos conteúdos, só não houve efeito significativo no PVA na parte aérea das plantas. No LVD, o efeito foi linear, tendo o conteúdo aumentado, enquanto no LVA o efeito foi quadrático, com ponto de máximo conteúdo na dose de 430,93 mg de P/dm<sup>3</sup>.

Nas raízes também se observou efeito quadrático, com ponto de máximo em 317,62 mg de P/dm<sup>3</sup>, quando se cultivaram as plantas no solo LVA,

diminuindo com o aumento de doses de P aplicadas no PVA. Já no LVD a média dos conteúdos que não foram significativos, em razão da aplicação de P, foi de 44,93 g/planta.

**Tabela 31** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre o teor e conteúdo de N na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de K na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 27,54$	
	PVA	$\hat{Y} = 25,031 - 0,0383*X + 0,00005*X^2$	0,49
	LVA	$\hat{Y} = 30,1875 - 0,0784834**X + 0,00009**X^2$	0,87
Conteúdo de K na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 16,237 + 0,0966657***X$	0,71
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 113,6$	
	LVA	$\hat{Y} = -5,7608 + 0,6033*X - 0,0007*X^2$	0,99
Teor de K na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 21,05 - 0,0122722***X$	0,89
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,57$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,27$	
Conteúdo de K na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 44,93$	
	PVA	$\hat{Y} = 124,42 - 0,01161*X$	0,92
	LVA	$\hat{Y} = -121,287 + 23,2337**X^{0,5} - 0,651834**X$	0,42

A diminuição dos teores de N também foi verificada por Melo (1999) nas espécies *Sclerolobium paniculatum* e *Dipteryx alata*; contudo, esse mesmo autor conclui que, para as espécies *Eugenia dysenterica* e *Hancornia speciosa*, houve incremento da concentração de N com o aumento do nível de P.

### 3.7.2.2. Efeito sobre o K

A adição de P também provocou efeito nos teores e conteúdos de K, sendo os efeitos mais significativos nos conteúdos da parte aérea das mudas cultivadas nos solos LVA e LVD e, nas raízes, no LVA. Em relação aos teores, só houve efeito significativo no LVD, nas raízes das mudas, em que o teor de K aumentou linearmente (Tabela 32).

No tocante aos conteúdos de K, na parte aérea das mudas cultivadas no solo LVD o efeito quadrático indicou a maior dose em 458,26 mg de P/dm<sup>3</sup>. No solo LVA, esse valor é de 442,08 mg de P/dm<sup>3</sup>. Já nas raízes, o ponto de máximo conteúdo de K ocorreu na dose de 340,20 mg de P/dm<sup>3</sup>.

Diferentemente deste estudo, Melo (1999), estudando diversas espécies do cerrado, não observou efeitos significativos da aplicação de P sobre os teores e conteúdos de K.

**Tabela 32** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre o teor e conteúdo de K na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de K na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,12$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,09$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,78$	
Conteúdo de K na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = -80,9749 + 9,78171^{**}X^{0,5} - 0,228479^{*}X$	0,45
	PVA	$\hat{Y} = 45,04$	0,93
	LVA	$\hat{Y} = -19,1588 + 0,356742^{***}X - 0,000403493^{***}X^2$	
Teor de K na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 7,722 + 0,003^{**}X$	0,89
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,96$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,35$	
Conteúdo de K na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 25,99$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 66,47$	
	LVA	$\hat{Y} = -103,758 + 19,4266^{**}X^{0,5} - 0,526626^{**}X$	

### 3.7.2.3. Efeito sobre o Ca

Os teores de Ca nas plantas de angico-vermelho seguiram tendência de diminuição, em virtude da aplicação de P, nas mudas cultivadas nos solos LVA na parte aérea e no solo LVD nas raízes. Entretanto, contrariando essa tendência, os conteúdos aumentaram, apresentando valor máximo na dose de 454,87 mg de P/dm<sup>3</sup> nas plantas cultivadas no LVD e na de 407,53 nas plantas cultivadas no solo LVA (Tabela 33).

Em espécies do cerrado, foi observado comportamento diferenciado, em relação aos teores de Ca. Segundo Melo (1999), de modo geral, o P aumentou a concentração de Ca nos tecidos de plantas de *Hancornia speciosa* (parte aérea e raízes), *Dipteryx alata* (caule e raiz) e *Sclerolobium paniculatum*, mas foi negativo para folhas de *Eugenia dysenterica* e *Sclerolobium paniculatum*.

**Tabela 33** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre o teor e conteúdo de Ca na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solos

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Ca na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,93$	0,98
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,84$	
	LVA	$\hat{Y} = 11,2188 - 0,0220917^{**}X + 0,0000225^{**}X^2$	
Conteúdo de Ca na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = -17,148 + 0,207542^{**}X - 0,000228133^{**}X^2$	0,76
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 76,36$	
	LVA	$\hat{Y} = -6,22374 + 0,300414^{***}X - 0,000368576^{***}X^2$	
Teor de Ca na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 6,96667 - 0,00412222^{***}X$	0,89
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,34$	
	LVA	$\hat{Y} = 7,61479 - 0,446268^{**}X^{0,5} - 0,0119061^{**}X$	
Conteúdo de Ca na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,06$	0,57
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 36,59$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,20$	

### 3.7.2.4. Efeito sobre o Mg

A fertilização com P influenciou os teores de Mg significativamente na parte aérea das mudas cultivadas no LVD e nas raízes das mudas cultivadas no PVA. Em relação à influência nos conteúdos, verificou-se efeito na parte aérea das plantas cultivadas no LVD e LVA e, nas raízes, no PVA (Tabela 34).

**Tabela 34** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre o teor e conteúdo de Mg na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Mg na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 1,19583 + 0,00276667^{***}X$	0,86
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,09$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,00$	
Conteúdo de Mg na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = -0,448541 + 0,0139497^{***}X$	0,92
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,43$	
	LVA	$\hat{Y} = -3,565 + 0,0915152^{***}X - 0,000103295^{***}X^2$	
Teor de Mg na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,81$	0,99
	PVA	$\hat{Y} = 3,15625 - 0,00794167^{***}X + 0,000008^{***}X^2$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,71$	
Conteúdo de Mg na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,89$	0,86
	PVA	$\hat{Y} = 23,6089 - 0,0259816^{***}X$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,03$	

No LVD, o aumento de doses de P implicou aumento dos teores de Mg na parte aérea; já nas raízes, em que se observou efeito apenas no PVA, houve tendência de diminuição até a dose de 400 mg de P/dm<sup>3</sup> e, em doses maiores, um ligeiro aumento.

Quanto aos conteúdos, na parte aérea houve aumento dos valores no LVD de ordem linear e, no LVA, de ordem quadrática, com ponto de máximo na dose de 442,98 mg de P/dm<sup>3</sup>. Nas raízes, ao contrário, houve diminuição nas mudas cultivadas no PVA, e nos demais não houve influência significativa.

Em termos comparativos, Melo (1999) verificou que o P atuou positivamente nas raízes de *Eugenia dysenterica*, nas folhas de *Sclerolobium paniculatum*, no caule de *Dipteryx alata* e na parte aérea de *Hancornia speciosa*. Todavia, contrariamente a esse estudo, em nenhum caso houve queda na concentração de Mg em função do aumento do nível de P no solo.

Levando em consideração a dose de P que garantiu o maior valor de PMST e substituindo nas equações obtidas para os teores dos demais nutrientes, definiram-se os teores de cada macronutriente, como mostrado na Tabela 35.

**Tabela 35** - Teores dos nutrientes N, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função da aplicação de P, nos três solos estudados

Solo	Dose recomendável de P para PMST	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de P			
		N	K	Ca	Mg
LVD	150	27,5	10,9	10,9	1,6
PVA	150	20,4	7,1	11,8	2,1
LVA	279,27	15,3	6,8	6,6	2,0

Observa-se, pela Tabela 35, que os maiores teores foliares são encontrados nas plantas cultivadas no solo LVD, que originalmente apresentava a pior fertilidade natural. Já no solo LVA são exigidos os menores valores, apesar de a dose recomendada ser maior do que no LVD.

Entretanto, ao comparar os teores dos nutrientes relacionados à aplicação de P com os teores obtidos individualmente em razão da aplicação de doses crescentes de cada nutriente, não se observaram grandes variações.

No caso específico do N, a variação dos teores foi de 26 a 27,5 g/kg no LVD e de 15,3 a 15,4 no LVA. No PVA verificou-se variação maior: 14,4 a 20,4 g/kg.

A aplicação de crescentes doses de P e sua influência na absorção de K e Mg também foram equilibradas, não havendo grandes variações com os valores dos tratamentos individuais. Para o K, os valores variaram de 8,5 a 10,9 g/kg nos solos LVD, de 6,5 a 7,1 g/kg no PVA e de 6,2 a 6,8 g/kg no LVA. Para o Mg, as variações foram de 1,6 a 1,7 g/kg no solo LVD, de 1,9 a 2,1 g/kg no PVA e de 1,8 a 2,0 g/kg no LVA.

Para o Ca, verificou-se variação maior no solo LVD, em que os teores desse nutriente sob influência da aplicação de P foram bem maiores do que quando no tratamento individual, variando de 5 a 10,9 g/kg. Isso demonstra que, para esse solo, o melhor desenvolvimento das plantas em relação à aplicação de Ca está condicionado a um adequado suprimento de P. No solo PVA, os valores foram os mesmos, e no solo LVA a variação foi de 6 a 6,6 g/kg.

Em média, no solo LVD os teores médios de P observados foram maiores no tratamento individual (1,4 g/kg), em relação ao valor obtido sob influência dos demais nutrientes (1,0 g/kg). Entretanto, nos outros solos observou-se o contrário, ou seja, verificou-se maior teor quando o P estava sob influência da adubação com os demais nutrientes; para isso, os valores foram de 1,1 e 1,4 g/kg no PVA e de 1,2 e 1,3 g/kg no LVA.

### **3.7.3. Efeito de doses de potássio nos teores e conteúdos de N, P, Ca e Mg**

A adição de K não influenciou a absorção de N, sendo as médias mostradas no Anexo A.

#### **3.7.3.1. Efeito sobre o P**

Somente foi verificado efeito significativo no teor de P, em razão da aplicação de doses crescentes de K, nas raízes das mudas cultivadas no LVA, sendo o efeito curvilíneo (Tabela 36).

Esse efeito indica que 90% do maior teor de P nas plantas, que é de 1,37 g/kg, relacionados à aplicação de K, será alcançado na dose de 57 mg de K/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 36** - Resumo das estimativas geradas do efeito do K sobre o teor de P na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de P na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,0$	0,34
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,4$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,3$	
Conteúdo de P na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,54$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,01$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,63$	
Teor de P na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,69$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,53$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,02409 + 0,510652^{***}X^{0,5} - 0,0253438^{***}X$	
Conteúdo de P na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,53$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,89$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,14$	

### 3.7.3.2. Efeito sobre o Ca

Nos teores de Ca na parte aérea, observou-se efeito quadrático da aplicação de K, no solo LVD; já nas raízes o efeito de ordem quadrática ocorreu em mudas cultivadas no PVA. Em relação aos conteúdos, a aplicação de K influenciou a absorção de Ca, de forma linear e positiva, apenas na parte aérea das plantas cultivadas no PVA (Tabela 37).

**Tabela 37** - Resumo das estimativas geradas do efeito do K sobre os teores e conteúdos de Ca na parte aérea e nas raízes de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Ca na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = -12,1019 + 4,82039^{***}X^{0,5} - 0,236246^{***}X$	0,75
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,69$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,03$	
Conteúdo de Ca na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 27,71$	0,72
	PVA	$\hat{Y} = 50,9224 + 0,202028^{**}X$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 63,58$	
Teor de Ca na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = Y = 5,23$	0,99
	PVA	$\hat{Y} = 1,23125 + 0,0494584^{***}X - 0,000180833^{***}X^2$	
	LVA	$\hat{Y} = Y = 3,64$	
Conteúdo de Ca na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,13$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 41,38$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 34,66$	



O modelo ajustado para o efeito de K sobre os teores de Ca na parte aérea das plantas cultivadas no solo LVD indicam máximo teor (12,49 g/kg) na dose de 104,08 mg de K/dm<sup>3</sup>. Nas raízes, o teor máximo de Ca foi de 4,61 g/kg, na dose de 136,75 mg de K/dm<sup>3</sup>.

### 3.7.3.3. Efeito sobre o Mg

A adição crescente de doses de K só influenciou significativamente o teor de Mg nas raízes das plantas cultivadas no PVA, sendo o efeito quadrático, com máximo teor de 1,65 g/kg, alcançado na dose de 134,12 mg de K/dm<sup>3</sup> (Tabela 38).

Diferentemente deste estudo, Melo (1999) conclui que, sob influência de crescentes doses de K, houve diminuição da concentração de Mg na parte aérea de *Eugenia dysenterica*, no caule de *Sclerolobium paniculatum* e em folhas e caule de *Dipteryx alata*, fato que também foi verificado por Renó et al. (1997) para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha*.

Na Tabela 39 são mostrados os teores estimados para os demais nutrientes em razão da aplicação de K, com base na dose estimada para o PMST.

**Tabela 38** - Resumo das estimativas geradas do efeito do K sobre os teores de Mg nas raízes de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Mg na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,05$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,09$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,03$	
Conteúdo de Mg na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,34$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,56$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,33$	
Teor de Mg na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = Y = 2,9$	
	PVA	$\hat{Y} = 0,206249 + 0,0214584^{***}X - 0,00008^{***}X^2$	0,98
	LVA	$\hat{Y} = Y = 1,92$	
Conteúdo de Mg na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,99$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,08$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 18,52$	

**Tabela 39** - Teores dos nutrientes N, P, Ca e Mg na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função da aplicação de K, nos três solos estudados

Solo	Dose Recomendável de K para PMST	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de K			
		N	P	Ca	Mg
LVD	50	25,0	0,9	10,1	2,0
PVA	50	18,0	1,4	12,7	2,0
LVA	50	17,0	1,3	9,0	2,0

As crescentes doses de K aplicadas não influenciaram a absorção de N pelas plantas de angico-vermelho. Logo, os valores dos teores de N obtidos são parecidos com os teores observados no tratamento com doses crescentes de N, sendo as variações de 25 a 26,8 g/kg no solo LVD, de 14,4 a 18 g/kg no PVA e de 15,4 a 17 g/kg no LVA.

Quanto ao Mg, a variação foi mínima: de 1,7 a 2,0 g/kg no LVD, de 1,9 a 2,0 g/kg no PVA e de 1,8 a 2,0 g/kg no LVA. Esses resultados demonstram que o balanço entre a aplicação de K e a aplicação de Mg foi adequado para o crescimento das plantas.

Nos solos LVD e PVA, o K pouco influenciou a absorção de P, sendo a variação de 0,9 a 1,4 g/kg e de 1,1 a 1,4 g/kg, respectivamente. Entretanto, no solo LVA, observaram-se maiores teores de P (variando de 1,2 a 3,9 g/kg), em razão da aplicação de K, demonstrando que neste solo as doses crescentes de K favoreceram maior absorção de P, o que refletiu em maiores teores nos tecidos das plantas.

Em relação ao Ca, no solo LVD, houve maior variação dos teores desse nutriente, em razão da aplicação de crescentes doses de K, sendo os valores de 5 a 10,1 g/kg; isso indica que houve maior concentração de Ca nos tecidos das plantas com o aumento de doses de K. Nos demais solos, a variação foi de 11,8 a 12,7 g/kg no PVA e de 6,0 a 9,0 g/kg LVA.

Em geral, os valores de K observados nos tratamentos em que variaram os demais nutrientes foram maiores do que no tratamento individual de K. Os valores observados variaram de 8,5 a 9,4 g/kg no LVD, de 6,5 a 7,3 g/kg no PVA e de 6,2 a 6,8 g/kg no LVA. Portanto, para maior absorção de K, recomenda-se aplicação equilibrada com os demais nutrientes.

### 3.7.4. Efeito de doses de cálcio nos teores e conteúdos de N, P, K e Mg

A aplicação de Ca nos três solos estudados não implicou diferenças significativas nos teores e conteúdos de N e P, sendo as médias apresentadas no Anexo A.

Apenas para o K e Mg, no solo PVA, verificou-se efeito sobre os teores desses nutrientes nas raízes, que foi de ordem quadrática, com ponto de mínimo na dose aproximada de 1,2 cmol<sub>c</sub> de Ca/dm<sup>3</sup> (Tabelas 40 e 41).

**Tabela 40** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca sobre os teores e conteúdos de K na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de K na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,63$	0,70
	PVA	$\hat{Y} = 20,5728 - 22,4547 * X + 9,47941 * X^2$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,96$	
Conteúdo de K na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 20,22$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 39,56$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 47,86$	
Teor de K na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,16$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,82$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,31$	
Conteúdo de K na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 35,18$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 71,03$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 71,57$	

A quase ausência de efeitos nos teores e a ausência desses efeitos nos conteúdos também foram verificadas por Melo (1999), o qual concluiu que o aumento de Ca no solo influenciou a concentração de alguns nutrientes. Entretanto, não foi possível identificar claramente uma tendência para todas as espécies e componentes da planta, exceto uma queda na concentração de Mg nas raízes de três das quatro espécies estudadas (*Hancornia speciosa*, *Dipteryx alata* e *Sclerolobium paniculatum*), fato que também foi verificado neste estudo com a espécie angico-vermelho.

Com base na dose estimada para o PMST, estimaram-se os teores dos demais macronutrientes em razão da aplicação de Ca, conforme mostrado na Tabela 42.

**Tabela 41** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca sobre os teores e conteúdos de Mg na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Mg na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,93$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,05$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,69$	
Conteúdo de Mg na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,61$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,20$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,05$	
Teor de Mg na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,950$	
	PVA	$\hat{Y} = 7,5 - 11,021^{**}X + 4,8958^{**}X^2$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,77$	
Conteúdo de Mg na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,54$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,06$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,08$	

**Tabela 42** - Teores dos nutrientes N, P, K e Mg na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função da aplicação de Ca, nos três solos estudados

Solo	Dose recomendável de Ca para PMST (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de Ca			
		N	P	K	Mg
LVD	0,8	26,0	1,0	8,6	1,9
PVA	0,8	17,1	1,6	8,7	2,0
LVA	0,8	14,3	1,4	7,0	1,7

Verifica-se, na Tabela 42, que houve pouca variação nos valores de acordo com o solo estudado; apenas para o N, tanto na parte aérea quanto nas raízes, observaram-se valores maiores do que os demais.

Em termos comparativos com os teores obtidos individualmente, as doses de Ca utilizadas praticamente não influenciaram os teores dos demais nutrientes, visto que a variação desses valores dos teores foi pequena. Para o N, os valores variaram de 26 a 26,8 g/kg no LVD, de 14,4 a 17,1 g/kg no PVA e de 14,3 a 15,4 g/kg no LVA. Quanto ao P, os valores foram de 1 a 1,4 g/kg no LVD, 1,1 a 1,6 g/kg no PVA e de 1,2 a 1,4 g/kg no LVA. Para o K, os valores

foram de 8,5 a 8,6 g/kg no LVD, de 6,5 a 8,7 g/kg no PVA e de 6,2 a 7,0 g/kg no LVA. Por último, para o Mg, de 1,7 a 1,9 g/kg no LVD, 1,0 a 2,0 g/kg no PVA e 1,7 a 1,8 g/kg no LVA.

Os teores de Ca observados sob influência dos demais nutrientes foram maiores do que quando avaliado individualmente, evidenciando que um balanço adequado de aplicação dos nutrientes é benéfico para maior crescimento e desenvolvimento das plantas. Os valores observados foram de 10,6 a 11,6 g/kg na LVD, de 11,9 a 12,1 g/kg no PVA e de 6,0 a 6,6 g/kg no LVA.

Essas faixas de variação podem ser utilizadas, na prática, para verificação dos teores adequados dos nutrientes, para melhor crescimento e desenvolvimento das plantas, de acordo com o solo em questão.

### **3.7.5. Efeito de doses de magnésio nos teores e conteúdos de N, P, K e Ca**

A aplicação de Mg nos três solos estudados não promoveu diferenças significativas nos teores e conteúdos de N e P, sendo as médias apresentadas no Anexo A.

Apenas nos teores de K nas raízes das plantas cultivadas no PVA e de Ca no solo LVA houve efeito significativo devido à aplicação de Mg. Ambos os efeitos foram de ordem linear, com tendência de queda dos teores desses nutrientes (Tabelas 43 e 44).

