

KELI CRISTINA DE OLIVEIRA GOMES

**INFLUÊNCIA DA SATURAÇÃO POR BASES E DO FÓSFORO NO
CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE
ANGICO-BRANCO E GARAPA**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2002**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

G633i
2002

Gomes, Keli Cristina de Oliveira, 1975-

Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e nutrição mineral de mudas de angico-branco e garapa / Keli Cristina de Oliveira Gomes. – Viçosa : UFV, 2002.
68p. : il.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Angico-branco - Nutrição mineral. 2. Grápia - Nutrição mineral. 3. Angico-branco - Crescimento - Efeito da calagem. 4. Grápia - Crescimento - Efeito da calagem. 5. Angico-branco - Crescimento - Efeito do fósforo. 6. Grápia - Crescimento - Efeito do fósforo. 7. *Anadenanthera colubrina*. 8. *Apuleia leiocarpa*. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD. 634.91613

KELI CRISTINA DE OLIVEIRA GOMES

**INFLUÊNCIA DA SATURAÇÃO POR BASES E DO FÓSFORO NO
CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE MUDAS DE
ANGICO-BRANCO E GARAPA**

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

Aprovada em 22 de agosto de 2002.

Prof. Nairam Félix de Barros
(Conselheiro)

Prof. Júlio César Lima Neves
(Conselheiro)

Prof^a. Janice Guedes de Carvalho

Prof. Herly Carlos Teixeira Dias

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Jeová Deus, o Criador, por ter me concedido saúde e disposição para realizar este trabalho.

Ao meu querido marido, pelo seu incondicional apoio e por ser sempre o meu “porto seguro”.

À minha irmã Karine, pelo incentivo constante e por dividir não só o seu espaço, mas também a sua vida comigo.

Ao meu “pequeno príncipe”, João Vitor, por ser uma fonte inesgotável de alegria para mim.

Aos meus “inseparáveis” amigos, Cristina Schetino Bastos, Luís Eduardo Firmino e Zilda Romanoviski, pelo encorajamento e pela sua amizade.

À Elizimar, por ser uma grande amiga.

Ao professor Haroldo, pela sua acessível orientação.

Ao professor Nairam, por ter cedido o laboratório de Solos Florestais para realização das análises e ao professor Júlio, pelas valiosas sugestões.

Aos funcionários do Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal (DEF), Senhor Sebastião, Senhor João, Maurício, Wantuil, Geraldo Magela e Ana, por serem sempre tão prestativos.

Aos funcionários do laboratório de Sementes Florestais, Mauro, Leacir, Machado, “Márcio”, e também ao professor. Eduardo, por terem me recebido tão bem e cedido seus equipamentos para o preparo das amostras.

Aos laboratoristas José Alberto e José Roberto, pela agradável companhia durante a realização das análises químicas.

Ao estagiário César, pela sua ajuda.

Ao amigo Fábio Henrique de Oliveira Tavares, pelas análises estatísticas e também pelos sábios conselhos.

Ao Sérgio Ricardo Silva, pelo coleguismo, num momento crucial do meu trabalho.

Ao José Luís, pela ajuda e esclarecimento das dúvidas.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal (DEF), Ritinha, Fred e Chiquinho, por serem sempre tão prestativos.

À Universidade Federal de Viçosa e, em especial, ao Departamento de Engenharia Florestal, pelo apoio em todas as etapas deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da Bolsa.

BIOGRAFIA

Keli Cristina de Oliveira Gomes, filha de Wander Gomes de Oliveira e Maria das Graças de Oliveira Gomes, nasceu no dia 20 de dezembro de 1975, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Em 1992, concluiu seus estudos secundários no Colégio “Marista”, na cidade de Patos de Minas, MG.

Em março de 1993, iniciou o curso de graduação em Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, sendo o mesmo concluído em dezembro de 1997.

Em agosto de 2000, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal na mesma Instituição.

ÍNDICE

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 - Necessidade de calagem.....	3
2.2 - Descrição silvicultural das espécies estudadas.....	5
2.2.1 - Angico-branco.....	5
2.2.2 - Garapa.....	6
2.3 - Resposta ao uso de fertilizantes e corretivos em diferentes espécies florestais.....	7
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1 - Crescimento, produção de matéria seca e relação raiz/parte aérea das plantas de Angico-branco e Garapa, conforme a disponibilidade de P, nas diferentes saturações por bases.....	15
4.1.1 - Angico-branco.....	15
4.1.2 - Garapa.....	23
4.2 - Composição mineral das mudas de Angico-branco e Garapa.....	32
5 - RESUMO E CONCLUSÕES.....	53
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
APÊNDICE.....	61

RESUMO

GOMES, Keli Cristina de Oliveira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2002. **Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento e nutrição mineral de mudas de angico-branco e garapa.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Conselheiros: Nairam Félix de Barros e Júlio César Lima Neves.

A Mata Atlântica, Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988, é o bioma mais debatido e conhecido do Brasil. Possui uma grande estrutura legal de proteção, nos níveis federal, estadual e municipal. Já cobriu cerca de 1 milhão de km² e hoje está reduzida a 10% da área original. Atualmente, os programas de revegetação e/ou recuperação têm buscado explorar o potencial de espécies nativas, por estas se adaptarem melhor às condições edafoclimáticas e facilitarem o restabelecimento do equilíbrio entre a fauna e a flora. Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho inicial das espécies angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan) e garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride), em condições diferenciadas de disponibilidade de fósforo no solo e de saturação por bases. Os tratamentos foram representados por um fatorial de 6 níveis de P (0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg/dm³) por 5 níveis de saturação por bases (original (24%), 40, 50, 60 e 70%), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. A unidade experimental constituiu-se de um vaso de polietileno rígido, contendo cada um, 2 quilos de solo. Além dos tratamentos acima citados, realizou-se uma adubação básica com N, K, S e micronutrientes, e ainda três adubações nitrogenadas aos 35, 70 e 105 dias após a semeadura. Aos 120 e 170 dias

após a semeadura, para a garapa e para o angico-branco, respectivamente, foram feitas medições de altura e diâmetro do coleto de todas as plantas, encerrando-se o experimento. As plantas foram colhidas, separadas em parte aérea e raiz, secas em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura próxima a 70°C até atingir peso constante, pesadas e moídas, sendo, posteriormente, analisadas quimicamente. A adição da mistura corretiva ao substrato não apresentou resposta significativa por parte das espécies estudadas. Essa falta de resposta pode estar relacionada ao fato de que os teores de Ca ($0,9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e de Mg ($0,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), contidos no solo utilizado, tenham sido suficientes para suprir as necessidades das plantas nesta fase. Por outro lado, observou-se que, tanto o angico-branco como a garapa respondem positivamente à aplicação de P. Considerando-se a saturação por bases de 40%, as doses de P que proporcionaram 90% de produção máxima, com base na produção de matéria seca da parte aérea, foram de $127 \text{ mg}/\text{dm}^3$ para o angico-branco e de $191 \text{ mg}/\text{dm}^3$ para garapa. Os níveis críticos de P no solo, pelo extrator Mehlich-1, foram de 13,9 e 32,5 mg/dm^3 e na parte aérea de 0,14 e 0,15 dag/kg , para o angico-branco e para garapa, respectivamente.

ABSTRACT

GOMES, Keli Cristina de Oliveira, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2002. **Influence of basis saturation and phosphorus on the growing and mineral nutrition of angico-branco and garapa seedlings.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Committee Members: Nairam Félix de Barros e Júlio César Lima Neves.

The Atlantic Forest, national property according to the Federal Constitution of 1988, is the most known and debated biome of Brazil. It has a huge legal structure of protection, in the federal, state and municipal levels. It already covered 1 million of km² and nowadays it is reduced to 10% of its original area. Currently, the re-vegetation and/or recuperation programs have been trying to explore the potential of native species due to their ability of better adaptation to the climatic conditions, facilitating the re-establishment of equilibrium between fauna and flora. This study had aimed to evaluate the performance of the species garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride) and angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan), natives of the woodland of Minas Gerais, under different conditions of phosphorus availability and variable levels of basis saturation. The treatments were represented by a factorial of 6 (P doses: 0, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/dm³) by 5 (percentage of basis saturation: original, 40, 50, 60 and 70%) being designed in randomized blocks with five replications. The experimental plots were represented by vases of 2 Kg of capacity full of soil. Besides the treatments described above, each vase received a basic fertilization with N, K, S, micro nutrients, and three additional nitrogen fertilizations (35, 70 and 105 days after sowing). 120 and 170 days

after sowing, it was measured the stalk height and diameter of all "garapa" and "angico-branco" plants, respectively, finishing the experiment. The plants were harvested, separated into shoot and root, dried in oven with forced air circulation at mean temperature of 70°C until the samples reached constant weight, weighted and minced, being later on chemically analyzed. The addition of corrective mix to substrate did not show significant response on the species studied. This absence of response can be related to the fact that the levels of Ca ($0,9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) and Mg ($0,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) in the soil used, might be efficient to supply the needs of the plants in that phase. However, it was observed that "angico-branco" and "garapa" responded positively to P fertilization. P doses that led to 90% of the maximum dry matter production were $127 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (angico branco) and $191 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (garapa), on the basis saturation of 40%. The critical P level to "angico-branco" and "garapa" were $13,9$ and $32,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ on the soil and $0,14$ and $0,15 \text{ dag}/\text{kg}$ on the shoot, respectively.