Similarmente aos dados observados para essa espécie, Melo (1999) também verificou que aplicação de Mg diminuiu a concentração de Ca nas raízes de todas as espécies nativas do cerrado utilizadas em seu estudo e, ainda, na parte aérea de *Hancornia speciosa* e no caule de *Sclerolobium paniculatum* e *Dipteryx alata*, sugerindo a competição entre esses nutrientes. Da mesma forma, esse autor observou que a aplicação de Mg diminuiu a concentração de K na parte aérea de *Eugenia dysenterica* e *Hancornia speciosa* e nas folhas de *Dipteryx alata*, mostrando competição entre esses dois cátions.

Com base na dose estimada para o PMST, estimaram-se os teores dos demais macronutrientes em razão da aplicação de Mg, conforme mostrado na Tabela 45.

**Tabela 43** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg sobre os teores de K na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de K na Parte Aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,11$	0,86
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,65$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,56$	
Conteúdo de K na Parte Aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 21,05$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 43,47$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 49,67$	
Teor de K na Raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,16$	
	PVA	$\hat{Y} = 8,85 - 2,525^{***}X$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,05$	
Conteúdo de K na Raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 29,64$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 72,82$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 77,06$	

**Tabela 44** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg sobre os teores de Ca na parte aérea e na raiz de mudas de angico-vermelho, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Ca na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,93$	0,60
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,92$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,42$	
Conteúdo de Ca na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 30,82$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 72,21$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 49,38$	
Teor de Ca na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,76$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,23$	
	LVA	$\hat{Y} = 4,15833 - 1,225^{**}X$	
Conteúdo de Ca na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,68$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 41,28$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 33,79$	

Houve pouca variação nos valores de acordo com o solo estudado: apenas para o N, tanto na parte aérea quanto nas raízes, e Ca, na parte aérea. Observa-se que no solo LVD os valores foram bem maiores do que nos demais.

**Tabela 45** - Teores dos nutrientes N, P, K e Ca na parte aérea das plantas de angico-vermelho, em função da aplicação de Mg, nos três solos estudados

Solo	Dose recomendável de Mg para PMST	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de Mg			
		N	P	K	Ca
LVD	0,2	27,1	1,0	9,1	12,9
PVA	0,2	17,3	1,5	6,7	10,9
LVA	0,8	15,0	1,4	6,6	6,4

Em termos comparativos com os teores obtidos individualmente, as doses de Mg praticamente não influenciaram os teores dos demais nutrientes, visto que a variação dos valores dos teores foi pequena. Para o N, os valores variaram de 26,8 a 27,1 g/kg no solo LVD, de 14,4 a 17,3 g/kg no PVA e de 15,0 a 15,4 g/kg no LVA. Quanto ao P, a variação foi de 1 a 1,4 g/kg no LVD, de 1,1 a 1,5 g/kg no PVA e de 1,2 a 1,4 g/kg no LVA. Para o K, variaram de 8,5 a 9,1 g/kg no LVD, de 6,5 a 6,7 g/kg no PVA e de 6,2 a 6,6 g/kg no LVA.

Com relação ao Ca, assim como vem ocorrendo com outros nutrientes, foi observado maior teor desse nutriente nos tecidos das plantas com o aumento de doses de Mg. As variações observadas foram de 5 a 12 g/kg no LVD, de 10,9 a 11,9 g/kg no PVA e de 6 a 6,4 g/kg no LVA.

Os teores de Mg observados sob influência dos demais nutrientes foram maiores do que quando avaliado individualmente, evidenciando que um balanço adequado de aplicação dos nutrientes é benéfico para maior crescimento e desenvolvimento das plantas. Os valores observados foram de 1,7 a 1,9 g/kg no LVD, de 1,9 a 2,0 g/kg no PVA e de 1,8 a 1,9 g/kg LVA. Entretanto, os valores são muito próximos, sugerindo que a absorção de Mg não foi afetada pelos demais nutrientes.

#### **4. CONCLUSÕES**

As mudas de angico-vermelho aumentaram a absorção dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg à medida que se aumentou a disponibilidade destes no solo. Essa maior absorção se refletiu em maior concentração dos nutrientes aplicados em todas as partes da planta. Entretanto, em alguns casos, não houve resposta em crescimento correspondente a esse aumento.

Em termos gerais, as mudas produzidas no substrato LVA mostraram as melhores médias de todas as características avaliadas. Dessa forma, em se tratando de produção comercial de mudas, esse seria o melhor substrato, dos três estudados, desde que haja adição de nutrientes.

Os nutrientes que mais surtiram efeitos significativos foram o P, o N e o S; poucas respostas foram observadas nos demais nutrientes (Ca, Mg e K).

Recomendam-se doses dos macronutrientes nos seguintes valores: N (200 mg/dm<sup>3</sup> para solos com características similares às do LVA e 50 mg/dm<sup>3</sup> para solos parecidos com o PVA e LVD), P (150 mg/dm<sup>3</sup> para solos similares ao PVA e LVD e 280 mg/dm<sup>3</sup> para o LVA), K (50 mg/dm<sup>3</sup>), Ca (0,8 cmolc/dm<sup>3</sup>) e Mg (0,2 cmolc/dm<sup>3</sup>).

Em termos de nível crítico, os valores que proporcionaram melhor desenvolvimento da planta foram: N (14,4 a 26,8 mg/dm<sup>3</sup> na planta), P (7,5 a 46 mg/dm<sup>3</sup> no solo e 1,1 a 1,4 g/kg na parte aérea), K (14 a 86,5 mg/dm<sup>3</sup> no solo e 6,2 a 8,5 g/kg na parte aérea), Ca (0,8 a 2,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> no solo e 5 a 19 g/kg na parte aérea) e Mg (0,2 a 0,8 cmolc/dm<sup>3</sup> no solo e 1,7 a 1,9 g/kg na parte aérea). Todavia, para o K e o Ca sugerem-se estudos com doses dentro dessa faixa de valores encontrados, para melhor definição do nível crítico.

A influência da aplicação de um determinado macronutriente sobre a absorção dos demais foi mais significativa para o P, tanto no sentido de aumento quanto no de diminuição, sendo os efeitos mais destacados na parte aérea das plantas. Entretanto, as crescentes doses dos nutrientes aplicados não interferiram na absorção dos outros, indicando equilíbrio entre eles, ou seja, o balanço nutricional entre os nutrientes foi adequado.

## 5. REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1974.

ALVES, V. M. C. et al. Efeito da adubação potássica na produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Universidade de Manaus, 1996, p. 335-336.



BALIERO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: resposta a calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.

BARBOSA, Z. et al. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.) Eng.) sob diferentes saturações por bases. I. Crescimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. p. 806-808.

BERNARDINO, D. C. S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622005000600004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000600004&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 28 abr. 2007.

BOVI, M. L. A.; GODOY JR., G.; SPIERING, S. H. Resposta da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 161-166, 2002.

BRAGA, F. A. et al. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.

CARNIEL, T. et al. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia, GO. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 209-210.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa informação tecnológica. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. v. 1. 1039 p.

CECONI, D. E. et al. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1975. 384 p.

CRESTANA, C. S. M. et al. Sombreamento e adubação nitrogenada no crescimento de mudas de guarantã – *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 115-123, 1995.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 16, n. 2, p. 135-143, 1992.

DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá (*Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang). **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212 p.

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

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas). Viçosa: UFV, 1997. 59 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL: FAEPE, 1994. 227 p.

FERNANDES, A. R. et al. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas de freijó (*Cordia goeldiana* Huber.). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 37, p. 123-131, 2002.

FERNÁNDEZ, J. Q. P. et al. Crescimento de mudas 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.

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

GARCIA, N. C. P. **Efeitos da calagem e de níveis de fósforo sobre o crescimento e composição mineral de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell)**. 1986. 40 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1986.

GOMES, J. M. et al. Métodos de aplicação de adubo em diferentes solos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 6, n. 1, p. 52-63, 1982.

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, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622004000600003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622004000600003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 28 abr. 2007.

GOMES, K. C. O. **Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e nutrição mineral de mudas de angico-branco e garapa**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2000. v. 1. 352 p.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Editora Ceres, 1987. 495 p.

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

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação)**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 143-168.

MELO, J. D. **Resposta de mudas de espécies arbóreas do cerrado a nutrientes em Latossolo Vermelho Escuro**. 1999. 119 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 1999.

MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodouon urundeuva* Fr. All (Aroeira do Sertão). **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

MISSIO, E. L. et al. Exigências nutricionais da grápia ao fósforo e enxofre em Argissolo Vermelho distrófico arênico: efeito da adubação no crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782004000400013&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000400013&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 28 abr. 2007. (Pré-publicação).

MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Muller Argoviensis) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 263-271, 1995.

NICOLOSO, F. T. et al. Nutrição mineral de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) em argissolo distrófico arênico: (I) efeito da adubação NPK no crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 991-998, 2001.

NOVAIS, R. F. et al. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). I. Efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 3, n. 2, p. 121-134, 1979.

OLIVEIRA, J. M. F. et al. Respostas de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1-5, 1998.

PARON, M. E. et al. Crescimento da copaíba e guatambu em resposta a fungo micorrízico, superfosfato, nitrogênio e fumigação do solo. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 15-30, 1996.

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 57 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1994.

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

REIS, M. G. F. et al. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (jacarandá-da-bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 4, p. 463-471, 1997.

RENÓ, N. B. et al. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1997.

RESENDE, M. et al. **Pedologia**: base para distinções de ambientes. 4.ed. Viçosa, MG: Neput, 2002. 338 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo**: interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81 p.

SANTANNA, C. A. F. et al. Produção de matéria seca em mudas de seringueira submetidas a diferentes doses de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Universidade de Manaus, 1996. p. 337-338.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622004000100019&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622004000100019&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 14 jun. 2007.

SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S. Exigências nutricionais de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 415-425, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém, et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TURRENT, F. A. Uso de uma matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción. Chapingo-México: Rama de Suelos, Colégio de Postgraduados, 1979. 65 p. (Boletim técnico, 6)

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

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

## CAPÍTULO 3

### CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE MUDAS DE SANSÃO-DO-CAMPO (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) SOB DIFERENTES DOSES DE MACRONUTRIENTES

#### 1. INTRODUÇÃO

Planta da família Mimosaceae, vulgarmente denominada sansão-do-campo, também conhecida como sabiá, possui altura máxima variando de 5 a 8 m e tronco com 20 a 30 cm de diâmetro, de ampla ocorrência nas regiões Nordeste e Sudeste. Espécie decídua, heliófita, pioneira, seletiva xerófita, característica da caatinga. Ocorre preferencialmente em solos profundos, tanto em formações primárias como secundárias (LORENZI, 2000).

A madeira é apropriada para usos externos, como moirões, estacas, postes etc., e para lenha e carvão. A folhagem constitui valiosa forragem para o gado durante longa estiagem. Sua árvore apresenta ainda características ornamentais, principalmente pela forma entouceirada com que geralmente se apresenta, podendo ser empregada no paisagismo em geral e como cerca viva.

É uma planta tolerante à luz direta e de rápido crescimento, sendo ideal para reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas. Suas flores são melíferas (LORENZI, 2000).

Em face das grandes áreas degradadas que o Brasil possui, sobretudo quando se trata de pastagens, e devido a características de tolerância da

espécie para cultivo em tais áreas, tornam-se relevantes trabalhos que elucidem melhor seu desenvolvimento tanto em nível de produção de mudas como seu comportamento no campo.

Partindo dessa premissa, Marques et al. (2006) estudaram o desenvolvimento dessa espécie sob doses e fontes diferenciadas de N e concluíram que a espécie respondeu à adubação nitrogenada, sendo o sulfato de amônio a fonte de N mais efetiva, com dose recomendada de 176 mg/dm<sup>3</sup> para um Argissolo Vermelho-Amarelo. Resende et al. (1999) verificaram que a espécie é altamente responsiva à aplicação de P, sendo a dose de 378 g/dm<sup>3</sup> a que garantiu maior valor do peso de matéria seca total.

Entretanto, estudos mais completos envolvendo a influência dos macronutrientes no crescimento e desenvolvimento das plantas é necessário, para que a produção de mudas com qualidade e o sucesso de sua implantação no campo sejam efetivos.

Com base nesses argumentos, os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Determinar a melhor dose de macronutrientes que irá contribuir para o melhor crescimento das mudas, quanto às características altura, diâmetro, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raiz e peso de matéria seca total.
- Verificar o teor e o conteúdo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas raízes e na parte aérea, em razão da aplicação de crescentes doses de fertilizantes contendo os macronutrientes.
- Determinar o nível crítico dos macronutrientes no solo e na planta, que garanta o melhor crescimento e desenvolvimento desta.
- Verificar a influência das crescentes doses de um nutriente sobre os teores e conteúdos de outros nutrientes na parte aérea.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no viveiro de pesquisas florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, no período de dezembro de 2004 a maio de 2005.

Nesse período, a temperatura média diária foi de 21,1 °C, a média das máximas de 26,5 °C e a média das mínimas de 17,7 °C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 7,5 mm e 76,7%, respectivamente.

## 2.1. Caracterização do solo

As amostras de solos utilizadas como substratos na produção das mudas foram retiradas cerca de 30 cm abaixo da camada superficial de três tipos de solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais (RESENDE et al., 1988), dos quais foram determinadas as características físicas (Tabela 1) e químicas (Tabela 2).

**Tabela 1** - Análise física das amostras de solos utilizados na produção das mudas

Solo	Granulometria				Classe textural
	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	
Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)	27	18	16	39	Franco-argilosa
Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA)	21	16	8	51	Argilosa
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVD)	14	17	9	60	Muito argilosa

**Tabela 2** - Análise química das amostras de solos utilizados na produção das mudas antes da aplicação dos tratamentos

Solo	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	m
	(H <sub>2</sub> O)	(mg/dm <sup>3</sup> )		(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )						(%)	
PVA	6,00	2,10	14	1,60	0,10	0,00	3,63	1,74	5,37	32	0
LVA	4,80	1,40	32	0,20	0,00	0,80	3,96	0,28	4,24	7	74
LVD	5,20	0,8	49	0,30	0,00	0,00	1,82	0,43	2,25	19	0

pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub>- relação 1: 2,5.

P e K - extrator Mehlich 1.

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> – extrator: KCl 1 mol/L.

H + Al – extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0.

Os solos utilizados no experimento pertencem a duas classes, como descrito a seguir.



**Argissolo Vermelho-Amarelo:** Antigo Podzólico Vermelho-Amarelo. Forma uma classe bastante heterogênea de solos, que tem em comum um aumento substancial no teor de argila, com profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte A para o horizonte B. Pode ser eutrófico (geralmente os mais vermelhos), distrófico ou álico. Pode ser muito arenoso ou muito argiloso; as transições de textura entre os horizontes A e B podem ser bruscas ou graduais. Tende a ter menor perda por lixiviação e a sofrer perdas mais drásticas com pequeno aumento da declividade. Por outro lado, sendo eutrófico, possui, em geral, razoáveis teores de minerais primários facilmente intemperizáveis, fornecedores de nutrientes (RESENDE et al., 1988).

**Latossolo Vermelho-Amarelo (LV):** é uma classe de solos bastante ampla no que se refere à coloração e mesmo a teores de  $Fe_2O_3$ ; são solos muito expressivos no domínio pedobioclimático do Mar de Morros Florestados e também ocorrem no Planalto Central. São geralmente distróficos ( $V < 50\%$ ) ou álicos ( $m >$  ou igual a  $50\%$ ). Na classificação atual de solos, foram divididos em LV álicos, LV distróficos e LV eutróficos (RESENDE et al., 2002).

Os tratamentos foram delimitados segundo uma matriz baconiana (TURRENT, 1979), onde se pretendeu avaliar seis nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em três diferentes doses e, ainda, dois tratamentos adicionais, sendo um com doses de referência e outro sem adição de nutrientes, perfazendo um total de 20 tratamentos (Tabela 3), que foram dispostos em delineamento de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições.

A parcela experimental foi constituída por um vaso de polipropileno rígido, contendo cada um  $2,1 \text{ dm}^3$  de solo e uma muda.

As sementes de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) foram adquiridas do setor de sementes do IPEF/ESALQ. Para quebra de dormência, fez-se previamente um tratamento com agitação delas em ácido sulfúrico por um minuto, sendo em seguida lavadas em água destilada, para eliminação do ácido sulfúrico. Antes do plantio, fez-se inoculação com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*, fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/EMBRAPA, Seropédica (RJ).

**Tabela 3** - Descrição dos tratamentos, obtidos pela matriz baconiana, com as devidas doses de macronutrientes a serem aplicadas nos três substratos utilizados na produção das mudas

Tratamento	Descrição
1	Referência: N=100*, P=300*, K=100* Ca= 1** Mg=0,4** S= 40*
2	Solo sem correção (Doses=0)
3	N= 50, P=300*, K=100*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40*
4	N= 150, P=300*, K=100*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40*
5	N= 200, P=300*, K=100*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40*
6	P= 150, N=100*, K=100*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
7	P= 450, N=100*, K=100*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
8	P= 600, N=100*, K=100*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
9	K= 50, N=100*, P=300*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
10	K= 150, N=100*, P=300*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
11	K= 200, N=100*, P=300*, Ca= 1** Mg=0,4** S= 40
12	Ca= 0,8**, N=100*, P=300*, K=100* Mg=0,4** S= 40*
13	Ca= 1,2**, N=100*, P=300*, K=100* Mg=0,4** S= 40*
14	Ca= 1,4**, N=100*, P=300*, K=100* Mg=0,4** S= 40*
15	Mg= 0,2**, N=100*, P=300*, K=100* Ca= 1** S= 40*
16	Mg= 0,6**, N=100*, P=300*, K=100* Ca= 1** S= 40*
17	Mg= 0,8**, N=100*, P=300*, K=100* Ca= 1** S= 40*
18	S= 20, N=100*, P=300*, K=100* Ca= 1** Mg=0,4**
19	S= 60, N=100*, P=300*, K=100* Ca= 1** Mg=0,4**
20	S= 80, N=100*, P=300*, K=100* Ca= 1** Mg=0,4**

\* mg/dm<sup>3</sup> e \*\*cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

## 2.2. Produção das mudas

Decorridos os 30 dias, os solos receberam adubação com os demais nutrientes, de acordo com as quantidades definidas nos tratamentos da Tabela 3; o N, o K e o S foram parcelados em quatro vezes (0, 30, 60 e 90 dias) após a semeadura. Esse parcelamento foi necessário, porque os nutrientes N e K são suscetíveis de perdas rápidas, seja por lixiviação ou volatilização; dessa forma, o parcelamento teve como finalidade diminuir quaisquer problemas de perdas que viessem ocorrer. No caso do S, nutriente não tão passível de perdas quanto os anteriores, o parcelamento ocorreu por ele estar nos mesmos sais que continham o N e K.

Os sais utilizados para adubação foram: NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> para o N e P, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> para o N e (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para o N e S, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para S e K e KCl para K.

Foi adicionada também uma solução de micronutrientes, juntamente com a aplicação dos sais contendo os macronutrientes, antes da semeadura,

nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm<sup>3</sup> (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), Cu = 1,33 mg/dm<sup>3</sup> (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), Mo = 0,15 mg/dm<sup>3</sup> [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O], Mn = 3,66 mg/dm<sup>3</sup> (MnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e Zn = 4,0 mg/dm<sup>3</sup> (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) de acordo com o proposto por Alvarez V. (1974). Após a adubação e devida homogeneização, os solos foram acondicionados nos vasos.

Cada vaso plástico recebeu 10 sementes. A germinação das sementes, após a quebra de dormência com ácido sulfúrico durante 1 minuto com agitação, ocorreu em 24 horas, sendo efetuado o primeiro desbaste aos 15 dias após a emergência, deixando-se duas plantas por vaso. Decorridos 30 dias da semeadura, um segundo desbaste foi realizado, deixando-se apenas uma planta por vaso.

Durante o período experimental, o teor de água do solo foi mantido próximo de 60% da capacidade de campo, mediante monitoramento diário com base na pesagem de conjunto de vasos de plantas, para verificação da quantidade de água a ser colocada.

### **2.3. Características avaliadas**

Medições de altura e diâmetro do coleto das mudas foram realizadas 120 dias depois da semeadura.

Posteriormente, as plantas foram colhidas e subdivididas em raízes e parte aérea (caule e folhas), lavadas em água destilada e postas a secar em estufa a 45 °C com circulação forçada de ar até peso constante. Depois de secas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g, para determinação da matéria seca de parte aérea (PMSPA) e matéria seca da raiz (PMSR) e obtendo-se, pelo somatório das duas, o peso da matéria seca total (PMST).

Para avaliar os teores de nutrientes, o material obtido (raiz e parte aérea) foi moído em moinho tipo Willey, com peneira de 2 mm de abertura de malha. Em seguida, esse material foi acondicionado em sacos de papel e em embalagens plásticas e de papelão, a fim de evitar entrada de umidade, para serem enviados ao laboratório de análises de alimento da Embrapa Gado de Leite, situado em Juiz de Fora, Minas Gerais, onde foi analisado quimicamente, para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, segundo métodos descritos por EMBRAPA (1997).

## 2.4. Análise estatística

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de contrastes e análises de variância e regressão, utilizando-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética) (EUCLYDES, 1997) e o Statistica (para os contrastes).

Testou-se o efeito da adição de macronutrientes *versus* a não-adição através de um contraste entre as médias do tratamento 2 (dose = 0) *versus* as médias dos demais tratamentos:  $[\hat{C} = \hat{m} (T1 + T3 + \dots + T20) - \hat{m} T2]$ .

Para obtenção das equações, utilizaram-se quatro pontos, sendo três referentes às doses testadas para cada nutriente e um referente ao tratamento adicional de referência, que foi utilizado para todos os nutrientes.

As curvas de respostas à adição de doses de cada nutriente resultaram de modelos de regressão, nos quais os coeficientes foram testados com base nos valores do quadrado médio do resíduo da ANOVA conjunta (para os três solos), sendo analisada a 1, 5 e 10% de probabilidade. Adicionalmente, foram observados o R<sup>2</sup>, a significância dos betas da equação e o significado biológico dos modelos.

A partir das equações, no caso de modelos quadráticos e de raiz quadrada, foram determinadas as doses recomendadas de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio, para obtenção de 90% dos valores máximos estimados para as diversas características estudadas.

Os níveis críticos foram estimados tendo como base o peso da matéria seca total (PMST). Essa característica foi escolhida por representar bem o crescimento das mudas como um todo, uma vez que, no campo, observou-se que o crescimento, tanto da raiz quanto da parte aérea, foi semelhante; logo, o somatório dessas duas características (raiz e parte aérea), que é igual ao PMST, reflete melhor o crescimento das plantas.

No solo, o nível crítico para o K, o Ca e o Mg foi estimado por:

$$NC = X \text{ existente originalmente} + (X \text{ adicionado} * 0,75) = X \text{ no solo, em mg/dm}^3$$

em que:

**X adicionado** = valores de K, Ca ou Mg, definidos como a dose recomendada calculada para produzir 90% do peso da matéria seca total. No caso em que

não houve efeito sobre o PMST, ou seja, seu valor foi a média, utilizou-se a menor dose testada.

O coeficiente de 0,75, utilizado na fórmula, refere-se à porcentagem recuperável do nutriente em questão após ser aplicado, considerando os diversos métodos de extração deles.

**X existente originalmente** = valores existentes inicialmente no solo, segundo a análise deste.

Para o P, ajustou-se uma equação a partir dos valores dos teores extraídos (Mehlich 1) desse nutriente no solo após a aplicação deste, utilizando três valores, referentes às doses aplicadas (150, 450 e 600 mg/dm<sup>3</sup>).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento das mudas de sansão-do-campo sem a adição de nutrientes foi significativamente inferior ao dos demais tratamentos em que se fez a adição (Tabela 4), demonstrando que esta favoreceu o maior crescimento das plantas.

Em relação aos demais tratamentos em que variaram as doses de macronutrientes, houve diferenças significativas entre eles para os três solos que serviram de substrato, em todas as características avaliadas. Apenas na interação solo x tratamento é que não houve diferença significativa para as características PMSPA, PMSR e PMST (Tabela 5).

**Tabela 4** - Estimativas dos contrastes médios entre o tratamento sem adição de sais e os demais tratamentos, em que se adicionou macronutrientes, em mudas de sansão-do-campo após 120 dias da semeadura

Solo	Estimativa do contraste				
	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)
LVD	6,51***	26,60***	7,25***	6,22***	13,46***
PVA	3,99***	27,59***	9,12***	4,13*	13,25***
LVA	6,51***	38,86***	13,10***	8,58***	21,68***

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. \* Significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 5** - Resumo da análise de variância das características estudadas, na produção de mudas de sansão-do-campo avaliadas aos 120 dias após a semeadura

FV	GL	Quadrado Médio				
		Diâmetro (mm)	Altura (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)
Bloco	3	0,46237 <sup>ns</sup>	119,9590 <sup>ns</sup>	3,1348 <sup>ns</sup>	1,4111 <sup>ns</sup>	3,774 <sup>ns</sup>
Solo	2	59,0789 <sup>***</sup>	6425,581 <sup>***</sup>	794,2094 <sup>***</sup>	300,4166 <sup>***</sup>	1781,76 <sup>***</sup>
Tratamento	18	2,1785 <sup>***</sup>	163,6751 <sup>***</sup>	31,8601 <sup>***</sup>	5,7676 <sup>**</sup>	60,9540 <sup>***</sup>
Trat. x solo	36	1,540740 <sup>**</sup>	120,5435 <sup>**</sup>	11,5227 <sup>ns</sup>	3,7564 <sup>ns</sup>	21,8439 <sup>ns</sup>
Resíduo	168	0,97423	77,1156	9,4832	3,3971	19,4087
CV (%)		11,22	44,59	19,69	29,25	25,33

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. \*\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> Não-significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

### 3.1. Efeito do nitrogênio

Em geral, as médias dos valores observados nas diversas características estudadas aumentaram em razão do aumento das doses de N aplicadas nos três solos estudados (Tabela 6).

**Tabela 6** - Médias para sansão-do-campo, em resposta à aplicação de N, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca da raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR), aos 120 dias após a semeadura

Solo	N (mg/dm <sup>3</sup> )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,61	8,90	0,10	0,13	0,22	-	-	-	-
	50	7,36	32,63	4,89	4,75	9,64	15,90	76,09	15,23	71,89
	100	8,23	31,65	5,54	5,95	11,48	18,55	100,01	11,48	70,28
	150	8,47	31,55	8,14	6,75	14,89	14,90	117,72	13,73	93,46
	200	9,33	42,13	10,78	9,21	19,99	16,85	179,20	15,38	142,69
PVA	0	4,39	16,28	1,22	1,01	2,24	-	-	-	-
	50	8,75	38,63	9,06	5,51	14,56	17,75	161,78	15,05	83,48
	100	8,30	40,30	9,65	5,74	15,39	12,68	115,85	12,68	76,98
	150	8,55	45,03	10,46	4,60	15,06	15,60	163,31	14,95	69,15
	200	8,75	48,88	12,29	5,26	17,54	12,63	155,29	17,07	89,70
LVA	0	3,29	15,03	0,71	0,48	1,19	-	-	-	-
	50	8,29	44,73	9,44	7,32	16,76	16,10	151,72	12,23	87,27
	100	9,54	49,05	12,20	8,67	20,87	16,25	204,26	11,98	103,76
	150	9,23	39,70	10,71	8,66	19,37	14,55	152,90	12,28	103,63
	200	10,35	63,08	19,91	9,76	29,67	16,98	335,98	13,10	126,97

Em termos de comparação entre os solos, as maiores médias se encontram no LVA e as menores no LVD, sendo o PVA intermediário. As baixas médias observadas no LVD sugerem que este é o pior solo para produção de mudas dessa espécie, demonstrando ter baixa capacidade de ceder os nutrientes para plantas.

### 3.1.1. Características morfológicas

Verifica-se na Tabela 7 que as respostas à aplicação de N se traduziram em efeitos lineares e quadráticos, nos solos LVA e LVD. No entanto, no PVA esse efeito não foi significativo nas características estudadas, por ocasião da aplicação de diferentes doses de N.

**Tabela 7** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N em mudas de sansão-do-campo aos 120 dias após a semeadura, considerando a altura, o diâmetro, o peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = 7,8838 + 0,0118^{***}X$	79,00	200
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,59$		50
	LVA	$\hat{Y} = 6,8125 + 0,0123^{***}X$		96,00
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 34,49$	0,65	50
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 43,21$		50
	LVA	$\hat{Y} = 61,525 - 0,3848^{**}X + 0,001905^{**}X^2$		200
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = 2,2637 + 0,0406^{***}X$	0,95	200
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,36$		50
	LVA	$\hat{Y} = 13,626256 - 0,101053^{*}X + 0,0006437^{*}X^2$		0,83
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = 3,12 + 0,0284^{***}X$	0,94	200
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,27$		50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,60$		50
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = 5,38 + 0,069^{***}X$	0,74	200
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,64$		50
	LVA	$\hat{Y} = 12,353 + 0,0745^{***}X$		0,96

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Os resultados encontrados neste estudo, teoricamente, não eram esperados, uma vez que o N é um nutriente muito exigido pelas plantas. Assim,

a aplicação desse elemento deveria propiciar efeitos positivos. Na prática, foi observada intensa nodulação nas raízes das mudas, o que pode ter contribuído para a fixação de N, fazendo com que o crescimento das plantas fosse homogêneo, o que refletiria na ausência de efeitos. Entretanto, Crestana et al. (1995), estudando diversas espécies florestais, notaram que, para as características número de folhas e sobrevivência, não houve resposta significativa a despeito da aplicação de N. Em angelim-pedra (*Dinizia excelsa* DUCKE), Oliveira et al. (1998) também verificaram que o N não exerceu efeito significativo em qualquer das características avaliadas, tanto na aplicação isolada quanto quando combinada com o fósforo. O jatobá também foi outra espécie pouco responsiva à omissão do nutriente quando da avaliação das características de crescimento, segundo Duboc et al. (1996a).

Para o diâmetro, o efeito linear encontrado no LVD e no LVA sugere que maior produtividade para essa característica será alcançada com a aplicação de doses superiores a 200 mg de N/dm<sup>3</sup>. Esse mesmo efeito foi detectado no PMST, em ambos os solos. No PVA não se observaram efeitos.

O efeito quadrático observado no LVA, na altura e no PMSPA, não indica um ponto de máximo, e sim sugere aumento dos valores dessas características, à medida que se aumentam as doses; entretanto, a partir da dose de 150 mg/dm<sup>3</sup>, o incremento dessas características é maior.

Não houve diferença no crescimento em altura no LVD; já para o PMSPA, PMSR e PMST o efeito foi linear.

Os efeitos positivos, encontrados no LVD e no LVA, estão de acordo com os obtidos por Muniz e Silva (1995) em mudas de peroba-rosa cultivada em solução nutritiva, que, na ausência de N, teve o crescimento das plantas afetado. Em outro estudo, Venturin et al. (1999) cultivaram mudas de angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) em um Latossolo Vermelho-Amarelo com baixa disponibilidade de nutrientes e verificaram que a omissão de nitrogênio afetou o crescimento das mudas. Em um Latossolo-Vermelho Escuro, onde se plantaram mudas de angico-amarelo (*Peltophorum dubium*) e *Albizia lebbek*, também se observou resposta positiva à adição de nitrogênio na forma mineral no meio de crescimento, conforme constataram Faria et al. (1995a,b).



### 3.1.2. Teor e conteúdo

O teor de N presente nos tecidos das mudas de sansão-do-campo só foi afetado significativamente quando as mudas foram cultivadas no PVA, sendo o efeito de raiz quadrada. Nos solos LVD e LVA, a aplicação de doses crescentes de N não surtiu efeitos significativos de aumento de teores (Tabela 8).

Da análise dos dados, percebeu-se que, quanto maior a produção de biomassa, menor foi o teor encontrado. Dessa forma, as menores médias foram observadas nos tecidos da mudas plantadas no LVA, seguidas pelo PVA e pelo LVD, que foi a ordem de maior produção.

Em relação aos conteúdos, os maiores valores foram observados nas mudas cultivadas no LVA, sendo o efeito de ordem linear, tanto na parte aérea quanto nas raízes. No solo LVD, os conteúdos observados na parte aérea das mudas também seguiram tendência de aumento linear em razão do aumento de doses adicionadas ao substrato, enquanto nas raízes o efeito foi de ordem raiz quadrada. Já as mudas cultivadas no PVA não tiveram seus conteúdos influenciados significativamente.

**Tabela 8** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N sobre o seu teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,55$		50
	PVA	$\hat{Y} = 31,9133 - 2,82765 \cdot X^{0,5} + 0,107777 \cdot X$		200
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,97$		50
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 36,48879 + 0,654131 \cdot X$	0,92	200
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 149,06$		50
	LVA	$\hat{Y} = 85,8641 + 1,00282 \cdot X$	0,56	200
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,95$		50
	PVA	$\hat{Y} = 35,5871 - 4,54659 \cdot X^{0,5} + 0,229982 \cdot X$		200
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,39$		50
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 99,2387 - 0,799843 \cdot X + 0,00508390 \cdot X^2$	0,64	200
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 79,82$		50
	LVA	$\hat{Y} = 75,6588 + 0,237985 \cdot X$	0,89	200

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Os conteúdos observados seguiram uma relação proporcional à quantidade de biomassa produzida pelas plantas. Isso quer dizer que, quanto mais se produziu em termos de matéria seca, maiores conteúdos foram encontrados, sendo os valores mais expressivos na parte aérea.

Uma vez que o nitrogênio é o nutriente mais abundante nas plantas (COELHO, 1975), apresentando-se, de maneira geral, em teores que variam de 20 a 50 g/kg da matéria seca (FAQUIN, 1994), os valores encontrados neste trabalho se encontram um pouco abaixo, variando entre 12 e 19 g/kg, aproximadamente.

No entanto, resultados abaixo dessa faixa tida como ideal também já foram observados por outros autores, como os encontrados por Malavolta (1987) para o gênero *Eucalyptus* spp., que variou de 14 a 16 g/kg; Venturin et al. (1999), para angico-amarelo (*Peltophorum dubium*), que constataram teor de nitrogênio na matéria seca da parte aérea de 16,2 g/kg; e Duboc et al. (1996a), em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*), encontraram valores de 15,2 g/kg do nutriente na matéria seca da parte aérea. Já Marques et al. (2004), em mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*), verificaram teores de nitrogênio nas folhas de 24,80 g/kg no tratamento completo.

### 3.1.3. Nível crítico

Não houve muita diferença nos valores de níveis críticos de N, que variaram de 16 a 17,3 g/kg, sendo o maior valor requerido quando o solo utilizado foi o PVA (Tabela 9).

**Tabela 9** - Valores de dose recomendada de N para obtenção de 90% da produtividade máxima na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função das diferentes doses de N aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável (mg/dm <sup>3</sup> )	Nível crítico na parte aérea (g/kg)
LVD	200	16,6
PVA	50	17,3
LVA	200	16,0

Comparando esses valores do sansão-do-campo, verifica-se comportamento semelhante com outra espécie perene, como o eucalipto, cujos níveis críticos nos tecidos das plantas variaram de 14 a 16 g/kg (MARTINEZ et al., 1999). Nesse mesmo trabalho, para o angico-vermelho, os valores foram de 14,4 a 26,8 g/kg, sendo a maior exigência no solo LVD, contrário ao sansão-do-campo, em que o maior nível crítico foi encontrado para o cultivo no PVA.

### 3.2. Efeito do fósforo

De maneira geral, as médias dos valores das diversas características avaliadas aumentaram à medida que houve incremento das doses de P, com exceção das médias observadas no PVA, que aumentaram até a dose de 450 mg/dm<sup>3</sup> e depois diminuíram (Tabela 10).

**Tabela 10** - Médias para sansão-do-campo, em resposta à aplicação de P, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca da raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) aos 120 dias após a semeadura

Solo	P (mg/dm <sup>3</sup> )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,61	8,90	0,10	0,13	0,22	-	-	-	-
	150	6,29	27,58	4,02	2,92	6,94	1,30	4,94	2,05	6,46
	300	8,23	31,65	5,54	5,95	11,48	0,83	4,57	2,10	12,58
	450	9,34	40,63	10,60	7,33	17,93	1,03	10,86	2,18	16,15
	600	9,24	44,35	11,19	7,59	18,78	1,23	13,78	2,30	17,39
PVA	0	4,39	16,28	1,22	1,01	2,24	-	-	-	-
	150	7,90	41,03	6,46	3,56	10,02	1,60	10,24	1,93	6,86
	300	8,30	40,30	9,65	5,74	15,39	1,53	14,87	1,95	10,47
	450	8,98	43,48	11,25	4,77	16,02	1,38	15,30	2,60	12,46
	600	7,63	36,65	7,28	3,47	10,75	1,80	11,78	2,93	9,98
LVA	0	3,29	15,03	0,71	0,48	1,19	-	-	-	-
	150	9,67	47,30	10,40	8,72	19,13	1,23	12,73	1,30	11,33
	300	9,54	49,05	12,20	8,67	20,87	1,48	17,50	1,03	8,78
	450	10,04	61,13	17,59	10,37	27,96	1,43	25,04	1,08	11,12
	600	11,17	65,95	16,12	9,01	25,13	1,43	23,34	1,28	11,26

### 3.2.1. Características morfológicas

As características morfológicas sofreram efeitos significativos em razão da aplicação de P. Apenas no PVA, para as características diâmetro e altura, e no LVA, para o PMSR, não se percebeu alteração significativa no crescimento devido à aplicação do nutriente em doses diferenciadas (Tabela 11).

**Tabela 11** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P em mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = 10,4490 - 626,28^{**}X^{-1}$	0,66	600
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,20$		150
	LVA	$\hat{Y} = 8,8538 + 0,0033^{**}X$	0,76	600
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = 21,225 + 0,0395^{***}X$	0,97	600
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 40,36$		150
	LVA	$\hat{Y} = 38,850 + 0,0454^{***}X$	0,93	600
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = 8,445 + 0,015^{***}X$	0,76	600
	PVA	$\hat{Y} = -1,3156 + 0,0624^{***}X - 0,00008^{***}X^2$	0,95	273,68
	LVA	$\hat{Y} = 1,19 + 0,0177^{***}X$	0,91	600
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = 9,2115 - 954,692^{**}X^{-1}$	0,80	600
	PVA	$\hat{Y} = 0,3569 + 0,0281^{**}X - 0,00004^{**}X^2$	0,89	235,93
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,19$		150
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = -1,325 + 0,058^{***}X - 0,00004^{***}X^2$	0,97	503,07
	PVA	$\hat{Y} = -0,9588 + 0,0905^{**}X - 0,0001^{**}X^2$	0,99	312,97
	LVA	$\hat{Y} = 16,995 + 0,0167^{**}X$	0,65	600

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

De modo geral, à medida que aumentavam as doses de P, o crescimento das mudas de sansão-do-campo também aumentava linearmente, como foi verificado para a altura, o diâmetro, o PMSPA e o PMST no substrato LVA. No LVD, observou-se efeito hiperbólico para o diâmetro e PMSR e linear para o PMSPA; já para o PMST o melhor modelo ajustado foi o quadrático.

Efeitos de ordem quadrática foram encontrados no substrato PVA para as características PMSPA, PMSR e PMST. A partir dos modelos gerados, foi possível definir a dose recomendada para garantir 90% da produtividade máxima, conforme mostrado na Tabela 10. Esses valores são semelhantes aos

observados por Neves et al. (2004) em mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), em que para o diâmetro a dose recomendada foi de 265 mg de P/dm<sup>3</sup> e, para altura, de 239 mg de P/dm<sup>3</sup>; para PMSR e PMSPA as doses foram de 246 e 255 mg de P/dm<sup>3</sup>, respectivamente, valores estes obtidos utilizando-se o extrator Mehlich 1.

Comportamento quadrático do crescimento de mudas de espécies nativas, em resposta à aplicação de P, também foi observado para *Sclerolobium paniculatum* (taxi-branco) (DIAS et al., 1991), *Cedrela fissilis* (cedro) (GARCIA, 1986), *Chorisia speciosa* (paineira) (FERNANDES et al., 2000) e, ainda, para *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) (REIS et al., 1997), angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan) e garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride) (GOMES, 2002).

Dados encontrados na literatura mostram que o P, na maioria das vezes, promove efeitos no crescimento das plantas, possivelmente pelo fato de estar em baixíssimas concentrações no solo. Segundo Novais e Smyth (1999), é um dos elementos mais limitantes à produção das culturas em solos tropicais, devido à característica de “solo-dreno”, o que faz com que, para conseguir o máximo em produtividade, grande quantidade seja requerida.

### 3.2.2. Teor e conteúdo

A aplicação de P influenciou positivamente os teores observados nos tecidos da parte aérea das mudas de sansão-do-campo, nas plantas cultivadas no LVA e PVA. Contudo, no LVA não se observaram efeitos (Tabela 12).

As médias dos teores do PVA foram maiores, variando de 1,2 a 1,48 g/kg, e no LVD, de 0,8 a 1,20 g/kg. Adicionalmente, a média observada na parte aérea, quando se avaliaram mudas cultivadas no LVA, foi de 1,39 g/kg.