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica, declarada “Patrimônio Nacional” pela Constituição Federal de 1988, é o bioma mais debatido e conhecido do Brasil. Possui uma grande estrutura legal de proteção, nos níveis federal, estadual e municipal. Já cobriu cerca de um milhão de km² e hoje está reduzida a 10% da sua área original (BRANDÃO, 1997). A cobertura florestal da Zona da Mata de Minas Gerais é formada por pastagens e campos de cultivos com fragmentos florestais nativos esparsamente distribuídos (MEIRA NETO e SILVA, 1995).

A maioria das espécies florestais, que ocorrem na Mata Atlântica, apresenta de média a alta demanda nutricional. Sendo assim, a prática de adubação tem sido fundamental, não só para a produção de mudas de boa qualidade silvicultural, mas também para que as plantações florestais alcancem níveis adequados de crescimento no campo (GONÇALVES et al., 2000). Segundo os mesmos autores, devido à grande diversidade de espécies, conseqüentemente, de exigências nutricionais diferenciadas, as recomendações de adubação no campo têm sido realizadas no sentido de assegurar o suprimento de nutrientes para as espécies mais exigentes, de forma que as demais espécies também tenham suas demandas nutricionais atendidas.

Na região de Viçosa, como na maior parte do Brasil, as áreas reflorestadas são ocupadas, principalmente, por espécies do gênero *Eucalyptus* (CARMO et al., 1990). Algumas espécies nativas possuem características interessantes, por isso merecem maiores estudos (DIAS et al., 1991a). E dado ao crescente processo de devastação das áreas de nascentes

e das matas ciliares, juntamente com a necessidade de reflorestamento em solos com características químicas diferentes, o conhecimento sobre as demandas nutricionais das espécies utilizadas para estas finalidades, entre outras, é de fundamental importância (FERNANDES et al., 2000; FURTINI NETO et al., 2000).

Segundo Parrota (1992), citado por FARIA et al. (1995), os programas de revegetação têm buscado explorar o potencial de espécies nativas, por estas se adaptarem melhor às condições edafoclimáticas e facilitarem o restabelecimento do equilíbrio entre a fauna e a flora. Outro aspecto a ser considerado, refere-se à importância das florestas nativas no contexto da produção de madeira e da conservação ambiental (DUBOC et al., 1996). Logo, pesquisas que visem avaliar o comportamento de espécies florestais que possam apresentar bom desempenho na região e que possuam características interessantes a diversas finalidades de uso, são de grande valia. Neste sentido, trabalhos como o de MEIRA NETO (1997a), que realizou a caracterização florística, estrutural e ambiental de estratos arbóreos e herbáceo-arbustivo de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, podem embasar, em parte, estudos desta natureza.

É sabido que o fósforo é um dos elementos mais limitantes à produção das culturas em condições de solos tropicais, devido à característica de “solo-dreno” que estes apresentam (NOVAIS e SMYTH, 1999). A maioria das terras destinadas ao reflorestamento apresenta baixa disponibilidade de fósforo, além disso, para a produção de mudas é comum o uso de substratos compostos de solos advindos destas mesmas áreas. Sendo assim, este elemento torna-se restritivo à produção de mudas de boa qualidade (NOVAIS et al., 1990).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de níveis de saturação por bases e doses de fósforo sobre o crescimento e a nutrição mineral das espécies angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan) e garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride), uma vez que as mesmas foram listadas como mais importantes (IVI), em pelo menos três matas mesófilas estudadas fitossociologicamente em Minas Gerais (MEIRA NETO et al., 1997b).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Necessidade de calagem (NC)

A grande maioria dos solos de Minas Gerais, mesmo dotados de boas propriedades físicas, apresenta, em geral, características químicas inadequadas, tais como: elevada acidez, altos teores de Al trocável e deficiência de nutrientes, especialmente de Ca, de Mg e de P (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999).

De acordo com VALE et al. (1995), dentre os benefícios de uma correta prática da calagem, destacam-se: diminuição da toxidez de H^+ , Al^{3+} e Mn^{2+} ; aumento da mineralização da matéria orgânica, conseqüentemente aumentando a disponibilidade de nutrientes, notadamente N, S, P e B; aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio, por adição direta ao solo; aumento da disponibilidade de fósforo e molibdênio, presentes em formas fixadas e de menor disponibilidade no solo; estímulo à atividade microbiana; aumento da CTC do solo; aumento da eficiência da adubação e por fim o aumento da preservação de áreas de floresta ou menos vocacionadas para a agricultura, em face da necessidade de menor área para a mesma produção. PASSOS (1994), acrescenta, ainda, que a calagem promove a formação de sistemas radiculares mais extensos, favorecendo melhor aproveitamento de água e nutrientes existentes no solo, constituindo-se, assim, em prática fundamental para a melhoria do ambiente radicular das plantas (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999).

O material corretivo mais utilizado na neutralização da acidez dos solos é o calcário. O carbonato de cálcio é um sal de baixíssima solubilidade, mas a pequena dissolução que ocorre em presença de CO_2 é suficiente para desencadear uma série de reações que resultam na neutralização da acidez do solo. O calcário neutraliza a acidez, representada por H e Al, deixando o solo com cálcio no lugar dos cátions de caráter ácido. O alumínio é precipitado como hidróxido de alumínio e o CO_2 é desprendido. É importante notar que essa reação não é reversível e que a velocidade de reação do calcário depende do grau de acidez do solo, da granulometria do corretivo e do grau de intimidade da mistura do calcário com o solo (RAIJ, 1991).

Se a vários solos forem adicionadas quantidades crescentes de CaCO_3 e for medido o pH resultante após algum tempo de incubação, são obtidas curvas de neutralização, sendo importante salientar que os solos diferem nas necessidades de CaCO_3 , para que seja obtido um mesmo valor de pH. Assim, diz-se que os solos diferem em poder tampão, que é a resistência que eles apresentam na variação do pH pela adição de pequenas quantidades de bases (RAIJ, 1991).

O fator capacidade ou “poder tampão” de fósforo (FCP) pode ser comparado às alterações da acidez, pela aplicação de calcário em solos com diferentes valores de poder tampão da acidez. Para uma mesma dose de P, aplicada (Q) em solo arenoso, o aumento do P em solução (I) será maior que em solo argiloso, este com maior FCP. Assim, o maior poder tampão dos solos argilosos que resiste a perdas de nutrientes resiste, igualmente, a ganhos. Nos solos mais arenosos, a menor resistência a perdas provoca, igualmente, menor resistência a ganhos, mantendo os nutrientes mais disponíveis para as plantas (caso particular do P). Portanto, há nos solos mais argilosos, predomínio do dreno-solo sobre o dreno-planta, pelo que se adiciona como fertilizantes e corretivos, ao passo que nos arenosos o dreno predominante tende a ser a planta (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Os critérios de recomendação de calagem são variáveis e o próprio conceito da necessidade de calagem irá depender do objetivo dessa prática. Assim, a necessidade de calagem é a quantidade de corretivo necessária para diminuir a acidez do solo, de uma condição inicial até um nível desejado. Para estimar a necessidade de calagem (NC), ou seja, a dose de calcário a ser

recomendada, são usados em Minas Gerais dois métodos, com base em dois conceitos amplamente aceitos, para os solos do Estado, por técnicos especialistas em fertilidade do solo. São eles: “Métodos da neutralização da acidez trocável e da elevação dos teores de Ca e de Mg trocáveis” e o “Método da Saturação por Bases”. No método da saturação por bases, considera-se a relação existente entre o pH e a saturação por bases (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999).

A saturação por bases expressa a parte da CTC ocupada por cálcio, magnésio, potássio e sódio, e seria de se esperar uma relação de seus valores com o pH. Essa relação, muito estreita, tem sido demonstrada em inúmeros trabalhos e regiões do mundo (RAIJ, 1991). Segundo o mesmo autor, a grande vantagem da determinação da necessidade de calagem para a elevação da saturação por bases está na flexibilidade de adaptação para diferentes culturas, de acordo com a exigência destas. Além disso, a comparação dos valores de pH com os de saturação por bases permite um controle bastante eficiente dos resultados de laboratório.