Na parte aérea, o efeito foi de raiz quadrada, com um ponto de mínimo aproximadamente na dose de 300 mg/dm<sup>3</sup>, quando então aumentou em razão do incremento das doses aplicadas, nas mudas cultivadas no LVD. Comportamento similar ocorreu no PVA, porém o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático. Portanto, para ambos os casos, a dose que proporcionou maior teor foi a maior.

**Tabela 12** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre seu teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 4,45909 - 0,387393^{***}X^{0,5} + 0,0104723^{***}X$	0,43	600
	PVA	$\hat{Y} = 2,08750 - 0,00386667^{**}X + 0,000006^{**}X^2$	0,77	600
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,39$		150
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 18,9627 - 2,15078^{**}X^{0,5} + 0,0801398^{**}X$	0,77	600
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,05$		150
	LVA	$\hat{Y} = 9,81075 + 0,026238^{***}X$	0,81	600
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,16$		150
	PVA	$\hat{Y} = 1,44167 + 0,0024333^{***}X$	0,91	600
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,17$		150
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 4,05713 + 0,0242428^{***}X$	0,92	600
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,94$		150
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,62$		150

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Na raiz, só se observou efeito (linear) nas mudas cultivadas no PVA, com aumento dos teores em razão do aumento de doses aplicadas; o maior teor foi observado na dose de 600 mg/dm<sup>3</sup>, próximo a 3 g/kg. No LVA e no LVD não se observaram efeitos significativos.

Quanto aos conteúdos observados na parte aérea, efeitos de ordem linear foram notados nas plantas cultivadas no LVA, e de raiz quadrada no LVD, sendo os maiores valores de conteúdos alcançados nas maiores doses. Já no PVA o valor médio foi de 13,05 mg/kg.

Nas raízes, não houve diferenças significativas nos valores dos conteúdos observados quando as plantas foram cultivadas no LVA e no PVA; os valores, nos dois casos, foram bem próximos de 10,62 e 9,94 mg/kg. Entretanto, quando se avaliou o conteúdo no LVD, observou-se efeito linear positivo e maior acúmulo de P nos tecidos das plantas, em comparação aos outros solos.

### 3.2.3. Nível crítico

Os valores de dose recomendada e níveis críticos no solo e na planta de sansão-do-campo são mostrados na Tabela 13.

**Tabela 13** - Valores de dose recomendada de P para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função das diferentes doses de P aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável (mg/dm <sup>3</sup> )	Nível crítico	
		no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	na parte aérea (g/kg)
LVD	503,07	77,12	1,0
PVA	312,97	79,31	1,5
LVA	600,00	110,23	1,4

Observa-se que as doses recomendadas variaram de 312,97 a 600 mg de P/dm<sup>3</sup>. Em angico-branco, Gomes (2002) encontrou valores variando de 127 mg/dm<sup>3</sup> para angico-branco a 191 mg/dm<sup>3</sup> para garapa. Balieiro et al. (2001), para *Acacia holocericea*, encontraram valores variando de 98 a 209 mg/dm<sup>3</sup>, e Fernández et al. (1996), para *Mimosa tenuiflora*, encontrou o valor de 224 mg/dm<sup>3</sup>. Portanto, os dados encontrados para essa espécie sugerem que ela é exigente quanto à adubação fosfatada.

No que diz respeito ao nível crítico no solo, os valores encontrados são bem maiores que os dos de Gomes et al. (2004) para o angico-branco, em que o nível crítico de P no solo variou de 12,87 a 13,88 mg/dm<sup>3</sup>. Outros valores observados para espécies florestais são: eucalipto (60 mg/dm<sup>3</sup>) (GOMES et al., 1982), algaroba (37,9 mg/dm<sup>3</sup>) (PASSOS, 1994) e, para outras leguminosas, como *Sclerobium paniculatum* (26,1 mg/dm<sup>3</sup>), *Acacia holocericea* (18,6 mg/dm<sup>3</sup>) e *Mimosa tenuiflora* (49,5 mg/dm<sup>3</sup>) (DIAS et al., 1991; BALIERO et al., 1995; FERNÁNDEZ et al., 1996), *Apuleia leiocarpa* (16 mg/dm<sup>3</sup>) (MISSIO et al., 2004); em todos os casos, foi utilizado o extrator Mehlich 1 para extração do P.

Na planta, os níveis críticos variaram de 1 a 1,5 g/kg, que são muito parecidos com os encontrados por Gomes et al. (2004) em angico-branco, cujos valores foram de 1,2 a 1,4 g/kg, e também com os obtidos para *Acacia holocericea* (1,2 a 1,7 g/kg) por Baliero et al. (1995) e *Mimosa tenuiflora* (1 g/kg) (FERNÁNDEZ et al., 1996).

### 3.3. Efeito do potássio

Os valores das médias dentro de cada característica morfológica, excetuando-se a do tratamento sem adubação, foram muito próximos uns dos outros, independentemente das doses de K aplicadas (Tabela 14) – fato que contribuiu para que não houvesse diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 15). Quanto aos teores e conteúdos, observaram-se variações nos valores (Tabela 14), o que, em alguns casos, refletiu em diferenças significativas (Tabela 16).

**Tabela 14** - Médias para sansão-do-campo, em resposta à aplicação de K, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca da raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR), aos 120 dias após a semeadura

Solo	K (mg/dm <sup>3</sup> )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,61	8,90	0,10	0,13	0,22	-	-	-	-
	50	8,13	37,38	7,94	5,61	13,55	7,13	57,27	7,60	42,50
	100	8,23	31,65	7,16	5,95	11,48	7,80	42,79	9,43	56,66
	150	8,45	32,45	6,25	5,81	12,06	7,85	49,61	8,00	46,62
	200	7,82	37,50	7,30	6,33	13,62	8,95	64,40	7,63	46,97
PVA	0	4,39	16,28	1,22	1,01	2,24	-	-	-	-
	50	8,10	40,43	10,77	6,23	17,00	5,78	56,33	7,60	42,60
	100	8,30	40,30	9,65	5,74	15,39	7,38	69,55	8,95	47,22
	150	8,47	41,93	11,91	5,65	17,56	8,13	97,58	9,03	55,56
	200	9,30	51,13	12,31	6,62	18,92	8,85	108,78	15,35	102,08
LVA	0	3,29	15,03	0,71	0,48	1,19	-	-	-	-
	50	9,80	51,78	12,34	9,33	21,67	5,75	71,79	10,18	91,53
	100	9,54	49,05	12,20	8,67	20,87	7,15	88,04	16,03	138,05
	150	9,82	58,25	14,84	10,45	25,29	8,28	121,56	16,83	174,50
	200	9,15	50,88	13,19	8,26	21,45	7,40	99,29	18,28	150,72

#### 3.3.1. Características morfológicas

As mudas de sansão-do-campo não tiveram seu crescimento influenciado pelas diferentes doses de K aplicadas nos três solos; logo, para nenhuma das características morfológicas verificou-se efeito. Comparando-se os três solos, as menores médias foram observadas no LVD, e as maiores, no LVA (Tabelas 14 e 15).



**Tabela 15** -Médias observadas para as características diâmetro, altura, PMSPA, PMSR e PMST em razão da aplicação de K em mudas de sansão-do-campo aos 120 dias após a semeadura, considerando a altura, o diâmetro e o peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,16$
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,54$
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,57$
ALTURA (cm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 34,74$
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 43,44$
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 52,49$
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,16$
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,16$
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,14$
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,92$
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,06$
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,18$
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,68$
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,22$
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 22,32$

A ausência de respostas pode ser indicativo de que as necessidades da planta por esse nutriente, nessa fase de desenvolvimento, podem ter sido supridas pelos teores que estavam originalmente no solo antes da aplicação dos tratamentos (LVD= 49 mg/dm<sup>3</sup>, PVA= 14 mg/dm<sup>3</sup> e LVA= 32 mg/dm<sup>3</sup>), ou, então, que a espécie possui baixa exigência nutricional desse elemento.

Resultados de ausência de efeitos quando da aplicação do K são bem comuns na literatura, como foi verificado para o sansão-do-campo. Segundo Raij (1991), isso acontece porque qualquer tipo de vegetação natural comumente contém teor bastante alto de K, que passa para o solo quando ocorre alteração de uso deste, o que leva a uma pequena resposta à adubação potássica nos primeiros anos de cultivo.

Outros autores – como Duboc et al. (1996 b) com plantas de óleo-copaíba; Carniel et al. (1993) com mudas de embaúba, fedegoso, cássia e angico-amarelo; Renó et al. (1997) com mudas de canafístula (*Senna multijuga*), cedro (*Cedrela fissilis*), pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) e jacaré (*Piptadenia gonoacantha*); e Balieiro et al. (2001) com mudas de *Acacia holosericea* e

*Acacia auriculiformis* – também verificaram ausência de efeitos sob aplicação de K sobre as diversas características de crescimento avaliadas.

Contudo, segundo Alves et al. (1996), mesmo com ausência de respostas, a aplicação de K é importante, por ajudar no crescimento da planta, como resultado do equilíbrio entre nitrogênio, fósforo e potássio, além de conter absorção excessiva do magnésio.

### 3.3.2. Teor e conteúdo

A aplicação de crescentes doses de K refletiu, de maneira geral, em aumento nos teores desse nutriente nos tecidos das plantas, à exceção dos teores na raiz das plantas cultivadas no LVD, cuja média foi de 8,16 g/kg (Tabela 16).

Os maiores teores de K observados na parte aérea se encontram no LVD, substrato em que as plantas apresentaram menor crescimento, com efeito linear. Esse mesmo efeito foi percebido com o aumento de doses aplicadas no PVA. Já para as plantas cultivadas no LVA o efeito da aplicação de crescentes doses de K foi de ordem quadrática.

**Tabela 16** -Resumo das estimativas geradas do efeito do K sobre o seu teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 6,550 + 0,01105^{**}X$	0,89	200
	PVA	$\hat{Y} = 5,0375 + 0,01995^{***}X$	0,96	200
	LVA	$\hat{Y} = 2,78125 + 0,0690251^{**}X - 0,0002275^{**}X^2$	0,95	92,52
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 189,129 - 28,533^{**}X^{0,5} + 1,39524^{**}X$	0,28	200*
	PVA	$\hat{Y} = 36,7129 + 0,370768^{***}X$	0,97	200
	LVA	$\hat{Y} = 66,1632 + 0,232036^{*}X$	0,51	200
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,16$		50
	PVA	$\hat{Y} = 4,4 + 0,04665^{***}X$	0,75	200
	LVA	$\hat{Y} = 9,05 + 0,0502^{***}X$	0,83	200
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 48,19$		50
	PVA	$\hat{Y} = 67,5355 - 0,673791^{**}X + 0,00418938^{**}X^2$	0,97	200
	LVA	$\hat{Y} = 85,1938 + 0,428029^{**}X$	0,63	200

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Na raiz, houve aumento dos teores de K, de ordem linear, quando as plantas foram cultivadas no LVA e PVA, estando os valores presentes no LVA. Houve a de resposta significativa no LVD.

Com relação ao conteúdo, os maiores valores foram observados na parte aérea das plantas que foram cultivadas no LVA, seguido do PVA, ambos com efeito linear. Já no solo LVD o efeito foi de raiz quadrada, porém o comportamento da curva indica um ponto de mínimo, na dose de 100 mg/dm<sup>3</sup>.

Na raiz aconteceu o mesmo comportamento anterior, porém no PVA o efeito foi de ordem raiz quadrada, mas com tendência de aumento dos conteúdos em razão do aumento das doses. No LVD, os conteúdos observados não sofreram influência do aumento das doses, sendo a média de 48,19 mg/planta.

Os teores encontrados neste estudo estão abaixo da faixa de 20 a 50 g/kg na matéria seca, que, segundo Marschner (1995), é o requerimento de K para um ótimo crescimento das plantas, e esses teores variam de acordo com a espécie e o órgão analisado. Portanto, é possível inferir que a espécie possui baixo requerimento para o K.

Se forem comparados aos níveis citados por Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006), cujo nível adequado de K nos tecidos requeridos pelas plantas é em torno de 10 g/kg, os dados deste trabalho estão compatíveis. Além disso, outros autores também encontraram resultados abaixo de 20 g/kg, como Duboc et al. (1996 a) em plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril*) e óleo-copaíba (*Copaifera langsdorffii*), que apresentaram teores do nutriente na matéria seca de parte aérea de 7,7 e 10,5 g/kg, respectivamente. Muniz e Silva (1995) constataram, nas folhas de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*), teores de 18 g/kg. Maffeis et al. (2000), em mudas de *Eucalyptus citriodora*, encontraram teores de 13 g/kg, e Venturin et al. (1999), em mudas de angico-amarelo, de 5,5 g/kg na matéria seca da raiz.

### **3.3.3. Nível crítico**

Os valores de níveis críticos de K no solo variaram de 51 a 86 mg/dm<sup>3</sup>, e na parte aérea, de 5,7 a 7,1 g/kg (Tabela 17).

**Tabela 17** - Valores de dose recomendada de K para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função das diferentes doses de K aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável (mg/dm <sup>3</sup> )	Nível crítico	
		no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	na parte aérea (g/kg)
LVD	50	86,5	7,1
PVA	50	51,5	6,0
LVA	50	69,5	5,7

Os valores obtidos para o nível crítico no solo são bem maiores do que os verificados por Fernández et al. (1996), que foi de 16,6 mg/dm<sup>3</sup> para a espécie *Mimosa tenuiflora*; da mesma forma, Dias et al. (1991), para mudas de taxi-branco, encontraram valores de 27,4 mg/dm<sup>3</sup>.

Em relação ao nível crítico na planta, assim como observado para o angico-vermelho, os valores encontrados são menores do que os de Fernández et al. (1996) para *Mimosa tenuiflora*, que foi de 11 g/kg, e também em relação aos obtidos para eucalipto (10 a 12 g/kg) por Martinez et al. (1999).

### 3.4. Efeito do Cálcio

O não-suprimento de Ca implicou pouco crescimento e desenvolvimento das plantas, em comparação com os tratamentos em que ele foi adicionado. Entretanto, as médias observadas com a aplicação não variaram muito entre si, dentro das diversas características estudadas (Tabela 18).

#### 3.4.1. Características morfológicas

Apenas para a característica altura das mudas no substrato LVA houve efeito significativo da aplicação de diferentes doses de Ca, o qual foi de ordem linear, ou seja, a maior altura a ser alcançada será conseguida com doses superiores a 1,2 cmol<sub>c</sub> de Ca/dm<sup>3</sup> (Tabela 19).

**Tabela 18** - Médias para sansão-do-campo, em resposta à aplicação de Ca, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca da raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR), aos 120 dias após a semeadura

Solo	Ca ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,61	8,90	0,10	0,13	0,22	-	-	-	-
	0,8	8,65	36,23	7,26	6,93	14,20	14,75	107,20	2,60	17,96
	1	8,23	31,65	5,54	5,95	11,48	12,77	70,78	2,65	15,54
	1,2	8,13	36,20	7,45	6,25	13,70	14,23	106,54	2,55	16,17
	1,4	8,15	35,50	7,32	6,70	14,02	15,80	115,36	2,98	19,95
PVA	0	4,39	16,28	1,22	1,01	2,24	-	-	-	-
	0,8	9,01	44,18	10,43	4,46	14,89	10,15	105,42	3,00	13,51
	1	8,30	40,30	9,65	5,74	15,39	12,58	119,01	3,20	18,47
	1,2	8,50	42,65	10,80	4,82	15,63	10,33	111,94	2,60	12,09
	1,4	7,95	38,50	8,78	5,75	14,53	11,68	103,57	2,70	15,79
LVA	0	3,29	15,03	0,71	0,48	1,19	-	-	-	-
	0,8	9,29	50,65	12,91	9,86	22,77	9,88	136,72	3,03	29,30
	1	9,54	49,05	12,20	8,67	20,87	9,40	108,97	3,53	30,85
	1,2	9,75	54,40	13,44	8,17	21,60	8,63	113,19	3,25	23,52
	1,4	10,05	59,08	14,56	8,81	23,37	11,95	182,44	3,40	29,80

No PVA e no LVD, não houve efeito significativo no crescimento das diversas características estudadas. As maiores médias de produção foram verificadas no LVA e as menores no LVD, sendo o PVA intermediário (Tabela 19).

O teor de Ca contido inicialmente no PVA ( $1,60 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ ) poderia já ser suficiente para o desenvolvimento das plantas, uma vez que ele é maior do que a maior dose testada.

De qualquer forma, a espécie parece não ser muito exigente em Ca, visto que no solo LVA a quantidade presente era de apenas  $0,2 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$  e o solo apresentava alta saturação por alumínio e baixa saturação de bases. Todavia, nesse solo, as médias alcançadas para todas as características foram as maiores.

No entanto, resposta à aplicação de Ca já foi encontrada, como demonstram trabalhos de Silva e Muniz (1995) para as espécies peroba-rosa e cedro e de Mendonça et al. (1999) com mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*) e de *Eucalyptus citriodora* (MAFFEIS et al., 2000).

**Tabela 19** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca em mudas de sansão-do-campo aos 120 dias após a semeadura, considerando a altura, o diâmetro e o peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,29$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,44$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,66$		0,8
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 34,89$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 41,41$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = 36,45 + 15,312 \cdot X$	0,77	1,4
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,89$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,92$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,28$		0,8
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,45$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,19$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,88$		0,8
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,35$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,11$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 22,15$		0,8

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

### 3.4.2. Teor e conteúdo

A adição de crescentes doses de cálcio nos substratos implicou efeitos significativos nos teores dos tecidos da parte aérea das plantas cultivadas no solo LVA, com efeito quadrático. Nas raízes, observou-se efeito linear negativo no PVA. Em relação aos conteúdos do nutriente, foram observados efeitos apenas na parte aérea: no LVD o efeito foi de raiz quadrada, e no LVA, quadrático (Tabela 20).

Os maiores teores foram encontrados na parte aérea dos tecidos das plantas cultivadas no LVD, que mostraram menor crescimento, e o incremento das doses não implicou aumentos significativos, sendo a média de 14,39 g/kg; em seguida, o maior teor médio foi observado no PVA: 11,18 g/kg. No LVA, o efeito observado foi quadrático, com ponto de mínimo, porém a curva indica tendência de aumento de teores em razão do aumento de doses.

**Tabela 20** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca sobre o seu teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,39$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,18$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = 34,5156 - 49,5262*X + 23,7505*X^2$	0,84	
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 1447,79 - 2685,25*X^{0,5} + 1321,47*X$	0,33	1,4
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 109,99$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = 760,831 - 1263,09**X + 606,271**X^2$	0,98	1,4
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,69$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = 3,7 - 0,75*X$	0,49	0,8*
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,3$		0,8
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,41$		0,8
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,96$		0,8
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,37$		1,2

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Em relação aos teores encontrados nas raízes, que foram menores em comparação aos da parte aérea, efeitos significativos só foram observados nas plantas cultivadas no PVA, sendo linear e negativo.

O conteúdo da parte aérea foi o mais influenciado, surtindo efeitos nas plantas cultivadas no LVA (raiz quadrada) e LVD (quadrático), sendo o primeiro o que apresentou os maiores valores. Contudo, a curva gerada pelo modelo ajustado indica um ponto de mínimo, mas sugere uma tendência de aumento dos conteúdos nas maiores doses aplicadas.

No conteúdo da raiz, não ocorreu influência da aplicação de doses crescentes de Ca, sendo as médias observadas de 17,41 mg/planta no LVD, 14,96 mg/planta no PVA e 28,37 mg/planta no LVA.

A aplicação de Ca foi mais significativa no aumento dos teores na parte aérea, sendo os maiores valores encontrados nas plantas cultivadas no LVD, que mostraram o menor crescimento; logo, o nutriente se concentrou mais. Para conteúdo o resultado foi inverso, sendo o maior acúmulo encontrado no LVA, onde ocorreu maior crescimento da plantas.

Os teores de Ca nas plantas que garante seu pleno desenvolvimento variam de 1 a 50 g/kg, dependendo da espécie, segundo Marschner (1995); já Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006) limitam mais essa faixa e apontam 5 g/kg como o teor ideal.

Os teores de Ca nas plantas variaram de 8 a 15 g/kg na parte aérea e de 2,6 a 3,4 g/kg na raiz, estando, portanto, de acordo com os dos autores supracitados.

Outros autores também chegaram a concentrações parecidas estudando outras espécies, entre elas o cedro e a peroba-rosa avaliados por Silva e Muniz (1995) e Muniz e Silva (1995), cujos valores foram de 15 e 16,5 g/kg, respectivamente. Barbosa et al. (1995), em mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), encontraram valores de 17,1 g/kg no tratamento em que as plantas mais cresceram. Marques et al. (2004), em mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*) também cultivadas em solução nutritiva, encontraram valores de concentração foliar de Ca de 39,77 g/kg, bem maior do que o deste estudo.