2.2 - Descrição silvicultural das espécies estudadas

2.2.1 - Angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan)

Árvore da família Leguminosae - Mimosoideae, com altura variando de 12 a 15 m e diâmetro entre 30 e 50 cm. É particularmente freqüente nas regiões mais altas da encosta atlântica, nos estados do RJ e SP. Produz, anualmente, grande quantidade de sementes viáveis (LORENZI, 1992).

O angico-branco é uma espécie secundária inicial, formando às vezes capões puros. Ocorre, naturalmente, em solos de boa disponibilidade hídrica, férteis e profundos, com textura arenosa a franca e bem drenados, porém, também em solos rasos e pobres (CARVALHO, 1994).

Apresenta crescimento de moderado a rápido, atingindo produtividade de até 31 m³/ha/ano. Sua madeira apresenta grande durabilidade quando exposta, podendo ser utilizada em tacos, marcenaria, obras internas, construção civil e naval, dentre outros (CARVALHO, 1994). Essa espécie pode ser usada, ainda, no controle à erosão e para melhoramento de solos

(SANTOS, 1987). Além disso, apresenta propriedades medicinais de uso popular, sendo básico em algumas fórmulas de xarope farmacêutico. A casca é amarga e tem propriedades hemostáticas, adstringentes e depurativas (CARVALHO, 1994).

Segundo LORENZI (1992), a espécie pode ser aproveitada para a arborização de parques e praças e para o plantio em florestas mistas destinadas à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente.

2.2.2 - Garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride)

Árvore da família Leguminosae - Caesalpinoideae, com 25 a 35 m de altura e 60 a 90 cm de diâmetro. Apresenta crescimento de lento a moderado, ocorrendo desde o Estado do Pará até o Rio Grande do Sul, em floresta pluvial (LORENZI, 1992).

A garapa é uma espécie que apresenta comportamento de pioneira indiferente à secundária tardia, possuindo regeneração abundante nas florestas secundárias, povoando com facilidade as capoeiras e roças abandonadas. É encontrada também, em campos, terras cultivadas, cafezais abandonados e pastagens, onde forma, regra geral, gregarismo, constituído por aglomerados de muitas árvores de todas as idades. É considerada padrão de terrenos secos e profundos, sempre encontrada nos lugares altos (CARVALHO, 1994).

A produção de sementes mostra-se irregular, sendo necessário dois ou mais anos para se obter uma safra regular ou satisfatória. As sementes possuem dormência tegumentar, sendo recomendados os tratamentos como: a) imersão em água quente a 80°C fora do aquecimento, seguida de repouso por 12 horas na mesma água, para embebição; b) escarificação mecânica ou c) escarificação em ácido sulfúrico a 75% por cinco minutos. A semeadura pode ser realizada diretamente no local definitivo, usando três sementes. A germinação inicia-se entre 10 a 30 dias. Sem tratamento pré-germinativo adequado, pode levar até 80 dias germinando (CARVALHO, 1994).

A madeira é empregada em marcenaria, tanoaria, esquadrias, carrocerias, trabalhos de torno para construção civil, como vigas, ripas, caibros, tacos e tábuas para assoalhos, para usos externos, como postes, moirões, dormentes, vigas de pontes, esteios, etc (LORENZI, 1992).

A garapa é recomendada para arborização de praças públicas no interior do Estado de São Paulo, suas flores são bastante procuradas pelas abelhas e as folhas são muito apreciadas pelos bugios, pois não é tóxica. É, ainda, espécie recomendada para reposição de mata ciliar para locais sem inundação (CARVALHO, 1994).

2.3 - Resposta ao uso de fertilizantes e corretivos em diferentes espécies florestais

Com o intuito de alcançar o potencial máximo de crescimento e a otimização de insumos, as necessidades nutricionais de algumas espécies florestais, em fase de mudas, têm sido pesquisadas (FERNÁNDEZ et al., 1996). Neste sentido, tem-se dado especial atenção à determinação de níveis críticos de fósforo para diferentes espécies.

De acordo com 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.

Uma série de fatores da planta, do solo e do meio ambiente influenciam a determinação do nível crítico (CARVALHO et al., 1993). Para o eucalipto, por exemplo, na fase de produção de mudas, NOVAIS et al. (1980) concluíram que a aplicação de apenas calagem e superfosfato simples, embora tenha tido efeitos significativos sobre o crescimento, não foi tão eficiente como quando N também foi aplicado. Por outro lado, GONÇALVES et al. (1986) verificaram que a calagem, em solo argiloso, contribuiu para a elevação da concentração crítica de fósforo na parte aérea de mudas de eucalipto. No entanto, a calagem, por aumentar a disponibilidade de fósforo do solo para as mudas, reduziu a eficiência do uso do fósforo absorvido para a produção de matéria seca.

NOVAIS et al. (1982) observaram que o nível crítico de P no solo, para o eucalipto, diminuiu exponencialmente com o aumento da idade da planta. Esta informação resultou no desenvolvimento do conceito de nível crítico de implantação e de manutenção, sendo que os valores dos níveis críticos de manutenção, para este gênero, são significativamente menores do que os de

implantação (NOVAIS et al., 1986). De maneira geral, este comportamento tem sido verificado para diferentes espécies florestais de rápido crescimento, onde a fase de muda demanda em termos relativos, grande disponibilidade inicial de fósforo e, com o desenvolvimento da planta, esta demanda tende a decrescer de maneira acentuada (DIAS, 1996).

Os efeitos da calagem e adubação, no estado nutricional e produção de borracha seca de plantas de seringueira, foram avaliados por VIRGENS FILHO et al. (2001). Os teores foliares de N, P, S, Cu e Zn foram afetados negativamente pela ausência da calagem e da adubação, enquanto que os teores de K, Ca, Mg, B, Fe e Mn não apresentaram diferenças significativas. Essas informações demonstram que apesar de estar sendo cultivada em um solo com baixas concentrações de K, a seringueira mostrou-se eficiente na sua absorção, apresentando teores suficientes desse nutriente nas folhas. A disponibilidade de Ca e Mg às plantas não foi afetada pela acidez do solo, e a maior produção de borracha seca foi obtida com a aplicação de K na presença de N, P e calagem.

Outras espécies florestais, em fase de mudas, também já foram estudadas. Entre elas, o taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel), que apresentou resposta positiva (de tendência quadrática) à aplicação de P ao substrato e ausência de resposta à aplicação de calcário. A absorção de Ca e Mg pela planta foi dependente do nível de P disponível no solo (DIAS et al., 1991a). Para o jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem), as mudas apresentaram resposta quadrática às doses de P e K, para o crescimento em altura e diâmetro do coleto e, ainda de P, para o peso de matéria seca total. A resposta das plantas à adição de S e de calcário foram negativas (REIS et al., 1997).

Para a *Acacia mangium* Willd., observou-se resposta positiva (linear) na produção de matéria seca total com a aplicação de P ao solo. No entanto, não houve resposta à adição de calcário. A produção de matéria seca total mostrou resposta positiva e quadrática à adição de N ao solo, e negativa à adição de K, enquanto que a absorção de Ca e de Mg foi dependente das doses de P aplicadas ao solo (DIAS et al., 1990, 1991b).

De maneira similar, BALIERO et al. (1995) trabalhando com a espécie *Acacia holocericca* A. Cunn., obtiveram resposta significativa à adição de

fósforo e não significativa à calagem, mas em contrapartida as plantas responderam à adição de K e de S ao substrato. Por outro lado, para *Mimosa tenuiflora* Poir. a resposta à aplicação de fósforo variou em função do nível de calagem, mostrando ter havido interação positiva entre os fatores. A aplicação de diferentes doses de fósforo, de potássio e de enxofre ao substrato de plantio proporcionou aumento na produção de matéria seca das mudas (FERNÁNDEZ et al., 1996).

Em espécies como o cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), jacaré (*Piptadenia gonoacantha* Macbride), pau-ferro (*Caesalpineia ferrea* Mart.) e canafístula (*Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn.), estudadas por RENÓ et al. (1993) e ainda óleo copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), relatada por DUBOC et al. (1996), verificou-se que o P, S, N e também o Ca, no caso desta última, foram altamente limitantes para o crescimento inicial das plantas, indicando que é de fundamental importância a aplicação de fertilizantes capazes de fornecer esses nutrientes em solos com baixa disponibilidade dos mesmos. Do mesmo modo, para o angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), em um solo argiloso com teor de P igual a 1 mg/kg, verificou-se elevada resposta à adição de pequenas doses de P, não sendo necessária a aplicação de doses superiores a 30 mg/kg de P no solo (FARIA et al., 1995).