### 3.4.3. Nível crítico

O nível crítico no solo variou de 0,8 a 2,2  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$  e, na planta, de 10 a 14,4 g/kg (Tabela 21).

**Tabela 21** - Valores de dose recomendada de Ca para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função das diferentes doses de Ca aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	Nível crítico	
		solo ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	parte aérea (g/kg)
LVD	0,8	0,9	14,4
PVA	0,8	2,2	11,1
LVA	0,8	0,8	10,1

Os valores do solo foram bem altos, sobretudo para o solo PVA. Em termos comparativos, Dias et al. (1991), em mudas de taxi-branco, encontraram valores de 0,37  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ . Já na planta, o nível crítico de Ca requerido



pelo sansão é parecido com o de outra espécie bem rústica, como o eucalipto, cujos valores variaram de 8 a 12 g/kg (MARTINEZ et al., 1999).

### 3.5. Efeito do magnésio

Os valores médios observados para as diversas características avaliadas do sansão-do-campo em razão da aplicação de Mg são apresentados na Tabela 22.

**Tabela 22** - Médias para sansão-do-campo, em resposta à aplicação de Mg, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca de raiz (PMSR), peso de matéria seca total (PMST), teor na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) aos 120 dias após a semeadura

Solo	Mg ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)	TPA (g/kg)	CPA (mg/planta)	TR (g/kg)	CR (mg/planta)
LVD	0	1,61	8,90	0,10	0,13	0,22	-	-	-	-
	0,2	8,59	36,53	9,03	7,29	16,31	1,73	14,87	0,93	6,72
	0,4	8,23	31,65	5,54	5,95	11,48	1,63	9,01	1,05	6,47
	0,6	7,96	32,15	6,19	7,52	13,71	2,00	12,06	1,20	8,97
	0,8	7,17	33,55	5,34	5,00	10,34	2,10	11,29	0,85	4,37
PVA	0	4,39	16,28	1,22	1,01	2,24	-	-	-	-
	0,2	9,20	43,25	12,85	6,65	19,50	1,38	17,75	1,25	8,57
	0,4	8,30	40,30	9,65	5,74	15,39	1,95	18,27	0,95	5,03
	0,6	7,47	40,23	9,74	4,64	14,38	1,60	15,54	1,55	6,94
	0,8	7,91	42,65	9,23	4,50	13,73	1,70	15,62	1,58	7,32
LVA	0	3,29	15,03	0,71	0,48	1,19	-	-	-	-
	0,2	9,80	51,20	13,57	10,15	23,73	1,20	16,29	1,33	13,39
	0,4	9,54	49,05	12,20	8,67	20,87	1,30	15,11	1,63	14,48
	0,6	9,92	58,18	16,40	8,79	25,19	1,45	23,35	2,13	17,02
	0,8	10,35	58,15	15,60	9,70	25,30	1,30	20,65	2,25	21,18

Nota-se que, tanto no LVD quanto no PVA, os maiores valores foram observados na dose mais baixa, notadamente para as características diâmetro, altura, PMSPA, PMSR e PMST. Isso pode indicar que as doses maiores foram tóxicas para as mudas, implicando menor crescimento. No solo LVA, as mudas apresentaram maiores médias nas maiores doses testadas.

### 3.5.1. Características morfológicas

A aplicação de Mg nas mudas de sansão-do-campo, ao contrário dos demais nutrientes, foi prejudicial ao crescimento de várias características, de forma linear (negativo), com o aumento das doses (Tabela 23).

No solo LVD, todas as características foram influenciadas negativa e linearmente pela adição de Mg ao meio. De forma similar, o diâmetro, o PMSR e o PMST encontrados no PVA seguiram a mesma tendência.

Efeito depressivo em virtude da aplicação de Mg também foi verificado por Alves et al. (1996) em mudas de seringueira, na dose de 200 mg/kg, e na produção de matéria seca de parte aérea de mudas de óleo-copaíba (DUBOC et al., 1996b). Resposta negativa à aplicação de calagem em mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) foi observada no diâmetro do coleto e na altura total das plantas (REIS et al., 1997).

**Tabela 23** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg em mudas de sansão-do-campo aos 120 dias após a semeadura, considerando a altura, o diâmetro e o peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = 9,1238 - 2,27^{**}X$	0,94	0,2
	PVA	$\hat{Y} = 9,3975 - 2,3575^{*}X$	0,68	0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,90$		0,2
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 33,47$		0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 41,61$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = 27,675 + 46,613^{*}X$	0,67	0,8
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = 9,13 - 5,21^{***}X$	0,62	0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,37$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,44$		0,2
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = 6,2806 + 4,7469^{*}X - 7,3906^{*}X^2$	0,42	0,2
	PVA	$\hat{Y} = 7,27 - 3,78^{*}X$	0,93	0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,33$		0,8
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = 9,5625 + 1,3044^{***}X^{-1}$	0,34	0,2
	PVA	$\hat{Y} = 20,33 - 9,1612^{*}X$	0,83	0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 23,77$		0,2

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

No tocante à característica altura das mudas plantadas no LVA, a adição de Mg surtiu efeitos positivos, de ordem linear; houve aumento dos valores de altura em consequência do aumento das doses aplicadas. Nas demais características não houve diferenças nas médias (Tabela 23).

É conveniente destacar que, na literatura, poucos são os trabalhos que enfocam o Mg separadamente do Ca, pois a maioria dos estudos é conduzida visando comparar o efeito da calagem, o que, na prática, apesar de indicar ou não a efetividade dessa operação, não explica o grau de participação do Mg em si.

### 3.5.2. Teor e conteúdo

Os teores e conteúdos foram, de maneira geral, afetados pelo aumento de doses de Mg, ou seja, a planta absorveu o Mg, mas essa quantidade aumentada desse elemento em seus tecidos não resultou em crescimento significativo (Tabela 24).

**Tabela 24** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg sobre o seu teor e conteúdo na parte aérea e na raiz de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (cmol/dm <sup>3</sup> )
Teor PA (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 1,5 + 0,733333^{**}X$	0,74	0,8
	PVA	$\hat{Y} = -1,16490 + 8,42716 *X^{0,5} - 5,93953X$	0,34	0,5
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,31$		0,2
Conteúdo PA (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 41,6718 - 88,3677^{*}X^{0,5} + 61,7184^{*}X$	0,30	0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,80$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 18,85$		0,8
Teor R (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,01$		
	PVA	$\hat{Y} = 0,9375 + 0,7875^{**}X$	0,48	0,8
	LVA	$\hat{Y} = 1,0125 + 1,6375^{***}X$	0,96	0,8
Conteúdo R (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,64$		0,2
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,96$		0,2
	LVA	$\hat{Y} = 10,0431 + 12,9468^{**}X$	0,93	0,8

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

Na parte aérea foram observados os maiores valores nas plantas cultivadas no LVD, cujo aumento das doses favoreceu aumento de ordem

linear positivo nos teores. Em seguida, no PVA, o efeito observado foi de raiz quadrada, com ponto de máximo teor em 1,84 g/kg, alcançado na dose de aproximadamente 0,5 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. No LVA, onde se observaram os menores teores, a média foi de 1,31 g/kg.

Os efeitos nos conteúdos na parte aérea só foram significativos no LVD (raiz quadrada), no entanto o modelo ajustado indicou um ponto de mínimo próximo à dose de 0,4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Em relação às plantas cultivadas no LVA, a aplicação de doses crescentes de Mg não surtiu efeito, sendo a média de 18,85 mg/planta, e, no PVA, de 16,80 mg/planta.

Nas raízes, o efeito observado nas plantas cultivadas no LVA foi linear positivo, sendo o maior conteúdo encontrado na maior dose. Nos demais solos, que não tiveram efeito significativo, as médias foram muito próximas: 6,64 e 6,96 mg/planta no LVD e PVA, respectivamente.

Os teores de Mg nos tecidos das plantas nos três solos estudados variaram de 1,2 a 2,1 g/kg na parte aérea e de 0,93 a 2,25 g/kg nas raízes, apresentando-se, dessa forma, bem parecidos em termos de partição.

Os teores ideais para o pleno desenvolvimento das plantas estão, em geral, na faixa de 2 a 4 g/kg, segundo Marschner (1995), Taiz e Zeiger (2004) e Epstein e Bloom (2006); portanto, os valores observados se encontram na faixa adequada.

Os valores encontrados neste trabalho são menores do que os observados no paricá (*Schizolobium amazonicum*), estudado por Marques et al. (2004), cuja concentração foliar do nutriente foi de 3,9 g/kg. Da mesma forma, em *Eucalyptus citriodora*, Maffei et al. (2000) obtiveram concentração foliar de Mg de 2,58 g/kg. Já Mendonça et al. (1999), em mudas de aroeira, encontraram valores de 6,2 g/kg, enquanto Barbosa et al. (1995), em mudas dessa mesma espécie, só que cultivadas em um Latossolo roxo, observaram teor foliar do nutriente de 4,4 g/kg.

### 3.5.3. Nível crítico

No solo, o nível crítico de Mg para melhor crescimento do sansão-do-campo foi de aproximadamente 0,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, para os três solos. Na planta, a variação foi de 1,3 a 2,4 g/kg (Tabela 25).

**Tabela 25** - Valores de dose recomendada de Mg para obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função das diferentes doses de Mg aplicadas em três solos diferentes

Solo	Dose recomendável ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	Nível crítico	
		solo ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ )	parte aérea (g/kg)
LVD	0,2	0,25	1,6
PVA	0,2	0,2	2,4
LVA	0,2	0,2	1,3

Comparando com outra espécie perene, verificou-se que os valores estimados são inferiores aos considerados adequados para o eucalipto, segundo Martinez et al. (1999), que é de 4 a 5 g/kg.

### 3.6. Efeito do enxofre

Os valores das médias observadas, para as características morfológicas sob influência de doses crescentes de S, são mostrados na Tabela 26.

**Tabela 26** - Médias para sansão-do-campo, em razão da aplicação de S, das seguintes características: altura (ALT), diâmetro (DIAM), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso de matéria seca da raiz (PMSR) e peso de matéria seca total (PMST), aos 120 dias após a semeadura

Solo	S ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	DIAM (mm)	ALT (cm)	PMSPA (g)	PMSR (g)	PMST (g)
LVD	0	1,61	8,90	0,10	0,13	0,22
	20	6,66	28,05	5,18	4,78	9,96
	40	8,23	31,65	5,54	5,95	11,48
	60	8,29	43,75	8,04	6,73	14,78
	80	8,02	34,68	7,11	7,06	14,17
PVA	0	4,39	16,28	1,22	1,01	2,24
	20	8,43	55,43	11,24	5,44	16,68
	40	8,30	40,30	9,65	5,74	15,39
	60	9,01	54,13	12,54	5,53	18,07
	80	8,89	55,15	11,07	5,45	16,52
LVA	0	3,29	15,03	0,71	0,48	1,19
	20	9,67	58,65	14,19	8,85	23,04
	40	9,54	49,05	12,20	8,67	20,87
	60	9,82	47,50	11,79	8,53	20,31
	80	10,40	54,18	13,16	8,79	21,94

Em todas as características avaliadas, houve diferença no crescimento das mudas de sansão-do-campo, em virtude da aplicação de doses de S no LVD. Já nos solos PVA e LVA, diferenças só foram detectadas para o crescimento em altura, conforme mostrado na Tabela 27.

**Tabela 27** - Resumo das estimativas geradas do efeito do S em mudas de sansão-do-campo aos 120 dias após a semeadura, considerando a altura, o diâmetro e o peso de matéria seca da raiz, parte aérea e total

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>	Dose Recomendada (mg/dm <sup>3</sup> )
Diâmetro (mm)	LVD	$\hat{Y} = 8,8874 - 41,7815^{**}/X$	0,29	80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,66$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,86$		20
Altura (cm)	LVD	$\hat{Y} = 10,6937 + 0,952063*X - 0,007922*X^2$	0,67	37,2
	PVA	$\hat{Y} = 137,108 - 28,1784*X^{0,5} + 2,15553*X$	0,60	20*
	LVA	$\hat{Y} = 133,159 - 24,3721^{**}X^{0,5} + 1,73327^{**}X$	0,28	20*
PMSPA (g)	LVD	$\hat{Y} = 4,3925 + 0,0415^{**}X$	0,63	80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,13$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,83$		20
PMSR (g)	LVD	$\hat{Y} = 4,225 + 0,0381^{***}X$	0,94	80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,54$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,71$		20
PMST (g)	LVD	$\hat{Y} = 38,6175 + 0,0796^{***}X$	0,82	80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,66$		20
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 21,54$		20

\*\*\* Significativo a 1% de probabilidade. \*\* Significativo a 5% de probabilidade. \* Significativo a 10% de probabilidade.

O efeito de raiz quadrada, observado para altura das plantas nos substratos PVA e LVA, indicam ponto de mínimo na dose de 40 mg/dm<sup>3</sup>. No LVD, para o diâmetro o efeito foi hiperbólico, ou seja, houve tendência de aumento dessa característica à medida que se aumentaram as doses de S; essa mesma tendência, porém linear, esteve presente no PMSPA, PMSR e PMST. Já para a altura, a resposta foi de ordem quadrática.

Neste estudo, a aplicação de S foi benéfica para o desenvolvimento das plantas no LVD, demonstrando ser um nutriente de grande importância quando

se utilizam solos com qualidades químicas e físicas similares às deste estudo. Nesse caso, deve-se salientar que a aplicação de fertilizantes cujas fontes sejam apenas o NPK, muito usual nos viveiros, poderia comprometer a produção de mudas dessa espécie, nesse tipo de solo, em razão da ausência do enxofre em sua formulação. Alvarez V. (1974) afirma que, em solos onde as análises químicas não revelam falta de enxofre, sua deficiência pode ser induzida, como resultado da aplicação de adubos nitrogenados e/ou fosfatados com altos teores de N e P.

Em um solo com características semelhantes às deste estudo, Braga et al. (1995) verificaram que a omissão do enxofre no meio de crescimento afetou o crescimento das espécies *A. mangium*, quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e plantas de pereira (*Platycyamus regnellii*) em várias características estudadas. Da mesma forma, o nutriente foi altamente limitante para o crescimento de mudas de cedro (*Cedrela fissilis*), jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) e canafistula (*Senna multijuga*) em um Latossolo Vermelho-Amarelo de fertilidade natural muito baixa, conforme verificado por Renó et al. (1997).

### **3.7. Efeito de diferentes doses de cada macronutriente sobre os teores e conteúdos dos demais**

#### **3.7.1. Efeito de doses de nitrogênio nos teores e conteúdos de P, K, Ca e Mg**

##### **3.7.1.1. Efeito sobre o P**

A adição de doses de N afetou de forma significativa os conteúdos de P na parte aérea de plantas cultivadas no LVD e LVA e na raiz das plantas cultivadas no LVD (Tabela 28), sem, no entanto, afetar significativamente o teor.

Os efeitos observados nos conteúdos das plantas na parte aérea, apesar de terem se ajustado melhor ao modelo quadrático, sugerem uma tendência de aumento dos conteúdos de P à medida que se aumentam as doses de N, sendo o aumento mais destacado a partir de 150 mg de N/dm<sup>3</sup>. Nas raízes é observada a mesma tendência, porém de ordem linear.

**Tabela 28** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N sobre o teor e conteúdo de P na parte aérea e na raiz de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de P na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,90$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,52$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,43$	
Conteúdo de P na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,651732 - 0,0602702^{**}X + 0,000407792^{***}X^2$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,61$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,4769 - 0,0944114^{*}X + 0,000670601^{*}X^2$	
Teor de P na Raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,13$	0,99
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,18$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,11$	0,82
Conteúdo de P na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 3,87 + 0,87537^{***}X$	0,80
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,20$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,36$	

### 3.7.1.2. Efeito sobre o K

As crescentes doses de N aplicadas influenciaram os teores de K na parte aérea das mudas cultivadas no LVA, assim como os conteúdos deste nutriente na parte aérea das plantas cultivadas no LVA e LVD (Tabela 29). Na análise das raízes, não se verificaram efeitos significativos nos teores e conteúdos desse nutriente.

**Tabela 29** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N sobre o teor e conteúdo de K na parte aérea de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de K na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,49$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,41$	
	LVA	$\hat{Y} = 7,4333 - 0,0072^{**}X$	0,60
Conteúdo de K na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 43,7479 - 0,193536^{*} 0,00208961^{**}X^2$	0,99
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 75,32$	
	LVA	$\hat{Y} = 95,4112 - 0,656745^{*}X + 0,0037953^{*}X^2$	0,61
Teor de K na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,46$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,58$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,65$	
Conteúdo de K na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 55,76$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 49,03$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 134,26$	



O efeito das crescentes doses de N sobre os teores de K na parte aérea de plantas cultivadas no LVA seguiu uma tendência de diminuição dos teores, em razão do aumento das doses de N. Contrariando esse resultado, Renó et al. (1997), para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha*, constataram aumento nas concentrações de K sob influência de N.

Em relação aos conteúdos, embora os modelos que melhor se ajustaram fossem de ordem quadrática, a tendência é de aumento de conteúdo em razão do aumento das doses.

### 3.7.1.3. Efeito sobre o Ca

No que diz respeito ao Ca, a aplicação de doses crescentes de N proporcionou efeitos significativos sobre os conteúdos desse nutriente tanto na parte aérea quando nas raízes, sendo isso nas plantas cultivadas nos solos LVD e LVA (Tabela 30). Todavia, em relação aos teores, não se observou nenhum efeito significativo devido à aplicação de N.

**Tabela 30** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N sobre o conteúdo de Ca na parte aérea de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Característica	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Ca na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,63$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,18$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,55$	
Conteúdo de Ca na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 30,0233 + 0,61568^{***}X$	0,84
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 124,26$	
	LVA	$\hat{Y} = 124,028 - 0,892036^{*}X + 0,0058111^{**}X^2$	0,89
Teor de Ca na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,56$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,26$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,28$	
Conteúdo de Ca na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 6,75425 + 0,083633^{**}X$	0,88
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,21$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,27$	

Na parte aérea das plantas, tanto das cultivadas no LVA quanto no LVD, a tendência foi de incremento dos conteúdos de Ca em razão do aumento das

doses de N, mesmo no caso específico das plantas cultivadas no LVA, cujo melhor modelo ajustado foi quadrático. Nesse caso, os conteúdos apresentaram valores parecidos até a dose de 100 mg de N/dm<sup>3</sup>, quando então tiveram aumento acentuado ao se utilizarem doses superiores. Nas raízes, em que os efeitos significativos só se manifestaram nas plantas cultivadas no LVD, o efeito foi linear positivo, sendo os maiores valores de conteúdos alcançados nas maiores doses de N.

Contrariando os dados deste trabalho, Renó et al. (1997), com as espécies *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha*, observaram diminuição das concentrações de Ca em razão do aumento de doses de N.

#### 3.7.1.4. Efeito sobre o Mg

Os teores de Mg, bem como os conteúdos desse nutriente nas raízes, não foram alterados de forma significativa quando da aplicação de N, sendo as médias mostrados no Anexo A. Apenas os valores dos conteúdos de Mg na parte aérea das plantas foram afetados, independentemente do solo utilizado como substrato (Tabela 31).

**Tabela 31** - Resumo das estimativas geradas do efeito do N sobre o conteúdo de Mg na parte aérea de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Mg na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,82$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,89$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,36$	
Conteúdo de Mg na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 3,66967 + 0,774483^{***}X$	0,80
	PVA	$\hat{Y} = 12,2011 + 0,0587985^{***}X$	0,90
	LVA	$\hat{Y} = 3,29475 + 0,117452^{***}X$	0,89
Teor de Mg na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,01$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,24$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,81$	
Conteúdo de Mg na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,84$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,36$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,88$	

Em todos os três solos testados, a tendência foi de aumento dos conteúdos de Mg na parte aérea das plantas em razão do aumento das doses de N. Esse fato também foi verificado por Renó et al. (1997) para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha*.

Levando em consideração a dose de N que garantiu o maior valor de PMST e substituindo nas equações obtidas para os teores dos demais nutrientes, definiram-se os níveis críticos de cada macronutriente, de acordo com a aplicação de N (Tabela 32).

**Tabela 32** - Teor dos nutrientes P, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função da aplicação de N, nos três solos estudados

Solo	Dose recomendável de N para PMST (mgdm <sup>3</sup> )	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de N			
		P	K	Ca	Mg
LVD	200	0,90	8,49	14,6	1,8
PVA	50	1,52	7,41	12,2	1,9
LVA	200	1,43	6,0	9,6	1,4

A ausência de efeitos significativos da aplicação de N sobre os teores de P pode ser explicada pela pouca variação dos valores de P sob essa condição, em comparação com o tratamento individual. Em termos comparativos, os valores variaram de 0,9 a 1,0 g/kg no solo LVD; nos solos PVA e LVA os valores foram os mesmos em ambas as situações: 1,5 e 1,4 g/kg, respectivamente.