Outro aspecto importante, observado por FERNANDES et al. (2000), é o comportamento distinto das espécies florestais em relação à fertilização fosfatada, sugerindo o aproveitamento dessas diferenças na alocação das espécies, em solos com diferentes características em termos de fertilidade. Neste trabalho, os mesmos autores, utilizando três espécies florestais: aroeirinha (*Schinus terenbinthifolius* Raddi), paineira (*Chorisia speciosa* St. Hill) e jambolão (*Syzygium jambolanum* Lam.), concluíram que a paineira é mais eficiente na absorção do fósforo do que a aroeirinha e o jambolão. Portanto, em termos práticos, a paineira, em comparação com a aroeirinha e o jambolão, é uma espécie que poderia ser alocada em solos com distintos níveis de P, uma vez que seu crescimento foi superior ao das demais sob baixas e altas doses deste elemento.

FURTINI NETO et al. (1999) avaliaram os efeitos da calagem no crescimento de quinze espécies florestais, pertencentes aos grupos ecológicos de plantas pioneiras, secundárias e clímax. Observou-se que as espécies

pioneiras e secundárias, crescidas em solo corrigido, apresentaram alto conteúdo de Ca, Mg e P além de baixa eficiência de uso de Ca e Mg; contrariamente, a eficiência de uso de P foi elevada. O conteúdo de Ca, Mg e P, nas espécies clímax, praticamente não foi afetado pela correção do solo. As espécies clímax, em comparação com as pioneiras e secundárias, foram menos eficientes na utilização de P e, principalmente, Ca e Mg.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Viveiro de Pesquisa do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa.

Os tratamentos foram representados por um fatorial de 6 níveis de P (0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg/dm³), por 5 níveis de saturação por bases (original (24%), 40%, 50%, 60% e 70%), sendo dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. A parcela experimental foi constituída por um vaso de polietileno rígido, contendo cada um, dois quilos de solo. As espécies utilizadas foram garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbride) e angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan).

Como substrato, utilizou-se uma amostra retirada da camada de 0-20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, retirado de uma área próxima à região de Viçosa - MG. Sendo, posteriormente, seco ao ar, peneirado (malha de 4 mm de diâmetro) e destinado ao enchimento dos vasos. Deste solo, coletou-se uma amostra que foi caracterizada física (argila= 45%; silte= 9%; areia grossa= 21% e areia fina= 25%) e quimicamente (Quadro 1). A seguir, o solo recebeu cinco níveis de calagem, de acordo com o método de elevação da saturação por bases, ou seja: 0 (saturação por bases em condições naturais) e elevação da saturação por bases para 40, 50, 60 e 70%, utilizando-se da seguinte fórmula para cálculo:

$$NC \text{ (t/ha)} = (V_2 - V_1) T/100$$

onde:

NC = necessidade de calagem (toneladas/ hectare);

V₂ = percentagem de saturação por bases desejada;

V_1 = percentagem de saturação por bases do solo, conforme análise;

T = CTC a pH 7,0.

O corretivo consistiu numa mistura de CaCO_3 e MgCO_3 , na relação estequiométrica de 4:1. Após a aplicação do corretivo, seguiu-se um período de incubação de 30 dias, sendo que o teor de umidade foi mantido próximo à capacidade de campo, inclusive para a porção que não recebeu calcário.

As fontes de P utilizadas foram $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e KH_2PO_4 . Juntamente com o fósforo, realizou-se uma adubação básica, aplicada dois dias antes da semeadura, que consistiu na aplicação por solução, de 100 mg/dm^3 de N, 100 mg/dm^3 de K e de 40 mg/dm^3 de S, pelo emprego de NH_4NO_3 , KCl e K_2SO_4 conforme sugerido por PASSOS (1994); e ainda de uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = $0,81 \text{ mg/dm}^3$ (H_3BO_3), Mn = $3,66 \text{ mg/dm}^3$ ($\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Zn = $4,00 \text{ mg/dm}^3$ ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Cu = $1,33$ ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e Mo = $0,15$ ($(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), de acordo com ALVAREZ V. (1974). Após aplicação, procedeu-se à mistura das soluções com o solo das unidades experimentais.

Foram realizadas, também, mais três adubações nitrogenadas, aos 35, 70 e 105 dias após a semeadura, na dose de 20 mg/dm^3 de N, por aplicação, utilizando como fontes do elemento, nas duas primeiras épocas, o NH_4NO_3 e, na última, o KNO_3 . Nessa última aplicação, juntamente com o N, foram adicionados $55,8 \text{ mg/dm}^3$ de K, conforme sugerido por GARCIA (1986).

Cada vaso plástico recebeu cinco sementes, efetuando-se o primeiro desbaste aos 15 dias após a emergência, deixando-se duas plantas por vaso. E após 30 dias, um segundo desbaste foi realizado, deixando-se apenas uma muda por vaso, no caso do angico-branco.

Durante o período experimental, a umidade do solo foi mantida próxima de 60% da capacidade de campo. A irrigação foi feita utilizando-se de água deionizada, procedendo-se ao monitoramento diário para este controle.

Aos 120 e aos 170 dias após a semeadura, para garapa e para o angico-branco, respectivamente, foram medidos a altura e o diâmetro do coleto de todas as plantas, encerrando-se o experimento. A altura foi medida utilizando-se de régua graduada em centímetros e a medição do diâmetro do coleto foi realizada por meio de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. As plantas foram separadas em raiz e parte aérea, lavadas com água destilada e

secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura próxima a 70°C, até atingir peso constante. Foram, então, pesadas, em balança analítica com precisão de 0,01 g e moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 2 mm de abertura de malha. O material vegetal seco e moído foi mineralizado, pela mistura nítrico-perclórica e nos extratos procedeu-se a determinação de P, Ca, Mg, K, Cu, Mn, Zn e Fe. O fósforo foi dosado por colorimetria, pelo método da Vitamina C (BRAGA e DEFELIPO, 1974), em espectrofotômetro a 725 nm e o potássio por fotometria de chama. O cálcio, magnésio, cobre, manganês, zinco e ferro foram dosados por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1997).

Ao final da experimentação, o solo contido nos vasos foi seco ao ar e peneirado (malha de 4 mm de diâmetro), sendo então destinado à análise do Ca e Mg trocáveis (EMBRAPA, 1997) e de P disponível, pelo Mehlich -1.

Foram ajustadas equações de regressão, para os valores de altura, diâmetro do coleto, peso de matéria seca, bem como de teores e conteúdos de P na parte aérea das plantas, em função das doses de P aplicadas dentro de cada nível de saturação por bases. As doses recomendáveis de P foram aquelas responsáveis pela obtenção de 90% da produção máxima estimada de matéria seca da parte aérea. Substituindo essas doses nas equações obtidas para o P recuperado pelo Mehlich-1, em função do P adicionado, foram obtidos os níveis críticos de P no solo. Já na parte aérea, os níveis críticos de P foram resultantes da substituição das doses recomendáveis nas equações, relacionando os teores de P nessa parte das plantas em função das doses adicionadas.

A eficiência de utilização de P, na parte aérea, foi calculada pelo índice proposto por SIDDIQI e GLASS (1981), definido pela expressão $EU = W^2/Q$, em que: W= matéria seca da parte aérea e Q= quantidade do nutriente na biomassa.

Quadro 1 - Características químicas de uma amostra de Latossolo Vermelho-amarelo, textura argilosa, da Região de Viçosa - MG, utilizado como substrato na produção de mudas de angico-branco e garapa.

pH	P	K	Ca ²⁺ ₊	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B
H ₂ O	mg/dm ³		----- cmol _c /dm ³ -----								- % -	dag/kg	----- mg/dm ³ -----				
5,1	4,8	68	0,9	0,4	0,1	4,6	1,47	1,57	6,07	24	6,0	2,46	1,5	60,4	18,3	0	0,47

pH em H₂O – Relação 1: 2,5

P, K, Fe, Zn, Mn e Cu – Extrator Mehlich-1

Ca, Mg e Al – Extrator: KCl 1,0 mol/L

H+Al – Extrator acetato de cálcio: 0,5 mol/L (pH=7,0)

B – Extrator água quente

SB – Soma de bases trocáveis

CTC (t) – Capacidade de troca catiônica efetiva

CTC (T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0

V – Índice de saturação por bases

m – Índice de saturação de alumínio

MO (Matéria orgânica) = C.org.x 1,724 – Walkley-Black

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Crescimento, produção de matéria seca e relação raiz/parte aérea das plantas de Angico-branco e Garapa, conforme a disponibilidade de P, nas diferentes saturações por bases

4.1.1 - Angico-branco

A adição da mistura corretiva ao substrato não resultou em resposta significativa por parte das plantas. O mesmo comportamento tem sido observado para diferentes espécies florestais com relação à calagem (DIAS et al., 1990, 1991a e BALIERO et al., 1995). Essa falta de resposta pode estar relacionada ao fato de que os teores de Ca ($0,9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e de Mg ($0,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), contidos no solo utilizado, tenham sido suficientes para suprir as necessidades das plantas nesta fase. Por outro lado, em alguns níveis de saturação por bases (V%), a altura, o diâmetro do coleto e o peso de matéria seca da parte aérea das plantas, aos 170 dias após a semeadura, aumentaram com a elevação da dose de P adicionada ao solo.