Para o K, foram observados valores maiores do nutriente em razão da aplicação de doses crescentes de N, indicando que o N favoreceu maior absorção de K. Os valores variam de 7,1 a 8,5 g/kg no LVD, de 6 a 7,4 g/kg no PVA e de 5,7 a 6 g/kg no LVA.

Os teores de Ca não variaram em razão da aplicação de doses crescentes de N. Nesse caso, os valores foram de 14,4 a 14,6 g/kg no LVD, de 11,1 – 12,6 g/kg no PVA e de 6,0 – 6,2 g/kg no LVA. Quanto ao Mg, foram de 1,8 a 2,1 g/kg no LVD, de 1,7 a 1,9 g/kg no PVA e de 9,6 a 10,2 g/kg no LVA. O

mesmo comportamento foi verificado em relação ao Mg, cujos valores foram de 1,6 a 1,8 no LVD, 1,9 a 2,4 no PVA e 1,4 no LVA.

Em termos gerais, os valores médios dos teores de N observados sob a influência dos demais nutrientes foram pequenos, sendo menor nos solos LVA, cujos valores médios foram de 16,6 g/kg no tratamento individual e 15,6 sob influência dos demais e de 17,3 e 15,4 g/kg no solo PVA. Já no solo LVA, no tratamento individual o valor foi de 16 g/kg e, nos demais, o valor médio foi de 16,7 g/kg.

Essas variações de teores indicam que a absorção de N pelas plantas não influenciou a absorção dos demais macronutrientes. Portanto, as doses desse nutriente aplicadas permitiram um ideal equilíbrio com as dos demais nutrientes.

### 3.7.2. Efeito de doses de Fósforo nos teores e conteúdos de N, K, Ca e Mg

#### 3.7.2.1. Efeito sobre o N

O P exerceu grande influência sobre a absorção dos demais macronutrientes. Todavia, em relação ao N, foram observados efeitos apenas nos conteúdos desse nutriente na parte aérea de plantas cultivadas no LVD e no PVA, enquanto nas raízes esse efeito só foi observado no LVD (Tabela 33).

**Tabela 33** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre os teores e conteúdos de N na parte aérea e nas raízes de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de N na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,31$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,72$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,10$	
Conteúdo de N na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 18,1632 + 0,287543^{***}X$	0,96
	PVA	$\hat{Y} = -19,7204 + 0,835936^{**}X - 0,000985266^{*}X^2$	0,65
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 249,38$	
Teor de N na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,59$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,17$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,06$	
Conteúdo de N na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 20,2239 + 0,161504^{***}X$	0,95
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 61,51$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 110,12$	

Nas plantas cultivadas no solo LVD, tanto na parte aérea quanto nas raízes, houve aumento dos conteúdos de N devido ao aumento das doses de P. Similarmente, Corrêa et al. (2002) observaram efeito linear crescente das doses de P no acúmulo de nitrogênio no caule e na folha; o acúmulo de nitrogênio na folha relativamente foi maior que no caule, em todas as doses de fósforo, em mudas de aceroleira (*Malpighia glabra* L.).

Já para as mudas cultivadas no PVA, verificou-se efeito significativo na parte aérea, em que o melhor modelo ajustado foi o quadrático, sendo o maior conteúdo de N acumulado de 157,59 g/planta, em razão da aplicação de P na dose de 424,22 mg/dm<sup>3</sup>.

Comportamento semelhante foi encontrado por Melo (1999) para as espécies *Eugenia dysenterica* e *Hancornia speciosa*. Adicionalmente, Neves et al. (2004) concluíram que a dose de 254 mg de P/dm<sup>3</sup> propiciou maior acúmulo de N na parte aérea das plantas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), utilizando como substrato um solo de várzea.

Nas raízes, o único efeito significativo observado ocorreu nas plantas cultivadas no LVD, com aumento dos conteúdos de N nas maiores doses de P testadas.

### **3.7.2.2. Efeito sobre o K**

O P influenciou a absorção de K, refletindo diferenças significativas tanto nos teores quanto nos conteúdos das plantas em pelo menos um dos solos em que elas foram cultivadas (Tabela 34).

Os teores de K, tanto na parte aérea quanto nas raízes, diminuíram quando as plantas estavam submetidas a maiores doses de P, quando elas foram cultivadas nos solos LVD e LVA (parte aérea) e no LVA (raízes).

Em relação aos conteúdos de K na parte aérea, só houve diferenças significativas nas plantas cultivadas no LVD, indicando tendência de aumento dos conteúdos em razão do aumento de doses de P. Nas raízes, as diferenças significativas se manifestaram nas plantas cultivadas no LVA, com diminuição dos conteúdos de K nas maiores doses de P; no LVD o efeito foi de raiz quadrada, com o conteúdo máximo de 63,06 mg/planta alcançado na dose de 456,73 g de P/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 34** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre os teores e conteúdos de K na parte aérea e nas raízes de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de K na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 11,3875 - 0,00876667^{***}X$	0,81
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,03$	
	LVA	$\hat{Y} = 7,8625 - 0,00231111^{*}X$	0,52
Conteúdo de K na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 26,4475 + 0,0850408^{***}X$	0,79
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 65,40$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 97,24$	
Teor de K na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 8,19$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,05$	
	LVA	$\hat{Y} = 21,21125 - 0,0193^{***}X$	0,86
Conteúdo de K na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = -157,638 + 20,6542^{**}X^{0,5} - 0,483225^{**}X$	0,97
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 38,98$	
	LVA	$\hat{Y} = 181,84 - 0,147^{***}X$	0,94

Os efeitos observados nos teores e conteúdos de K em razão do aumento de doses de P não condizem com o observado por Melo (1999), pois esse autor, estudando as respostas de mudas de espécies arbóreas do cerrado a nutrientes em Latossolo Vermelho-Escuro, concluiu que a adição de P no solo mostrou pouco efeito na concentração de K. Já para a espécie andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivada em solo de várzea, a dose de 244,5 mg de P/dm<sup>3</sup> promoveu o máximo acúmulo de potássio (NEVES et al., 2004). Da mesma forma, em acerola, o maior acúmulo de K no caule (44,12 g/parcela) e na folha (46,41 g/parcela) foi na dose de 450 mg/dm<sup>3</sup> de P, segundo estudos de Corrêa et al. (2002).

### 3.7.2.3. Efeito sobre o Ca

A aplicação de P aos solos só surtiu efeito significativo nos conteúdos de Ca de plantas cultivadas no LVD (Tabela 35). Em relação aos teores, não houve efeitos significativos.

Tanto na parte aérea quanto nas raízes, a adição de P favoreceu o aumento de conteúdo de Ca numa tendência linear; portanto, quanto maiores as doses de P aplicadas, maiores os conteúdos observados. Da mesma forma

que neste estudo, Neves et al. (2004) verificaram comportamento quadrático do acúmulo de Ca em razão da aplicação de doses crescentes de P num solo de várzea cultivado com andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), sendo a dose de 254 mg de P/dm<sup>3</sup> a que proporcionou o maior acúmulo. No caule de mudas de acerola, o maior acúmulo de Ca devido a doses crescentes de fósforo ocorreu na dose de 450 mg de P/dm<sup>3</sup> (CORRÊA et al., 2002).

**Tabela 35** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre os conteúdos de Ca na parte aérea e nas raízes de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Ca na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,86$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,45$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,28$	
Conteúdo de Ca na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 17,1503 + 0,222449^{***}X$	0,82
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 95,78$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 127,70$	
Teor de Ca na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,64$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,24$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,06$	
Conteúdo de Ca na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 3,70096 + 0,032061^{***}X$	0,94
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,24$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,19$	

#### 3.7.2.4. Efeito sobre o Mg

O P influenciou de maneira significativa os teores de Mg nas raízes das plantas cultivadas no LVA, bem como os conteúdos, tanto na parte aérea quanto nas raízes, das plantas de sansão-do-campo (Tabela 36).

O efeito da aplicação de P sobre os teores de Mg nas raízes das plantas cultivadas no LVA seguiu tendência linear negativa, com diminuição dos teores com o aumento das doses de P. Diferentemente desse resultado, Melo (1999) concluiu que o P atuou positivamente na concentração de Mg nas raízes de *Eugenia dysenterica* e nas folhas de *Sclerolobium paniculatum*. Esse mesmo autor salientou ainda que, em nenhum caso, houve queda na concentração de Mg em função do aumento do nível de P no solo.

**Tabela 36** - Resumo das estimativas geradas do efeito do P sobre os conteúdos de Mg na parte aérea e nas raízes de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Mg na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,80$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,96$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,24$	
Conteúdo de Mg na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 2,02129 + 0,0322188^{***}X$	0,76
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,79$	
	LVA	$\hat{Y} = 8,66 + 0,0230032^{**}X$	0,96
Teor de Mg na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,06$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,03$	
	LVA	$\hat{Y} = 2 - 0,00101667^{**}X$	0,81
Conteúdo de Mg na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 2,03767 + 0,0117398^{***}X$	0,93
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,47$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,84$	

Quando se analisaram os conteúdos de Mg, a tendência foi de aumento desse nutriente na parte aérea dos tecidos das plantas cultivadas no LVD e LVA e nas raízes das cultivadas no LVD.

Da mesma forma, Corrêa et al. (2002) verificaram que as quantidades acumuladas de Mg na matéria seca da folha e caule de mudas de acerola sofreram variações em função das doses de fósforo, apresentando ajuste com comportamento linear crescente, com a melhor resposta para o acúmulo de magnésio na folha (14,59 g/parcela) e caule (4,64 g/parcela) quando se aplicou a dose de 450 mg de P/dm<sup>3</sup>.

Ainda em termos comparativos, para a andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), a aplicação de 241 mg de P/dm<sup>3</sup> foi a que garantiu maior acúmulo de Mg nas plantas que foram cultivadas num solo de várzea (NEVES et al., 2004).

Na Tabela 37 são mostrados os níveis críticos de cada macronutriente, de acordo com a aplicação de P, levando em consideração a dose deste nutriente que garantiu o maior valor de PMST.

O nutriente que tem seus níveis mais altos são o N e o Ca, sobretudo na parte aérea. Entretanto, para o N, os teores obtidos no tratamento individual são parecidos com os observados em razão da aplicação de P, sendo a variação de 16,3 a 16,6 g/kg no LVD, de 15,7 a 17,3 g/kg no PVA e de 16 a 17,1 g/kg no LVA.



**Tabela 37** - Teor dos nutrientes N, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função da aplicação de P, nos três solos estudados

Solo	Dose recomendável De P para PMST	Teor da parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de P			
		N	K	Ca	Mg
LVD	503,07	16,3	7,0	12,9	1,8
PVA	312,97	15,7	8,0	11,5	2,0
LVA	600	17,1	6,5	9,3	1,2

Para o K, os teores também são próximos, variando de 7 a 7,1 g/kg no LVD, de 6,0 a 8,0 g/kg no PVA e de 5,7 a 6,5 g/kg no LVA; todavia, para os solos LVD e LVA as diferenças foram significativas, evidenciando que a aplicação de P influenciou a absorção de K.

Valores similares do efeito da absorção de Ca em razão da aplicação de P também foram observados, sendo as variações de 12,9 a 14,4 g/kg no LVD, de 11,1 a 11,5 g/kg no PVA e de 9,3 a 10,1 g/kg no LVA. O mesmo comportamento se verificou para o Mg: de 1,6 a 1,8 g/kg no solo LVD, de 2 a 2,4 g/kg no solo PVA e de 1,2 a 1,3 g/kg no solo LVA. Em ambas as situações, o P não interferiu na absorção dos nutrientes.

Em termos médios, os teores de P sob influência das adubações com os demais nutrientes foram iguais nos solos LVD (1,0 g/kg) e PVA (1,5 g/kg) e ligeiramente maiores, sob influência dos demais nutrientes, com variação de 1,4 a 1,5 g/kg, no solo LVA. Portanto, a aplicação dos demais nutrientes não influenciou a absorção do P.

### **3.7.3. Efeito de doses de potássio nos teores e conteúdos de N, P, Ca e Mg**

A adição de K não influenciou os teores e os conteúdos de N e Ca nas plantas de sansão-do-campo cultivadas nos três solos estudados. Diferentemente, em estudos de Melo (1999) a fertilização com K diminuiu a concentração de Ca em todas as partes do *Sclerolobium paniculatum* e nas folhas de *Dipteryx alata*.

Em contrapartida, a adição de K influenciou os teores de Mg na parte aérea e nas raízes em plantas cultivadas no PVA e LVD, respectivamente. No que diz respeito ao conteúdo, houve diferença no conteúdo de P na parte aérea de plantas cultivadas no LVD e no de Mg nas raízes das cultivadas nesse mesmo solo (Tabelas 38 e 39).

**Tabela 38** - Resumo das estimativas geradas do efeito do K sobre o teor e conteúdo de P na parte aérea e nas raízes das mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de P na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,20$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,36$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,46$	
Conteúdo de P na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 5,7568 + 0,0188*X$	0,21
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,15$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 18,88$	
Teor de P na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,16$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,03$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,11$	
Conteúdo de P na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,02$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,06$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,20$	

**Tabela 39** - Resumo das estimativas geradas do efeito do K sobre o teor e conteúdo de Mg na parte aérea e nas raízes das mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Mg na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,90$	0,96
	PVA	$\hat{Y} = 2,3125 - 0,0043***X$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,36$	
Conteúdo de Mg na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,74$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 19,41$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,41$	
Teor de Mg na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 6,925 - 0,0803**X + 0,0003**X^2$	0,95
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,22$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,78$	
Conteúdo de Mg na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 2,15935 - 0,985365***X$	0,68
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,0$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,41$	

Influência da aplicação de K sobre os teores de Mg na parte aérea foi observada em plantas cultivadas no PVA, com tendência linear negativa; portanto, à medida que se aumentaram as doses de K, diminuíram os teores de Mg nessa condição. Essa diminuição também aconteceu nas raízes das plantas cultivadas no LVD, pois é o que sugere o modelo quadrático que melhor ajustou os dados.

A diminuição dos teores de Mg devido à aplicação de K pode ser explicada pelo antagonismo entre os nutrientes, pois, quando o Ca está em alta concentração, causa inibição competitiva com o Mg (MALAVOLTA, 1987).

O efeito da aplicação de K sobre o conteúdo de P na parte aérea foi observado apenas nas plantas cultivadas no LVD, seguindo uma tendência linear positiva; portanto, os conteúdos aumentaram em razão do aumento de doses de K. Em relação ao conteúdo de Mg nos tecidos das raízes, verificou-se diminuição nas que foram cultivadas no LVD.

Em termos comparativos, a adição de K diminuiu a concentração de Mg na parte aérea de *Eugenia dysenterica*, no caule de *Sclerolobium paniculatum* e em folhas e caule de *Dipteryx alata* (MELO, 1999). Da mesma forma, houve queda nas concentrações desse nutriente em *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha* (RENÓ et al., 1997).

Na Tabela 40 são mostrados os níveis críticos estimados para os demais nutrientes em razão da aplicação de K, com base na dose estimada para o PMST.

À exceção do Ca na parte aérea e do Mg, poucas diferenças nos valores são observadas, indicando pouca influência do K nos demais nutrientes.

**Tabela 40** - Teores dos nutrientes N, P, Ca e Mg na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função da aplicação de K, nos três solos estudados

Solo	Dose Recomendável de K para PMST	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de K			
		N	P	Ca	Mg
LVD	50	15,6	1,2	15,6	1,9
PVA	50	15,6	1,3	11,1	2,1
LVA	50	15,6	1,5	9,3	1,4

Os teores de N observados na parte aérea sob influência da aplicação de K não foram significativos, sendo as variações de 15,6 a 16,6 g/kg no LVD, de 15,6 a 17,3 g/kg no PVA e exatamente 15,6 g/kg no LVA. Da mesma forma, também não influenciaram a absorção de P e Ca, sendo a variação dos valores individuais e influenciados para o P de 1 a 1,2 g/kg no LVD, de 1,3 a 1,5 g/kg no PVA e de 1,4 a 1,5 g/kg no LVA, e para o Ca, de 14,4 a 15,6 g/kg no LVD, de 11,1 g/kg no PVA e de 9,3 a 10,1 g/kg LVA.

Já para o Mg, os valores dos teores na parte aérea das plantas cultivadas no solo PVA foram influenciados pela aplicação de K, sendo o teor de 2,1 g/kg, enquanto no tratamento individual foi de 2,4 g/kg. Nos demais solos os valores variaram entre 1,6 a 1,9 g/kg no LVD e de 1,3 a 1,4 g/kg no LVA.

Em termos médios, os valores dos teores de K sob influência dos demais nutrientes foram maiores, com variações de 7,1 a 7,6 g/kg no solo LVD, de 6,0 a 7,3 g/kg no PVA e de 5,7 a 6,8 g/kg no LVA. Dessa forma, os resultados indicam que os demais nutrientes favoreceram a maior absorção do K.

#### **3.7.4. Efeito de doses de cálcio nos teores e conteúdos de N, P, K e Mg**

A aplicação de Ca não afetou, em nenhuma situação, os teores de N nos tecidos das plantas de sansão-do-campo.

Na parte aérea das plantas, contudo, houve efeito nos teores e conteúdos de P e Mg em razão da aplicação de Ca. Também se observou efeito no teor de K nas raízes das plantas (Tabelas 41, 42 e 43).

Quanto ao K, o efeito da aplicação de Ca também se manifestou nas plantas que foram cultivadas no LVD; o modelo ajustado de ordem quadrática permitiu definir o maior teor em 9,00 g/kg na dose de 1,06 cmol<sub>c</sub> de Ca/dm<sup>3</sup>.

Em relação à influência da aplicação de Ca sobre o Mg, efeitos significativos foram observados nos teores e conteúdos da parte aérea das plantas cultivadas no solo LVD. Em ambos os casos, o modelo ajustado foi o quadrático.

A influência da aplicação de Ca foi significativa para os teores e conteúdos de P da parte aérea somente das plantas que foram cultivadas no LVD, não sendo significativa nos demais. Em ambos os casos o efeito foi de ordem quadrática, mas com tendência de aumento dos teores e conteúdos nas maiores doses de Ca.

**Tabela 41** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca sobre os teores e conteúdos de P na parte aérea e na raiz de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de P na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 3,85383 - 5,77723^{**}X + 2,76048^{***}X^2$	0,99
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,45$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,56$	
Conteúdo de P na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 36,8449 - 60,0793^{**}X + 28,5971^{**}X^2$	0,83
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,29$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 20,80$	
Teor de P na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,93$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,22$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,11$	
Conteúdo de P na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,39$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,32$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,89$	

**Tabela 42** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca sobre o teor e conteúdo K na parte aérea e raízes das mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de K na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,11$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,33$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,26$	
Conteúdo de K na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 48,64$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 72,27$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 96,08$	
Teor de K na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = -17,4507 + 50,0221^{***}X - 23,6464^{***}X^2$	0,89
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,19$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,55$	
Conteúdo de K na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 50,00$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 49,83$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 146,29$	

**Tabela 43** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Ca sobre os teores e conteúdos de Mg na parte aérea e na raiz de mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura em três tipos de solo

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Mg na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 6,10886 - 8,13979^{***}X + 3,69801^{***}X^2$	0,97
	PVA	$\hat{Y} = 2,095 - 0,4292X$	0,24
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,36$	
Conteúdo de Mg na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 60,0877 - 92,0206^{***}X + 42,6224^{***}X^2$	0,66
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,81$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 18,76$	
Teor de Mg na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,84$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,21$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,74$	
Conteúdo de Mg na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,50$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,15$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,65$	

Os dados deste trabalho, em algumas situações, diferem dos de Melo (1999), que concluiu que, embora tivesse ocorrido influência na concentração de alguns nutrientes, a despeito da aplicação de Ca, não foi possível identificar uma tendência para as espécies que ele estudou, exceto uma queda na concentração de Mg nas raízes de três das quatro espécies estudadas (*Hancornia speciosa*, *Dipteryx alata* e *Sclerolobium paniculatum*). Em outro estudo, Dias et al. (1991) também verificaram tendência similar para *Sclerolobium paniculatum*.

Com base na dose estimada para o PMST, estimaram-se os níveis críticos dos demais macronutrientes em razão da aplicação de Ca, conforme mostrado na Tabela 44.

Verifica-se, na Tabela 44, que houve pouca variação nos valores de acordo com o solo estudado; apenas para o N, tanto na parte aérea quanto nas raízes, observaram-se valores maiores do que os demais.