Devido à alta correlação entre a matéria seca da parte aérea e às características de crescimento, altura e diâmetro do coleto, as tendências em relação à aplicação de P foram bastante semelhantes. Para o crescimento em altura, tal tendência seguiu uma variação quadrática para V=40 e 60% de saturação por bases. Para os demais níveis, não houve resposta significativa à aplicação de P (Figura 1).

Para o diâmetro do coleto houve resposta (quadrática) à aplicação de P apenas para o nível de 40% de saturação por bases (Figura 2). Para a matéria seca da parte aérea ajustaram-se modelos quadráticos para V=40 e 60%. Para os demais níveis de saturação por bases não houve resposta significativa à aplicação de P (Figura 3).

O 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., 1991a), *Cedrela fissilis* (cedro) (GARCIA, 1986), *Chorisia speciosa* (paineira) (FERNANDES et al., 2000) e ainda para *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-Bahia) (REIS et al., 1997).

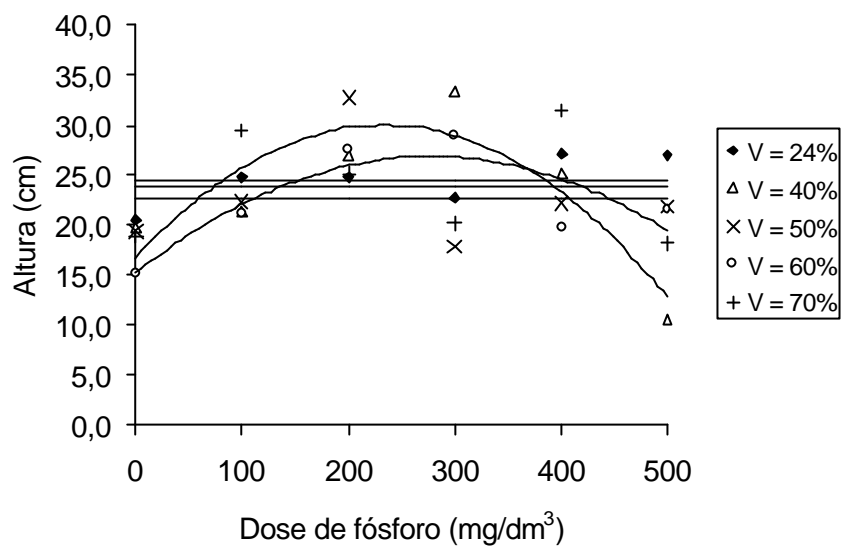


Figura 1 - Altura (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	Y = Y = 24,48	
40	Y = 16,767 + 0,1135**X - 0,0002499**X ²	0,7861
50	Y = Y = 22,69	
60	Y = 15,221 + 0,08360*X - 0,0001505*X ²	0,7291
70	Y = Y = 20,03	

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

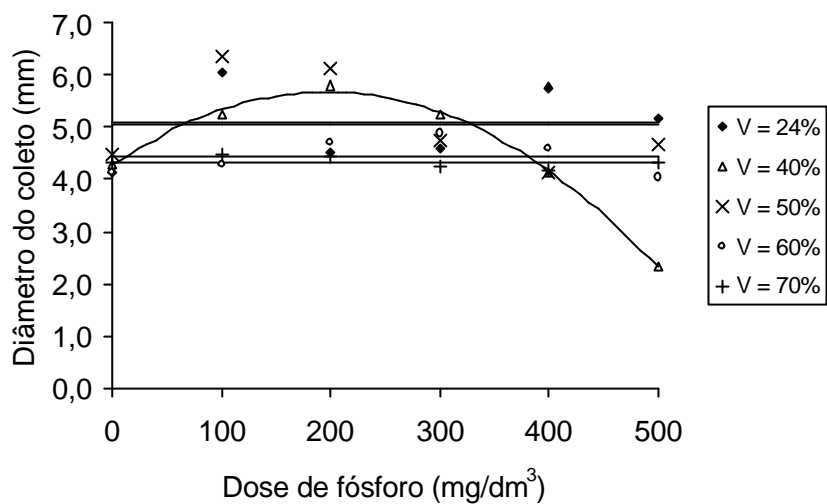


Figura 2 - Diâmetro do coleto (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	Y = Y = 5,04	
40	Y = 4,266 + 0,01445**X - 0,00003677**X ²	0,9969
50	Y = Y = 5,09	
60	Y = Y = 4,45	
70	Y = Y = 4,33	

** Significativo a 1% de probabilidade

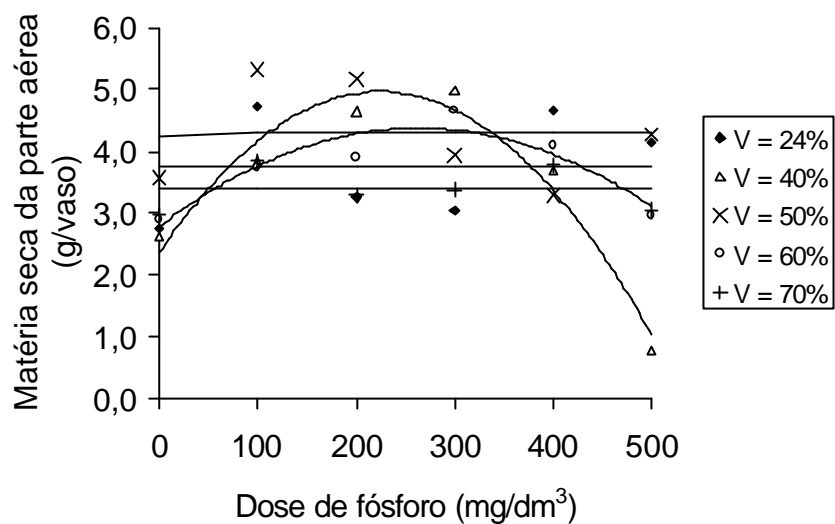


Figura 3 - Matéria seca da parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	Y = Y = 3,76	
40	Y = 2,355 + 0,02326**X - 0,00005182**X ²	0,9544
50	Y = Y = 4,26	
60	Y = 2,786 + 0,01206°X - 0,00002285°X ²	0,8754
70	Y = Y = 3,38	

** Significativo a 1% de probabilidade
 ° Significativo a 10% de probabilidade

Para o angico-branco, a dose de P que proporcionou 90% de produção máxima, com base na produção de matéria seca da parte aérea, foi igual a 127,0 mg/dm³ para o nível de saturação por bases de 40% e 126,0 mg/dm³ para o nível de 60%. De acordo com o modelo ajustado para P recuperado, em função do P adicionado (página 30), a dose que proporcionará esta disponibilidade de fósforo aos 170 dias será de 976,2 mg/dm³ para V=40% e de 1277,3 mg/dm³ para V=60%.

No que diz respeito à produção de matéria seca de raiz, não houve resposta significativa para os níveis de saturação por bases de 24 e 60%. O maior valor estimado (1,91 g/vaso) foi obtido com a dose de, aproximadamente, 5 mg/dm³ de P no nível de saturação por bases igual a 50%. Para V=70%, a produção de matéria seca de raiz seguiu uma variação linear negativa em relação às doses de P (Figura 4). A queda na produção de biomassa de raiz, no mais alto nível de adubação, pode estar relacionada à maior alocação de nutrientes para produção de biomassa da parte aérea (FURTINI NETO, 1994). Esse mesmo comportamento foi observado para a aroeirinha, paineira e o jambolão, ou seja, com o aumento do fornecimento de P, ocorreu sensível aumento na produção de matéria seca da parte aérea em relação à matéria seca de raiz (FERNANDES et al., 2000).

A relação raiz/parte aérea, para o angico-branco, apresentou comportamento bem distinto para os diferentes níveis de saturação por bases, variando entre modelos cúbico raiz (V=24%), raiz quadrático (40%) e lineares negativos (V=50, 60 e 70%), sendo que os maiores valores médios foram obtidos entre as doses de 0 e 100 mg/dm³ de P (Figura 5). Segundo GLASS (1989), a razão entre a biomassa de raízes e a da parte aérea aumenta à medida que diminui o suprimento de nutrientes. Portanto, a sua diminuição está relacionada com uma melhor nutrição de fósforo. O maior valor estimado (0,43 g/g) foi atingido no nível de 40% de saturação por bases, com a dose de 45 mg/dm³ de P. Este valor da razão biomassa de raiz/biomassa da parte aérea é semelhante ao encontrado para *Acacia mangium* (0,50 g/g) (DANIEL et al., 1997). Segundo os mesmos autores, a escolha da dose de fósforo a ser aplicada depende das necessidades na produção de mudas, ou seja, da característica que é mais desejável, como por exemplo, bom equilíbrio entre biomassa de raiz/parte aérea ou se a intenção é obter mudas com tendência a ter a parte aérea mais avantajada em relação ao sistema radicular, ou ainda se for produzir plantas com bom diâmetro do coleto.

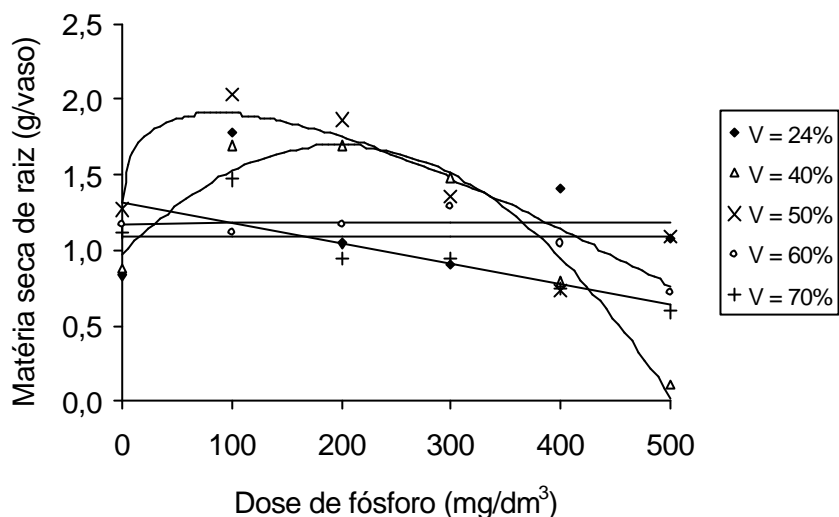


Figura 4 - Matéria seca de raiz (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	Y = 1,18	
40	Y = 0,973 + 0,007279**X - 0,00001836**X ²	0,9598
50	Y = 1,31696 + 0,126386**X ^{0,5} - 0,00676793**X	0,7346
60	Y = 1,09	
70	Y = 1,310 - 0,001351*X	0,6976

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

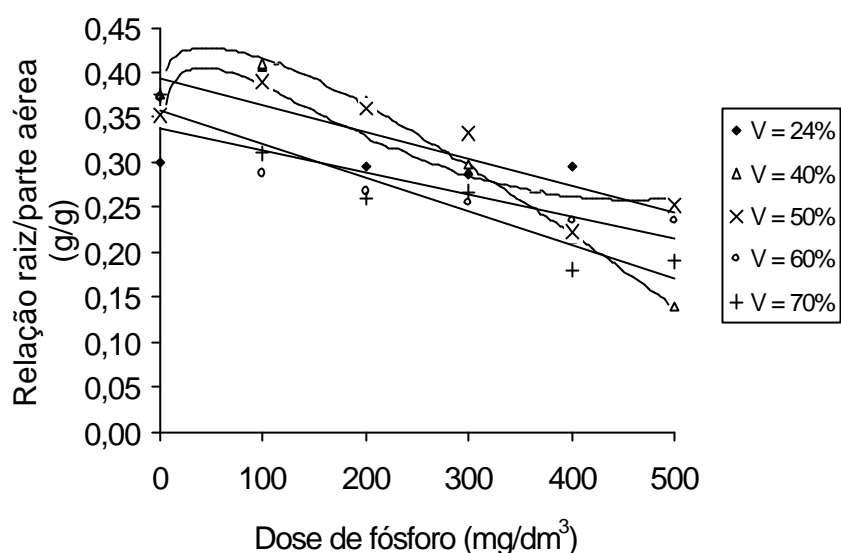


Figura 5 - Relação raiz/parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 0,300 + 0,003645^{\circ}X^{0,5} - 0,003679^{13,0}X + 0,00008807^{20,5}X^{1,5}$	0,8086
40	$Y = 0,374 + 0,01592^{**}X^{0,5} - 0,001181^{**}X$	0,9985
50	$Y = 0,391861 - 0,00029314^{**}X$	0,6975
60	$Y = 0,337 - 0,0002464^{**}X$	0,7954
70	$Y = 0,357 - 0,0003726^{**}X$	0,9086

- ** Significativo a 1% de probabilidade
- * Significativo a 5% de probabilidade
- Significativo a 10% de probabilidade

4.1.2 - Garapa

A adição da mistura corretiva ao substrato não apresentou resposta significativa por parte das plantas de garapa. Provavelmente, os teores originais de Ca e de Mg no solo foram suficientes para suprir as necessidades das plantas nesta fase. Por outro lado, observa-se que, em praticamente todos níveis de saturação por bases, houve resposta significativa à adição de fósforo.

Devido à alta correlação entre a matéria seca da parte aérea e às características de crescimento, altura e diâmetro do coleto, as respostas à aplicação de P, para essas características, foram bastante semelhantes.

A altura, o diâmetro do coleto, o peso de matéria seca da parte aérea e de raiz das plantas de garapa, aos 120 dias após a semeadura, aumentaram, em geral, com a elevação da dose de P adicionada ao solo. Para tais características, ajustaram-se modelos quadráticos, para os níveis de 40 e 50% de saturação por bases e raiz quadráticos para os níveis de 24 e 60% (Figuras 6, 7, 8, 9). Os menores valores de máximos estimados, foram obtidos no nível de saturação por bases igual a 60%. Para o maior nível, ou seja, de 70%, não houve diferença significativa em relação às doses de P aplicadas para a maioria das características avaliadas, com exceção do diâmetro do coleto, onde houve uma variação linear positiva em relação às doses de P.

Para a garapa, a dose de P que proporcionou 90% de produção máxima, com base na produção de matéria seca da parte aérea, variou entre 54,0 mg/dm³ para o nível de saturação por bases de 60% e 191,0 mg/dm³ para o nível de 40%. De acordo com o modelo ajustado para P recuperado, em função do P adicionado (página31), a dose que proporcionará esta disponibilidade de fósforo aos 120 dias será de 277,9 mg/dm³ para V=60% e de 1161,6 mg/dm³ para V=40%.

A relação raiz/parte aérea para todos os níveis de saturação por bases, exceto para o nível de 70%, apresentou resposta negativa à aplicação de fósforo. Portanto, as melhores respostas foram obtidas na dose de 0 mg/dm³ de P, independentemente do nível de saturação por bases (Figura 10). Os modelos que melhor se ajustaram foram os lineares (24 e 40%) e raiz quadráticos (50 e 60%). O maior valor estimado (0,39) foi atingido no nível de 50% de saturação por bases. O decréscimo na relação raiz/parte aérea, com o aumento da disponibilidade de

fósforo, também foi observado para diferentes espécies de eucalipto (FURTINI NETO, 1994). De maneira similar, para copaíba, o fracionamento da matéria seca entre a parte aérea e o sistema radicular, sob a omissão de P e de N, resultou em maior mobilização de reservas para as raízes do que para a parte aérea (DUBOC et al., 1996). Em solos deficientes em nutrientes, como N e P, o crescimento radicular é favorecido (MARSCHNER et al., 1996), como estratégia para extrair o máximo do nutriente presente no solo (CLARKSON, 1985).