Em relação aos resultados dos tratamentos individuais, observa-se que para o N, à exceção dos valores observados no LVA (16 a 17,1 g/kg), os valores obtidos sob influência da aplicação de Ca foram menores: 15,3 a 16,6 g/kg no solo LVD e 15 a 17,3 g/kg no solo PVA.

**Tabela 44** - Teores dos nutrientes N, P, K e Mg na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função da aplicação de Ca, nos três solos estudados

Solo	Dose recomendável de Ca para PMST (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de Ca			
		N	P	K	Mg
LVD	0,8	15,3	1,0*	7,1	2,0
PVA	0,8	15,0	1,5	7,3	1,8
LVA	0,8	17,1	1,6	7,3	1,4

Quanto ao P, os teores observados na parte aérea das plantas cultivadas no LVD e no PVA foram os mesmos: 1,0 e 1,5 g/kg, respectivamente, evidenciando que o Ca não afetou a absorção de P nesses solos. No solo LVA, o teor foi maior: 1,6 g/kg sob influência do Ca e 1,4 g/kg no tratamento individual.

No solo LVD, o teor de K no tratamento individual e sob influência de crescentes doses de Ca foi o mesmo, ou seja, 7,1 g/kg. Nos demais solos, os valores foram maiores sob adubação com Ca, variando no PVA de 6 a 7,3 g/kg e, no LVA, de 5,7 a 7,3 g/kg.

Nos solos LVD e LVA, os valores dos teores de Mg foram maiores em relação ao tratamento individual, indicando influência do Ca na absorção do Mg, com variações de 1,6 a 2 g/kg no LVD e de 1,3 a 1,4 g/kg no LVA. No solo PVA, contudo, os valores foram inferiores aos do tratamento individual, variando de 1,8 a 2,4 g/kg.

Em termos médios, a aplicação dos demais nutrientes não influenciou o teor de Ca no solo LVD, pois, tanto no tratamento individual quanto sob influência dos demais, o valor do teor foi de 14,4 g/kg. No solo PVA, com os demais nutrientes, o valor foi maior: 11,8 g/kg contra 11,1 g/kg no tratamento individual. Já no solo LVA observou-se menor valor de teor (9,5 g/kg) sob influência dos demais nutrientes, sendo, no tratamento individual, de 10,1 g/kg.

### **3.7.5. Efeito de doses de magnésio nos teores e conteúdos de N, P, K e Ca**

#### **3.7.5.1. Efeito sobre o N**

A aplicação de doses crescentes de Mg influenciou os teores e conteúdos de N apenas nas raízes das plantas: as cultivadas nos solos PVA e

LVA tiveram influência nos teores, e as cultivadas no LVD apresentaram efeitos significativos nos conteúdos (Tabela 45).

**Tabela 45** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg sobre o teor e conteúdo de N nas raízes das mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de N na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,13$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,50$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 16,88$	
Conteúdo de N na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 96,41$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 165,62$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 249,67$	
Teor de N na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = 21,7750 - 42,55^{***}X + 41,25^{***}X^2$	0,99
	PVA	$\hat{Y} = 20,895 - 26,667^{**}X + 23,616^{**}X^2$	0,50
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 11,43$	
Conteúdo de N na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 108,325 - 50,9207^{*}X$	0,54
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 81,32$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 105,58$	

Em relação aos teores, embora tenha ocorrido efeito significativo, não foi possível definir uma tendência, uma vez que o melhor modelo ajustado indica maiores valores de teores nas menores doses de Mg, seguido de diminuição dos valores das doses intermediárias e, novamente, de aumento.

No tocante ao conteúdo observado das plantas cultivadas no solo LVD, verificou-se diminuição dos valores devido ao aumento das doses de Mg.

### 3.7.5.2. Efeito sobre o P

A aplicação de Mg não influenciou os teores dos demais nutrientes. Apenas em relação aos conteúdos de P na parte aérea foi observado efeito de ordem quadrática nas mudas cultivadas no LVD (Tabela 46). Todavia, pelo modelo ajustado, não foi possível prever uma tendência de aumento ou diminuição desse conteúdo em razão das crescentes doses de Mg aplicadas.

### 3.7.5.3. Efeito sobre o K

Na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, verificou-se efeito nos teores de K apenas nas plantas cultivadas no solo PVA. No solo LVA, foram observados efeitos nos teores e conteúdos das raízes (Tabela 47).



**Tabela 46** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg sobre o conteúdo de P na parte aérea das mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de P na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,02$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,47$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,49$	
Conteúdo de P na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 12,5281 - 25,7935^{**}X + 22,6386^{**}X^2$	0,60
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,01$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 21,18$	
Teor de P na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,09$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,27$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,05$	
Conteúdo de P na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,51$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,02$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,57$	

**Tabela 47** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg sobre o teor de K nas raízes e parte aérea e no conteúdo na raiz das mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de K na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,76$	0,89
	PVA	$\hat{Y} = 5,8 + 2,975^{***}X$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,5$	
Conteúdo de K na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 49,99$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 73,79$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 108,55$	
Teor de K na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,91$	0,38
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,81$	
	LVA	$\hat{Y} = 9,125 + 8,3375^{**}X$	
Conteúdo de K na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 51,76$	0,34
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 54,86$	
	LVA	$\hat{Y} = 83,8766 + 74,2527^{**}X$	

Em todas as situações, a aplicação de Mg implicou aumento tanto dos teores quanto dos conteúdos de K observados. Diferentemente, a aplicação de Mg contribuiu para diminuição da concentração de K na parte aérea de

*Eugenia dysenterica* e *Hancornia speciosa* e nas folhas de *Dipteryx alata*, conforme estudo de Melo (1999).

#### 3.7.5.4. Efeito sobre o Ca

O efeito da aplicação de crescentes doses de Mg só afetou a absorção de Ca no solo LVD, onde houve diferenças nos conteúdos desse nutriente na parte aérea das plantas, tendo os valores de Ca diminuído nos tecidos das plantas em virtude do aumento de doses de Mg (Tabela 48).

Relato de diminuição dos teores de Ca na parte aérea correlacionada com a aplicação de Mg já foi feito por Melo (1999); todavia, em seus estudos, os maiores efeitos foram sobre a concentração de Ca nas raízes de todas as espécies, a qual diminuiu. Entretanto, assim como neste trabalho, também no caule de *Sclerolobium paniculatum* e *Dipteryx alata* houve diminuição da concentração de Ca, sugerindo competição entre esses nutrientes.

**Tabela 48** - Resumo das estimativas geradas do efeito do Mg sobre conteúdo de Ca na parte aérea e no conteúdo na raiz das mudas de sansão-do-campo, aos 120 dias após a semeadura

Local	Solo	Equação	R <sup>2</sup>
Teor de Ca na parte aérea (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 14,39$	0,43
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 12,01$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 9,83$	
Conteúdo de Ca na parte aérea (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = 123,366 - 64,2352 \cdot X$	0,43
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 122,84$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 139,58$	
Teor de Ca na raiz (g/kg)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,73$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,95$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,12$	
Conteúdo de Ca na raiz (mg/planta)	LVD	$\hat{Y} = \bar{Y} = 17,65$	
	PVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 15,90$	
	LVA	$\hat{Y} = \bar{Y} = 28,84$	

Com base na dose estimada para o PMST, estimaram-se os níveis críticos dos demais macronutrientes em razão da aplicação de Mg, conforme mostrado na Tabela 49.

**Tabela 49** - Teores dos nutrientes N, P, K e Ca na parte aérea das plantas de sansão-do-campo, em função da aplicação de Mg, nos três solos estudados

Solo	Dose recomendável de Mg para PMST (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	Teor na parte aérea (g/kg) para a dose recomendável de Mg			
		N	P	K	Mg
LVD	0,2	15,1	1,0	7,8	14,4
PVA	0,2	15,3	1,5	6,4	12,0
LVA	0,8	16,9	1,5	7,5	9,8

Houve pouca variação nos valores de acordo com o solo estudado; apenas para o N e Ca observou-se que, no solo LVD, os valores foram bem maiores do que os demais.

Os valores dos teores de N sob influência da adubação com Mg foram menores em relação ao tratamento individual de N nos solos LVD e PVA, cujas variações foram de 15,1 a 16,6 g/kg e de 15,3 a 17,3 g/kg, respectivamente; já no LVA, cujo valor foi maior, a variação foi de 16 a 16,9 g/kg. Para o P, tanto no solo LVD quanto no PVA, os valores dos teores desse nutriente foram os mesmos observados no tratamento individual: 1 g/kg no LVD e 1,5 g/kg no PVA. Para o solo LVA, o maior valor foi observado sob influência do Mg: de 1,4 a 1,5 g/kg.

O magnésio favoreceu o maior valor dos teores de K, uma vez que os valores observados nessa condição foram todos maiores em relação ao tratamento individual do K: de 7,1 a 7,8 g/kg no LVD, de 6 a 6,4 g/kg no PVA e de 5,7 a 7,5 g/kg no LVA.

Para o Ca, no solo LVD verificou-se o mesmo valor tanto para o tratamento individual quanto sob influência de doses crescentes de M: 14,4 g/kg. No solo PVA, o valor de teor de Ca que variou entre 11,1 e 12 g/kg foi maior sob influência do Mg; já no solo LVA foi o contrário, sendo os valores de 9,8 a 10,1 g/kg.

No solo LVD, em média, os valores dos teores de Mg, quando sob influência dos demais nutrientes, foram maiores do que no tratamento individual: 1,9 e 1,6 g/kg, respectivamente. Já no solo PVA observou-se comportamento contrário, ou seja, maior teor no tratamento individual, cujo valor foi de 2,4 g/kg, e menor quando sob influência dos demais: 11,9 g/kg.

Todavia, no solo LVA, não houve diferença entre os valores, sendo, para ambos os casos, de 1,3 g/kg.

#### 4. CONCLUSÕES

As mudas de sansão-do-campo, em geral, absorveram maior quantidade dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S à medida que a disponibilidade destes aumentava no solo. Essa maior absorção se refletiu em maior concentração dos nutrientes aplicados em todas as partes da planta. Entretanto, em alguns casos, não houve resposta em crescimento correspondente a esse aumento.

O melhor desempenho das mudas ocorreu no LVA, com as maiores médias observadas. Portanto, em se tratando de produção comercial de mudas, esse seria o melhor solo, em relação à fertilização.

A aplicação de P foi a que mais surtiu efeitos significativos, seguido pelo S e N; logo, quantidades adequadas desses nutrientes são necessárias para um satisfatório crescimento das mudas de sansão-do-campo. Todavia, a espécie se mostrou pouco exigente quanto aos nutrientes K, Ca e Mg, requerendo baixa quantidade destes para seu adequado crescimento.

Recomendam-se doses do macronutrientes nos seguintes valores: N (200 mg/dm<sup>3</sup> para solos com características similares às do LVA e LVD e 50 mg/dm<sup>3</sup> para solos parecidos com o PVA), P (312 mg/dm<sup>3</sup> para solos similares ao PVA, 503 mg/dm<sup>3</sup> para o LVD e 600 mg/dm<sup>3</sup> para o LVA), K (50 mg/dm<sup>3</sup>), Ca (0,8 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e Mg (0,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>).

Em termos de nível crítico, os valores que proporcionaram melhor desenvolvimento da planta foram: N (16 a 17,3 mg/dm<sup>3</sup> no solo), P (77 a 110 mg/dm<sup>3</sup> no solo e 1 a 1,5 g/kg na parte aérea), K (14 a 86,5 mg/dm<sup>3</sup> no solo e 5,7 a 7,1 g/kg na parte aérea), Ca (0,8 a 2,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> no solo e 10 a 14,4 g/kg na parte aérea) e Mg (0,2 a 0,25 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> no solo 1,3 a 2,4 g/kg na parte aérea). Contudo, para o K e o Ca sugerem-se estudos com doses dentro dessa faixa de valores encontrados, para melhor definição do nível crítico.

A influência da aplicação de um nutriente sobre outro foi mais destacada para o P e o N, que, de alguma forma, afetou todos os outros, notadamente na parte aérea. Os demais nutrientes também influenciaram os teores e conteúdos dos outros, obedecendo à seguinte ordem: Mg>Ca>K. Entretanto, embora

tenham sido detectadas diferenças significativas, os valores dos teores obtidos nos tratamentos individuais foram parecidos, indicando equilíbrio entre eles, ou seja, o balanço nutricional entre os nutrientes foi adequado.

## 5. REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois Latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1974.

ALVES, V. M. C. et al. Efeito da adubação potássica na produção de matéria seca de mudas de seringueira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 335-336.

BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*: resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 183-191, 2001.

BARBOSA, Z. et al. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Fr. All) Eng. ) sob diferentes saturações por bases. I. Crescimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995. Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBCS, 1995a. p. 806-809.

BRAGA, F. A. et al. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.

CARNIEL, T. et al. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993. Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 211-212.

COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1975. 384 p.

CORRÊA, F. L. O. Acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 765-769, 2002.

CRESTANA, C. S. M. et al. Sombreamento e adubação nitrogenada no crescimento de mudas de guarantã – *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 115-123, 1995.

DIAS, L. E. et al. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel) I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991.

DUBOC, E. et al. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba). **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 1-12, 1996b.

DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá (*Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang). **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212 p.

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

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas). Viçosa, MG: UFV, 1997. 59 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL: FAEPE, 1994. 227 p.

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, 1995a.

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

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, 2000.

GARCIA, N. C. P. **Efeitos da calagem e de níveis de fósforo sobre o crescimento e composição mineral de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.)**. 1986. 40 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

GOMES, K. C. O. **Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e nutrição mineral de mudas de angico-branco e garapa**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2000. v. 1. 352 p.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Editora Ceres, 1987. 495 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação)**. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999. p. 143-168.

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

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

MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão). **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

MELO, J. D. **Resposta de mudas de espécies arbóreas do cerrado a nutrientes em Latossolo Vermelho-Escuro**. 1999. 119 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1999.

MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Muller Argoviensis) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 263-271, 1995.

NEVES, O. S. C. et al. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 343-349, 2004.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Relação fonte-dreno de fósforo no solo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. (Eds.). **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 2-6.

OLIVEIRA, J. M. F. et al. Respostas de mudas de Angelim-pedra (*Dinizia excelsa Ducke*) a nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 9, p. 1-5, 1998.

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

REIS, M. G. F. et al. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (jacarandá-da-bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 4, p. 463-471, 1997.

RENÓ, N. B. et al. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1997.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinções de ambientes**. 4.ed. Viçosa: Neput, 2002. 338 p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81 p.

RESENDE, A. V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999.

SILVA, I. R. et al. Absorção de nutrientes em espécies florestais nativas sob influência da adubação potássica. **Revista do Instituto Florestal**, v. 8, p. 99-108, 1996.

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

SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S. Exigências nutricionais de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 415-425, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TURRENT, F. A. **Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción**. Chapingo-México: Rama de Suelos, Colégio de Postgraduados, 1979. 65 p. (Boletim técnico, 6)

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



**ANEXOS**

## ANEXO A – ANGICO-VERMELHO

**Tabela 1A** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de N, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de P, K, Ca e Mg

Solo	N (mg/dm <sup>3</sup> )	PTPA (g/kg)	PCPA (mg/planta)	KTPA (g/kg)	KCPA (mg/planta)	CATPA (g/kg)	CACPA (mg/planta)	MGTPA (g/kg)	MGCPA (mg/planta)	PTR (g/kg)	PCR (mg/planta)	KTR (g/kg)	KCR (mg/planta)	CATR (g/kg)	CACR (mg/planta)	MGTR (g/kg)	MGCR (mg/planta)
LVD	50	1,03	1,48	8,20	11,86	14,70	22,43	2,70	3,96	0,60	1,82	8,95	26,14	5,50	15,11	3,05	8,51
LVD	100	1,05	2,45	9,33	21,75	13,15	30,54	2,15	4,88	0,60	1,92	8,43	26,81	5,33	15,51	2,93	8,62
LVD	150	1,23	3,87	8,95	27,07	11,65	31,52	1,70	4,64	0,90	3,56	9,00	33,80	5,50	18,72	2,55	8,86
LVD	200	1,03	2,08	9,08	17,38	11,03	20,86	1,85	3,55	0,70	2,55	9,28	32,87	5,88	20,95	2,85	10,16
AVA	50	1,53	7,24	6,40	30,17	13,80	63,29	2,15	10,02	1,58	14,24	7,10	64,17	4,25	38,43	1,50	13,54
AVA	100	1,58	9,64	6,68	40,06	12,83	80,24	2,08	12,93	1,63	15,90	8,05	76,82	4,33	42,82	1,58	15,19
AVA	150	1,33	13,03	7,10	67,53	10,48	97,38	1,75	16,66	1,58	14,80	7,38	69,61	4,60	43,47	1,35	12,70
AVA	200	1,15	9,43	7,08	57,07	11,18	88,79	1,58	13,10	1,58	13,77	8,25	69,33	4,88	42,53	1,58	12,63
LVA	50	1,53	5,99	6,45	25,76	9,28	35,76	1,85	7,20	1,58	13,52	7,45	63,98	3,75	32,21	1,58	13,53
LVA	100	1,23	10,16	5,60	46,67	6,80	54,89	1,80	14,83	1,63	16,57	8,28	84,36	3,30	33,84	1,65	16,83
LVA	150	1,28	11,98	6,73	62,86	7,18	66,46	1,73	16,06	1,58	13,15	7,95	66,50	3,53	29,58	1,80	15,04
LVA	200	1,11	9,51	5,23	68,08	4,84	62,20	20,64	13,48	1,00	10,25	11,66	63,73	5,33	66,09	1,36	14,31

**Tabela 2A** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de P, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de N, K, Ca e Mg

Solo	P (mg/dm <sup>3</sup> )	NTPA (g/kg)	NCPA (mg/planta)	KTPA (g/kg)	KCPA (mg/planta)	CATPA (g/kg)	CACPA (mg/planta)	MGTPA (g/kg)	MGCPA (mg/planta)	NTR (g/kg)	NCR (mg/planta)	KTR (g/kg)	KCR (mg/planta)	CATR (g/kg)	CACR (mg/planta)	MGTR (g/kg)	MGCR (mg/planta)
LVD	150	30,97	19,58	6,60	4,09	10,90	6,86	1,63	1,06	19,70	39,98	8,25	16,70	6,55	13,58	3,15	6,38
LVD	300	27,85	62,08	9,33	21,75	13,15	30,54	2,15	4,88	16,23	45,46	8,43	26,81	5,33	15,51	2,93	8,62
LVD	450	25,75	59,49	8,55	21,44	10,30	24,09	2,13	5,28	16,33	52,28	9,30	30,39	5,30	16,84	2,78	8,93
LVD	600	25,60	68,78	8,00	22,44	9,38	27,23	3,03	7,90	13,53	42,02	9,47	30,07	4,50	14,33	2,40	7,63
AVA	150	20,88	105,37	6,63	35,05	12,05	66,75	1,88	9,95	11,20	106,60	8,05	79,66	4,70	46,58	2,15	21,00
AVA	300	15,90	96,54	6,68	40,06	12,83	80,24	2,08	12,93	9,40	94,90	8,05	76,82	4,33	42,82	1,58	15,19
AVA	450	18,68	126,51	7,83	52,99	11,63	80,56	2,23	7,83	8,70	62,79	7,48	53,46	3,66	25,97	1,30	9,31
AVA	600	17,78	125,98	7,25	52,08	10,88	77,88	2,20	15,64	8,98	59,28	8,33	55,96	4,70	30,98	1,50	9,97
LVA	150	20,93	69,96	7,40	26,90	8,35	29,16	2,28	7,76	9,73	62,55	8,23	52,73	3,98	25,93	1,80	11,09
LVA	300	13,38	111,12	5,60	46,67	6,80	54,89	1,80	14,83	9,53	97,13	8,28	84,36	3,30	33,84	1,65	16,83
LVA	450	14,63	128,43	7,20	64,54	5,65	50,16	1,88	16,47	9,20	63,97	8,50	59,46	3,70	25,76	1,55	10,89
LVA	600	15,23	107,62	6,93	48,00	6,13	42,73	2,05	14,24	8,63	62,39	8,40	60,85	3,75	27,26	1,85	13,33

**Tabela 3A** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de K, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de N, P, Ca e Mg