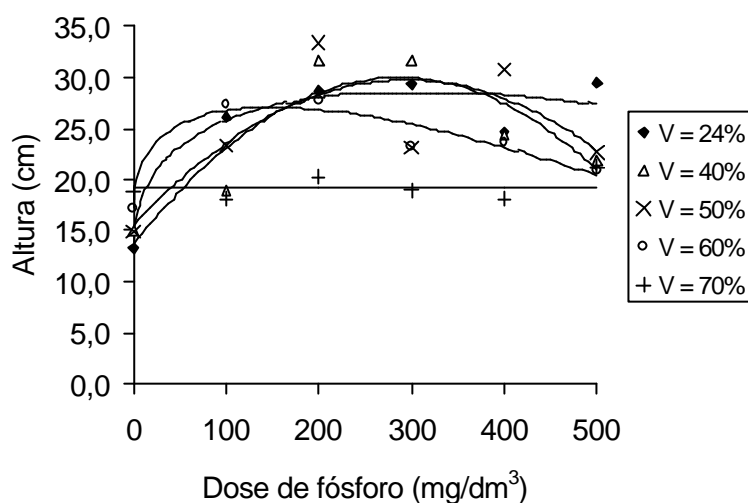


Figura 6 - Altura (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 13,434 + 1,7354 \cdot X^{0,5} - 0,04968^{22,8} X$	0,9007
40	$Y = 13,704 + 0,1137^{**} X - 0,0001984^{**} X^2$	0,8167
50	$Y = 15,576 + 0,09650^{**} X - 0,0001638^{**} X^2$	0,6385
60	$Y = 17,402 + 1,5853 \cdot X^{0,5} - 0,06486 \cdot X$	0,9113
70	$Y = Y = 19,24$	

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

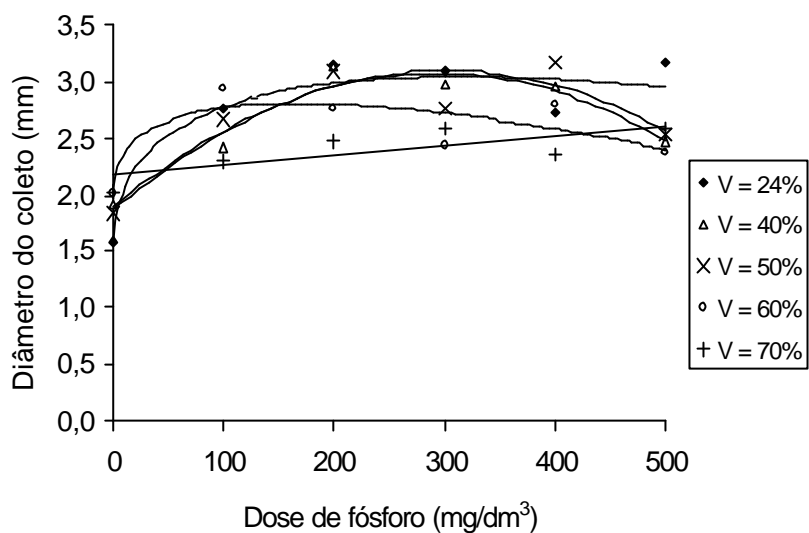


Figura 7 - Diâmetro do coleto (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 1,594 + 0,1656^{**}X^{0,5} - 0,004648^{\circ}X$	0,9059
40	$Y = 1,864 + 0,008314^{**}X - 0,00001419^{**}X^2$	0,9381
50	$Y = 1,898 + 0,007975^{**}X - 0,00001325^{**}X^2$	0,8355
60	$Y = 2,049 + 0,1185^{\circ}X^{0,5} - 0,004592^{17,3}X$	0,7079
70	$Y = 2,177 + 0,0008720^{16,1}X$	0,6006

** Significativo a 1% de probabilidade

° Significativo a 10% de probabilidade

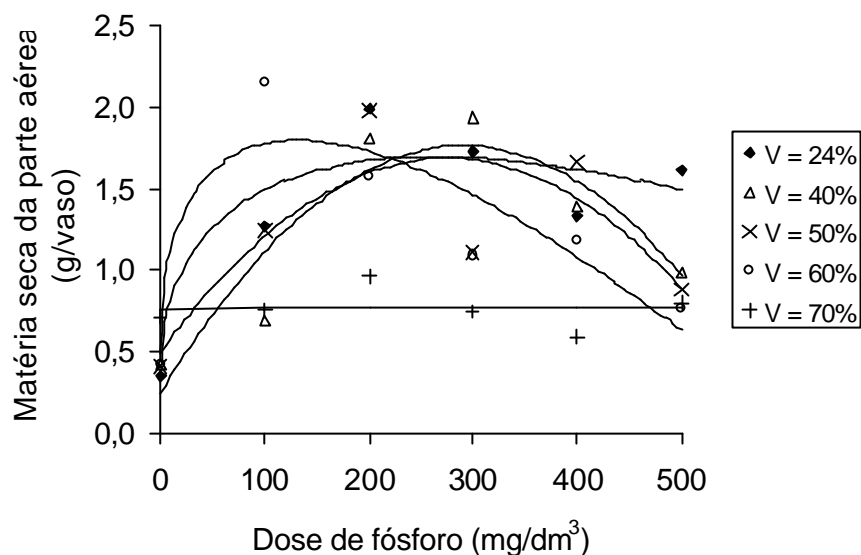


Figura 8 - Matéria seca da parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 0,326 + 0,1686^{\circ}X^{0,5} - 0,005207^{20,5}X$	0,8459
40	$Y = 0,249 + 0,01039^{**}X - 0,00001792^{**}X^2$	0,8378
50	$Y = 0,498 + 0,008657^{**}X - 0,00001578^{**}X^2$	0,6620
60	$Y = 0,494 + 0,2268^{**}X^{0,5} - 0,009881^{**}X$	0,8176
70	$Y = Y = 0,76$	

** Significativo a 1% de probabilidade
 ° Significativo a 10% de probabilidade

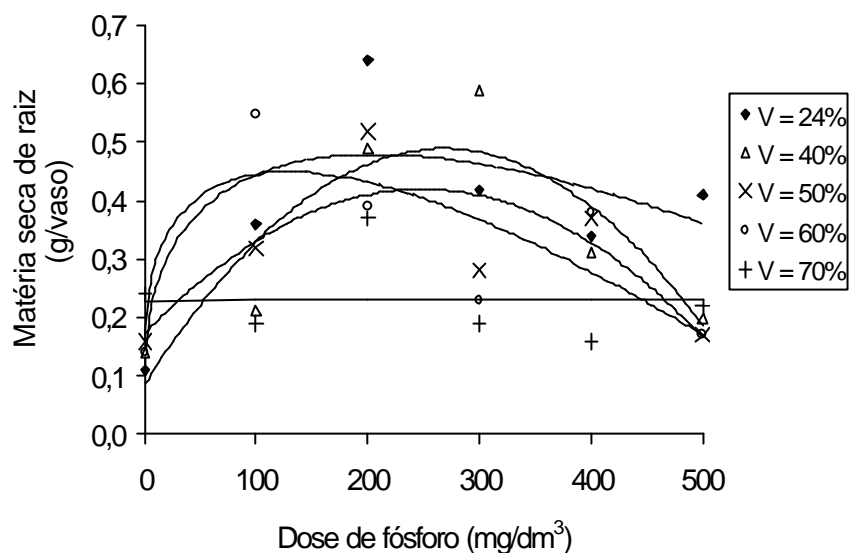


Figura 9 - Matéria seca de raiz (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 0,104 + 0,05229 \cdot X^{0,5} - 0,001823 \cdot X^{16,6}$	0,6968
40	$Y = 0,0919 + 0,002966 \cdot X - 0,000005559 \cdot X^2$	0,7735
50	$Y = 0,169 + 0,001991 \cdot X - 0,000003982 \cdot X^2$	0,6593
60	$Y = 0,156 + 0,05186 \cdot X^{0,5} - 0,002289 \cdot X$	0,6629
70	$Y = 0,23$	

- ** Significativo a 1% de probabilidade
- * Significativo a 5% de probabilidade
- Significativo a 10% de probabilidade

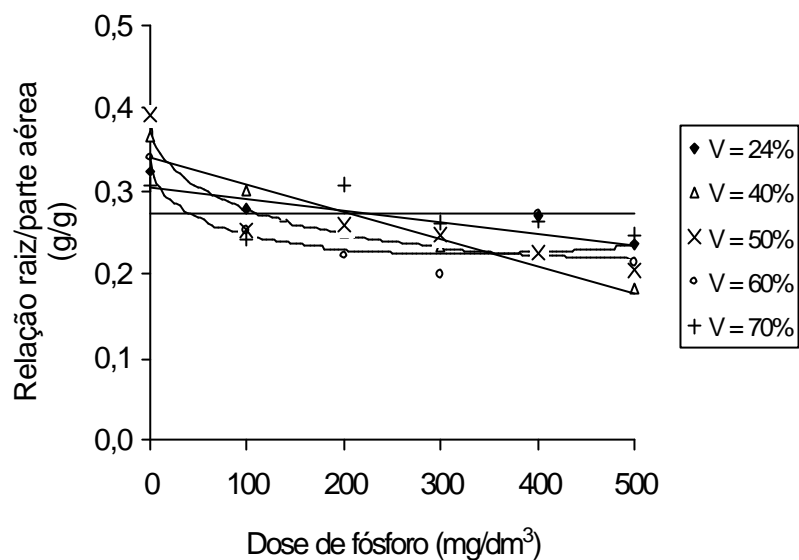


Figura 10 - Relação raiz/parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 0,304 - 0,0001387 \cdot X$	0,6693
40	$Y = 0,343 - 0,0003280 \cdot X$	0,9120
50	$Y = 0,389 - 0,01384 \cdot X^{0,5} + 0,0002782 \cdot X$	0,9453
60	$Y = 0,343 - 0,01326 \cdot X^{0,5} + 0,0003760 \cdot X$	0,7568
70	$Y = 0,27$	

- ** Significativo a 1% de probabilidade
- * Significativo a 5% de probabilidade
- Significativo a 10% de probabilidade

Para o nível de 40% de saturação por bases, as doses de P recomendadas para a obtenção de 90% da produtividade máxima com base na produção de matéria seca da parte aérea foram de 127,0 mg/dm³, para o angico-branco, e de 191,0 mg/dm³, para a garapa. Usando substrato física e quimicamente semelhante ao deste trabalho, REIS et al. (1997) recomendaram a dose de P equivalente a 250 mg/dm³, para produção de mudas de jacarandá-da-Bahia, enquanto que DIAS et al. (1991a) recomendaram 276 mg/dm³ de P, para produção de mudas de taxi-branco e de 460 mg/dm³ para produção de mudas de *Acacia mangium* (DIAS et al., 1990). A variação da dose de P recomendada para as diferentes espécies, indica que tanto o angico-branco como a garapa são plantas de ambiente de baixa fertilidade, quando comparadas, por exemplo, com a *Acacia mangium*.