Solo	K (mg/dm <sup>3</sup> )	NTPA (g/kg)	NCPA (mg/planta)	PTPA (g/kg)	PCPA (mg/planta)	CATPA (g/kg)	CACPA (mg/planta)	MGTPA (g/kg)	MGCPA (mg/planta)	NTR (g/kg)	NCR (mg/planta)	PTR (g/kg)	PCR (mg/planta)	CATR (g/kg)	CACR (mg/planta)	MGTR (g/kg)	MGCR (mg/planta)
LVD	50	24,73	79,87	0,95	3,35	10,00	34,56	1,98	6,89	16,63	66,34	0,93	4,30	4,73	17,79	2,50	9,33
LVD	100	27,85	62,08	1,05	2,45	13,15	30,54	2,15	4,88	16,23	45,46	0,60	1,92	5,33	15,51	2,93	8,62
LVD	150	27,23	53,23	0,90	1,77	10,67	21,14	2,17	4,25	20,83	55,94	0,55	1,62	6,25	16,21	3,05	7,96
LVD	200	20,93	57,54	0,93	2,60	9,15	24,61	1,93	5,35	17,18	56,04	0,68	2,27	5,80	19,02	3,10	10,06
AVA	50	17,65	87,99	1,28	6,33	11,68	58,17	2,18	10,76	8,10	92,55	1,50	17,09	3,27	37,28	1,07	12,09
AVA	100	15,90	96,54	1,58	9,64	12,83	80,24	2,08	12,93	9,40	94,90	1,63	15,90	4,33	42,82	1,58	15,19
AVA	150	21,85	109,14	1,40	7,08	13,20	71,55	2,00	10,60	10,15	85,63	1,55	13,47	4,63	39,75	1,58	13,87
AVA	200	16,08	123,87	1,20	8,97	13,05	94,74	2,13	15,96	8,03	96,15	1,43	17,10	3,88	45,67	1,28	15,18
LVA	50	17,98	155,18	1,33	11,55	9,40	81,75	2,18	18,96	9,33	88,87	1,30	12,59	3,70	34,79	1,93	18,37
LVA	100	13,38	111,12	1,23	10,16	6,80	54,89	1,80	14,83	9,53	97,13	1,63	16,57	3,30	33,84	1,65	16,83
LVA	150	19,33	117,39	1,43	8,80	10,48	62,31	2,20	12,41	9,80	86,36	1,33	11,75	4,33	36,92	2,23	19,10
LVA	200	16,53	98,95	1,35	8,02	9,45	55,37	1,93	11,11	9,50	97,88	1,17	11,68	3,23	33,09	1,87	19,77

**Tabela 4A** - Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de Ca, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de N, P, K e Mg

Solo	Ca (cmo/dm <sup>3</sup> )	NTPA (g/kg)	NCPA (mg/planta)	PTPA (g/kg)	PCPA (mg/planta)	KTPA (g/kg)	KCPA (mg/planta)	MGTPA (g/kg)	MGCPA (mg/planta)	NTR (g/kg)	NCR (mg/planta)	PTR (g/kg)	PCR (mg/planta)	KTR (g/kg)	KCR (mg/planta)	MGTR (g/kg)	MGCR (mg/planta)
LVD	0,8	24,25	56,24	0,85	2,16	9,00	22,24	1,78	4,38	17,35	69,90	0,73	2,87	9,63	38,85	3,03	11,90
LVD	1	27,85	62,08	1,05	2,45	9,33	21,75	2,15	4,88	16,23	45,46	0,60	1,92	8,43	26,81	2,93	8,62
LVD	1,2	24,50	72,85	0,98	3,69	7,25	23,46	1,88	6,31	16,10	76,41	0,73	4,31	9,08	44,28	2,83	12,13
LVD	1,4	27,68	41,55	0,98	1,45	8,95	13,43	1,93	2,88	17,48	53,50	0,93	2,93	9,50	30,79	3,00	9,54
AVA	0,8	18,33	120,16	1,40	9,17	6,10	39,92	2,17	14,15	10,40	103,19	1,78	16,39	8,53	81,42	1,75	16,77
AVA	1	15,90	96,54	1,58	9,64	6,68	40,06	2,08	12,93	9,40	94,90	1,63	15,90	8,05	76,82	1,58	15,19
AVA	1,2	15,18	101,64	1,47	10,15	6,37	44,01	1,73	11,81	8,23	83,70	1,55	15,50	6,83	68,88	1,13	11,27
AVA	1,4	19,13	85,48	1,88	8,16	7,63	34,24	2,23	9,91	8,57	64,04	1,53	11,24	7,87	57,01	1,73	13,02
LVA	0,8	11,78	70,02	1,53	9,50	7,08	38,11	1,50	8,59	9,93	77,07	1,20	8,50	8,93	64,33	1,88	12,85
LVA	1	13,38	111,12	1,23	10,16	5,60	46,67	1,80	14,83	9,53	97,13	1,63	16,57	8,28	84,36	1,65	16,83
LVA	1,2	16,95	99,85	1,65	11,06	7,80	43,68	1,90	11,57	8,75	71,94	1,53	11,88	7,95	64,48	1,80	14,70
LVA	1,4	14,90	125,73	1,38	11,77	7,35	62,97	1,55	13,22	9,03	80,46	1,40	12,66	8,08	73,13	1,75	15,95

**Tabela 5A** – Médias para angico-vermelho, em razão da aplicação de Mg, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de N, P, K e Ca

Solo	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	NTPA (g/kg)	NCPA (mg/planta)	PTPA (g/kg)	PCPA (mg/planta)	KTPA (g/kg)	KCPA (mg/planta)	CATPA (g/kg)	CACPA (mg/planta)	NTR (g/kg)	NCR (mg/planta)	PTR (g/kg)	PCR (mg/planta)	KTR (g/kg)	KCR (mg/planta)	CATR (g/kg)	CACR (mg/planta)
LVD	0,2	24,80	57,58	1,13	2,68	9,28	21,50	13,63	32,04	18,68	65,00	0,70	2,67	9,60	34,79	6,85	23,02
LVD	0,4	27,85	62,08	1,05	2,45	9,33	21,75	13,15	30,54	16,23	45,46	0,60	1,92	8,43	26,81	5,33	15,51
LVD	0,6	24,45	72,30	0,90	2,74	7,58	24,55	14,10	43,18	14,55	56,37	0,68	2,69	8,85	36,51	5,23	20,75
LVD	0,8	31,18	50,03	1,00	1,60	10,25	16,42	10,83	17,52	21,28	43,46	0,70	1,44	9,78	20,43	5,63	11,46
AVA	0,2	17,28	115,98	1,38	9,16	6,03	39,75	10,68	73,77	9,60	86,51	1,65	14,86	8,13	72,74	4,43	39,92
AVA	0,4	15,90	96,54	1,58	9,64	6,68	40,06	12,83	80,24	9,40	94,90	1,63	15,90	8,05	76,82	4,33	42,82
AVA	0,6	18,90	114,91	1,53	9,20	7,03	44,76	11,23	71,67	10,25	104,78	1,65	16,39	7,58	77,15	4,33	43,88
AVA	0,8	17,13	121,86	1,58	11,14	6,88	49,34	8,95	63,17	7,97	79,59	1,50	14,80	6,60	64,56	3,83	38,50
LVA	0,2	16,60	102,79	1,58	10,30	7,73	48,12	5,80	37,98	10,17	77,88	1,53	11,42	8,43	63,45	4,13	30,54
LVA	0,4	13,38	111,12	1,23	10,16	5,60	46,67	6,80	54,89	9,53	97,13	1,63	16,57	8,28	84,36	3,30	33,84
LVA	0,6	16,03	125,69	1,38	10,95	6,95	55,08	6,63	52,07	9,75	95,08	1,40	14,05	7,45	72,93	3,50	34,75
LVA	0,8	14,10	115,23	1,40	11,63	5,95	48,82	6,45	52,59	9,15	100,96	1,55	16,68	8,05	87,52	3,25	36,05

## ANEXO B – SANSÃO-DO-CAMPO

**Tabela 1B** - Médias para sansão-do-campo, em razão da aplicação de N, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de P, K, Ca e Mg

Solo	N (mg/dm <sup>3</sup> )	PTPA (g/kg)	PCPA (mg/planta)	KTPA (g/kg)	KCPA (mg/planta)	CATPA (g/kg)	CACPA (mg/planta)	MGTPA (g/kg)	MGCPA (mg/planta)	PTR (g/kg)	PCR (mg/planta)	KTR (g/kg)	KCR (mg/planta)	CATR (g/kg)	CACR (mg/planta)	MGTR (g/kg)	MGCR (mg/planta)
LVD	50	0,93	4,52	8,38	40,13	15,90	76,99	1,98	9,76	1,93	9,14	7,88	37,24	2,45	11,63	0,85	4,03
LVD	100	0,83	4,57	7,80	42,79	12,77	70,78	1,63	9,01	2,10	12,58	9,43	56,66	2,65	15,54	1,05	6,47
LVD	150	0,83	6,65	8,05	64,23	14,45	115,45	1,70	13,44	1,85	12,72	9,50	65,49	2,40	16,38	1,10	7,68
LVD	200	1,03	10,78	8,15	87,79	15,40	164,72	1,98	21,19	2,65	23,68	7,03	63,65	2,75	25,29	1,03	9,17
AVA	50	1,65	15,07	7,78	69,30	12,28	110,34	1,70	15,63	2,15	11,84	9,85	53,53	3,30	18,25	1,23	6,61
AVA	100	1,53	14,87	7,38	69,55	12,58	119,01	1,95	18,27	1,95	10,47	8,95	47,22	3,20	18,47	0,95	5,03
AVA	150	1,43	14,70	7,75	79,80	11,95	122,55	1,88	19,19	2,30	10,52	9,98	45,80	3,30	15,25	1,35	6,42
AVA	200	1,48	17,80	6,75	82,62	11,93	145,20	2,05	25,12	2,30	11,98	9,53	49,58	3,23	16,86	1,43	7,39
LVA	50	1,43	13,51	6,93	65,28	9,40	88,61	1,10	10,38	1,08	8,00	17,55	127,00	3,25	24,50	1,90	14,24
LVA	100	1,48	17,50	7,15	88,04	9,40	108,97	1,30	15,11	1,03	8,78	16,03	138,05	3,53	30,85	1,63	14,48
LVA	150	1,48	15,65	5,90	61,94	10,13	104,94	1,58	17,15	1,03	8,53	16,30	145,38	3,18	27,48	2,18	19,26
LVA	200	1,33	26,34	6,15	122,65	9,28	183,41	1,48	29,27	1,30	12,13	12,73	126,59	3,18	30,24	1,55	15,52

**Tabela 2B** - Médias para sansão-do-campo, em razão da aplicação de P, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de N, K, Ca e Mg

Solo	P (mg/dm <sup>3</sup> )	NTPA (g/kg)	NCPA (mg/planta)	KTPA (g/kg)	KCPA (mg/planta)	CATPA (g/kg)	CACPA (mg/planta)	MGTPA (g/kg)	MGCPA (mg/planta)	NTR (g/kg)	NCR (mg/planta)	KTR (g/kg)	KCR (mg/planta)	CATR (g/kg)	CACR (mg/planta)	MGTR (g/kg)	MGCR (mg/planta)
LVD	150	14,98	58,55	10,83	41,85	12,60	49,70	1,78	7,05	14,33	40,32	7,23	22,45	2,55	7,29	1,00	3,31
LVD	300	18,55	100,01	7,80	42,79	12,77	70,78	1,63	9,01	11,48	70,28	9,43	56,66	2,65	15,54	1,05	6,47
LVD	450	15,45	164,64	7,10	75,10	13,83	145,90	2,03	21,28	13,93	102,08	8,33	61,17	2,38	17,35	0,95	6,95
LVD	600	16,28	180,77	6,68	73,60	12,25	135,89	1,75	19,07	14,63	110,47	7,80	59,10	2,97	22,72	1,23	9,02
AVA	150	14,47	92,35	8,20	52,17	11,28	72,80	1,78	11,46	15,67	55,49	8,90	33,84	3,33	11,97	1,04	3,76
AVA	300	12,68	115,85	7,38	69,55	12,58	119,01	1,95	18,27	12,68	76,98	8,95	47,22	3,20	18,47	0,95	5,03
AVA	450	16,28	183,47	7,33	79,72	10,10	114,44	1,73	18,38	13,83	67,26	9,30	43,69	3,20	15,30	1,18	5,72
AVA	600	19,48	118,30	9,20	60,17	11,83	76,88	2,40	15,06	14,50	46,30	9,07	31,19	3,23	11,22	0,97	3,36
LVA	150	16,50	170,45	7,73	81,03	10,15	105,96	1,15	11,97	11,75	102,29	18,63	162,64	2,90	25,48	1,93	16,94
LVA	300	16,25	204,26	7,15	88,04	9,40	108,97	1,30	15,11	11,98	103,76	16,03	138,05	3,53	30,85	1,63	14,48
LVA	450	18,73	336,82	6,23	109,38	8,47	147,48	1,17	20,36	11,73	120,01	10,40	105,34	2,85	30,05	1,45	14,78
LVA	600	16,93	286,01	6,88	110,54	9,10	148,39	1,35	21,72	12,78	114,43	10,85	99,65	2,98	26,38	1,48	13,16

**Tabela 3B** - Médias para sansão-do-campo, em razão da aplicação de K, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de N, P, Ca e Mg

Solo	K (mg/dm <sup>3</sup> )	NTPA (g/kg)	NCPA (mg/planta)	PTPA (g/kg)	PCPA (mg/planta)	CATPA (g/kg)	CACPA (mg/planta)	MGTPA (g/kg)	MGCPA (mg/planta)	NTR (g/kg)	NCR (mg/planta)	PTR (g/kg)	PCR (mg/planta)	CATR (g/kg)	CACR (mg/planta)	MGTR (g/kg)	MGCR (mg/planta)
LVD	50	14,75	117,99	1,00	8,00	17,05	135,46	1,90	15,04	13,68	77,40	1,80	10,06	2,30	12,85	3,65	20,80
LVD	100	18,55	100,01	0,83	4,57	12,77	70,78	1,63	9,01	11,48	70,28	2,10	12,58	2,65	15,54	1,05	6,47
LVD	150	15,15	95,29	1,70	10,83	17,88	111,34	2,15	13,32	13,63	79,62	2,55	15,05	3,10	17,88	0,85	4,94
LVD	200	14,00	99,28	1,25	9,05	14,75	106,62	1,90	13,58	13,35	81,76	2,18	14,39	2,83	18,29	0,75	4,89
AVA	50	15,78	163,42	1,33	14,06	10,68	112,14	2,08	21,59	15,45	96,76	2,00	12,32	3,20	19,40	1,40	7,45
AVA	100	12,68	115,85	1,53	14,87	12,58	119,01	1,95	18,27	12,68	76,98	1,95	10,47	3,20	18,47	0,95	5,03
AVA	150	15,98	209,00	1,30	15,70	10,33	121,33	1,60	19,59	15,28	86,79	2,08	11,33	2,90	16,23	1,25	7,02
AVA	200	17,88	222,02	1,30	15,96	10,63	131,10	1,48	18,18	14,78	98,78	2,10	14,14	2,73	18,18	1,28	8,50
LVA	50	16,00	200,74	1,40	17,25	10,20	127,25	1,65	20,64	12,15	113,95	1,05	9,52	2,80	25,98	2,23	20,52
LVA	100	16,25	204,26	1,48	17,50	9,40	108,97	1,30	15,11	11,98	103,76	1,03	8,78	3,53	30,85	1,63	14,48
LVA	150	16,35	240,11	1,50	21,95	8,75	126,32	1,25	18,20	12,48	131,28	1,23	12,84	3,45	36,70	1,73	17,79
LVA	200	13,68	190,45	1,48	18,83	8,95	114,79	1,23	15,69	12,20	101,75	1,13	9,65	3,25	28,23	1,55	12,88

152

**Tabela 4B** - Médias para sansão-do-campo, em razão da aplicação de Ca, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de N, P, K e Mg

Solo	Ca (cmol./dm <sup>3</sup> )	NTPA (g/kg)	NCPA (mg/planta)	PTPA (g/kg)	PCPA (mg/planta)	KTPA (g/kg)	KCPA (mg/planta)	MGTPA (g/kg)	MGCPA (mg/planta)	NTR (g/kg)	NCR (mg/planta)	PTR (g/kg)	PCR (mg/planta)	KTR (g/kg)	KCR (mg/planta)	MGTR (g/kg)	MGCR (mg/planta)
LVD	0,8	16,68	122,83	1,00	7,35	6,63	48,31	1,98	14,31	14,03	98,80	1,93	13,18	7,27	49,68	0,80	5,55
LVD	1	18,55	100,01	0,83	4,57	7,80	42,79	1,63	9,01	11,48	70,28	2,10	12,58	9,43	56,66	1,05	6,47
LVD	1,2	13,43	99,42	0,90	6,72	7,08	52,78	1,70	12,72	11,63	73,04	2,00	12,54	8,03	50,69	0,70	4,46
LVD	1,4	12,73	92,54	1,18	8,52	6,93	50,69	1,95	14,24	13,70	91,79	1,68	11,26	6,40	42,96	0,83	5,52
AVA	0,8	15,68	166,94	1,45	15,08	7,35	76,96	1,60	16,75	15,23	67,80	2,50	11,29	11,03	49,13	1,40	6,23
AVA	1	12,68	115,85	1,53	14,87	7,38	69,55	1,95	18,27	12,68	76,98	1,95	10,47	8,95	47,22	0,95	5,03
AVA	1,2	15,50	172,25	1,37	14,66	7,60	81,32	1,47	15,22	13,98	67,01	1,95	9,05	9,63	42,00	1,08	5,20
AVA	1,4	16,18	144,81	1,45	12,58	6,98	61,23	1,48	12,99	14,53	80,31	2,48	14,46	11,15	60,96	1,40	8,14
LVA	0,8	16,60	221,29	1,63	20,63	7,13	87,04	1,10	15,24	12,48	126,31	1,13	11,24	16,45	161,30	1,68	17,03
LVA	1	16,25	204,26	1,48	17,50	7,15	88,04	1,30	15,11	11,98	103,76	1,03	8,78	16,03	138,05	1,63	14,48
LVA	1,2	19,45	264,69	1,45	19,45	7,20	97,10	1,35	18,18	12,45	102,03	1,00	8,25	15,15	126,73	1,58	12,95
LVA	1,4	16,03	233,79	1,70	25,62	7,55	112,15	1,70	26,53	11,10	98,37	1,28	11,29	18,15	159,07	2,08	18,15

**Tabela 5B** - Médias para sansão-do-campo, em razão da aplicação de Mg, nos teores na parte aérea (TPA), conteúdo na parte aérea (CPA), teor na raiz (TR) e conteúdo na raiz (CR) de N, P, K e Ca

Solo	Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	NTPA (g/kg)	NCPA (mg/planta)	PTPA (g/kg)	PCPA (mg/planta)	KTPA (g/kg)	KCPA (mg/planta)	CATPA (g/kg)	CACPA (mg/planta)	NTR (g/kg)	NCR (mg/planta)	PTR (g/kg)	PCR (mg/planta)	KTR (g/kg)	KCR (mg/planta)	CATR (g/kg)	CACR (mg/planta)
LVD	0,2	14,50	129,91	1,00	8,70	7,43	67,68	14,53	123,53	14,88	108,37	2,03	14,75	8,08	58,02	2,53	18,29
LVD	0,4	18,55	100,01	0,83	4,57	7,80	42,79	12,77	70,78	11,48	70,28	2,10	12,58	9,43	56,66	2,65	15,54
LVD	0,6	13,63	82,73	1,10	6,46	7,70	46,79	16,93	99,56	10,98	82,44	2,08	15,90	8,08	61,33	3,10	23,54
LVD	0,8	13,83	72,97	1,15	5,96	8,13	42,68	13,33	71,12	14,18	70,37	2,18	10,81	6,05	31,10	2,65	13,24
AVA	0,2	16,00	213,27	1,28	16,10	6,10	78,40	11,80	144,32	17,08	113,00	2,38	15,66	11,10	73,24	2,80	18,57
AVA	0,4	12,68	115,85	1,53	14,87	7,38	69,55	12,58	119,01	12,68	76,98	1,95	10,47	8,95	47,22	3,20	18,47
AVA	0,6	16,58	172,57	1,63	15,65	7,70	73,62	12,40	119,50	15,03	72,61	2,48	11,37	12,00	50,26	3,10	14,22
AVA	0,8	16,75	160,79	1,45	13,44	7,98	73,59	11,28	108,55	13,90	62,67	2,28	10,57	11,15	48,73	2,70	12,35
LVA	0,2	16,00	215,15	1,60	21,59	7,53	102,56	10,60	144,79	11,48	117,07	0,95	9,69	9,28	93,98	2,88	29,08
LVA	0,4	16,25	204,26	1,48	17,50	7,15	88,04	9,40	108,97	11,98	103,76	1,03	8,78	16,03	138,05	3,53	30,85
LVA	0,6	17,88	294,15	1,48	23,69	7,93	128,52	10,63	172,24	11,28	95,86	1,05	8,77	11,55	93,73	3,03	26,47
LVA	0,8	17,38	285,12	1,43	21,95	7,40	115,09	8,70	132,32	10,95	105,64	1,18	11,02	16,33	158,25	3,05	28,97