Os modelos ajustados permitiram a obtenção de níveis críticos de P no solo e na matéria seca da parte aérea (Quadros 2, 3, 4 e 5), para dois e quatro níveis de saturação por bases, para o angico-branco e para a garapa, respectivamente. Para o angico-branco, o nível crítico de P no solo variou de 12,87 a 13,88 mg/dm³ e para garapa de 6,08 a 32,50 mg/dm³. Observa-se que para a garapa, o nível crítico de P no solo variou em função do nível de saturação por bases, enquanto que para o angico-branco praticamente não houve diferença.

O nível crítico de P no solo, relativamente elevado para a fase de formação de mudas, tem sido observado para diferentes espécies florestais, como eucalipto (60 mg/dm³) (GOMES et al., 1982), algaroba (37,9 mg/dm³) (PASSOS, 1994) e para outras leguminosas, como o *Sclerobium paniculatum* (26,1 mg/dm³), *Acacia holocericea* (18,6 mg/dm³) e *Mimosa tenuiflora* (49,5 mg/dm³) (DIAS et al., 1991a; BALIERO et al., 1995; FERNÁNDEZ et al., 1996).

Para os diferentes níveis de saturação por bases, o nível crítico de fósforo na matéria seca da parte aérea, variou de 0,12 a 0,14 dag/kg para o angico-branco e de 0,11 a 0,18 dag/kg para garapa. Esses valores são comparáveis aos obtidos para a *Acacia holocericea* (0,12 a 0,17 dag/kg), nos diferentes níveis de calagem (BALIERO et al., 1995). Sendo que os maiores valores de nível crítico de fósforo, na matéria seca da parte aérea, foram obtidos nos níveis intermediários de calagem tanto para garapa (V=50%) como para a acácia (0,25 NC).

Quadro 2 - Modelos ajustados, para o angico-branco, pela análise de regressão para produção de matéria seca da parte aérea (Mspa), teor de P disponível no solo pelo extrator Mehlich-1 (P-disp.) e teor de P na matéria seca da parte aérea (P-ms), em função das doses de P adicionadas.

Saturação por bases (%)	Variável	Equação	R ²
40	Mspa	$Y = 2,355 + 0,02326^{**}X - 0,00005182^{**}X^2$	0,95
	P-disp.	$Y = -3,032 + 0,1332^{**}X$	0,96
	P-ms	$Y = 0,0852 + 0,0004993^{**}X - 0,0000004738^{14,7}X^2$	0,91
60	Mspa	$Y = 2,786 + 0,01206^{\circ}X - 0,00002285^{\circ}X^2$	0,87
	P-disp.	$Y = 0,484 + 0,09827^{**}X$	0,98
	P-ms	$Y = 0,105 + 0,00006292^{30,6}X + 0,0000006251^{\circ}X^2$	0,93

** , * , ° coeficiente significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 3 - Valores de dose recomendada de fósforo para a obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de angico-branco, em função dos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Dose de P recomendada (mg/dm ³)	Nível crítico de P	
		no solo (mg/dm ³)	na parte aérea (dag/kg)
40	127	13,88	0,14
60	126	12,87	0,12
Média	126,5	13,38	0,13

Quadro 4 - Modelos ajustados, para a garapa, pela análise de regressão para produção de matéria seca da parte aérea (Mspa), teor de P disponível no solo pelo extrator Mehlich-1 (P-disp.) e teor de P na matéria seca da parte aérea (P-ms), em função das doses de P adicionadas.

Saturação por bases (%)	Variável	Equação	R ²
24	Mspa	$Y = 0,326 + 0,1686^{\circ}X^{0,5} - 0,005207^{20,5}X$	0,85
	P-disp.	$Y = -3,382 + 0,1854^{**}X$	0,98
	P-ms	$Y = 0,0868.(1,00362^{**})^X$	0,98
40	Mspa	$Y = 0,249 + 0,01039^{**}X - 0,00001792^{**}X^2$	0,84
	P-disp.	$Y = 1,308 + 0,1633^{**}X$	0,96
	P-ms	$Y = 0,06163.(1,004550^{**})^X$	0,99
50	Mspa	$Y = 0,498 + 0,008657^{**}X - 0,00001578^{**}X^2$	0,66
	P-disp.	$Y = -4,489 + 0,2005^{**}X$	0,97
	P-ms	$Y = 0,093487.(1,00397006^{**})^X$	0,99
60	Mspa	$Y = 0,494 + 0,2268^{**}X^{0,5} - 0,009881^{**}X$	0,82
	P-disp.	$Y = -5,479 + 0,2140^{**}X$	0,98
	P-ms	$Y = 0,096578.(1,0031177^{**})^X$	0,96

** , * , ° coeficiente significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 5 - Valores de dose recomendada de fósforo para a obtenção de 90% da produtividade máxima e de níveis críticos no solo e na parte aérea das plantas de garapa, em função dos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Dose de P recomendada (mg/dm ³)	Nível crítico de P	
		no solo (mg/dm ³)	na parte aérea (dag/kg)
24	109	16,83	0,13
40	191	32,50	0,15
50	172	30,00	0,18
60	54	6,08	0,11
Média	131,5	21,35	0,14

4.2 - Composição mineral das mudas de Angico-branco e de Garapa

Os teores médios de P recuperados pelo extrator Mehlich-1, na maior dose aplicada, foram maiores nos níveis de 40% de saturação por bases para o angico-branco e de 60% para a garapa (Quadro 6). Para os diferentes níveis de saturação por bases, os teores de P recuperado para garapa, foram maiores quando comparados aos do angico-branco. Em alguns casos, este valor foi praticamente duas vezes maior, uma vez que o experimento com a garapa foi encerrado 50 dias antes que o do angico-branco.

O incremento do teor de P na parte aérea, com o aumento das doses aplicadas é conseqüência da maior disponibilidade desse nutriente no solo (Figuras 11 e 12). De maneira geral, o aumento das doses de P aplicadas possibilitou um incremento nos teores desse nutriente na parte aérea tanto do angico-branco, como da garapa. No entanto, nem sempre o aumento do teor foliar reflete na produção de matéria seca e a faixa em que isso ocorre é identificada como zona de alimentação de luxo (MALAVOLTA et al., 1997).

Quadro 6 - Médias para angico-branco e garapa, do teor de P, Ca e Mg no solo, aos 170 e 120 dias após a semeadura, respectivamente.

Tratamentos		Angico-branco			Garapa		
Saturação por bases (%)	Dose P (mg/dm ³)	P (mg/dm ³)	Ca (cmol _c /dm ³)	Mg (cmol _c /dm ³)	P (mg/dm ³)	Ca (cmol _c /dm ³)	Mg (cmol _c /dm ³)
24	0	2,02	1,388	0,464	2,98	1,468	0,484
24	100	8,10	1,360	0,436	11,44	1,434	0,494
24	200	19,22	1,378	0,472	27,38	1,520	0,498
24	300	37,42	1,436	0,506	53,14	1,578	0,558
24	400	43,84	1,404	0,470	71,06	1,570	0,554
24	500	51,96	1,500	0,506	91,86	1,554	0,556
40	0	2,30	1,770	0,500	2,36	1,992	0,556
40	100	9,72	1,774	0,516	12,62	2,008	0,614
40	200	20,08	1,832	0,530	32,70	2,078	0,650
40	300	29,28	1,846	0,558	55,86	2,158	0,686
40	400	51,78	1,952	0,604	74,20	2,208	0,728
40	500	68,48	1,930	0,612	75,12	2,150	0,722
50	0	1,86	2,092	0,576	2,98	2,354	0,734
50	100	7,86	1,946	0,528	12,14	2,350	0,720
50	200	16,06	2,164	0,624	26,88	2,412	0,762
50	300	24,94	2,028	0,588	52,98	2,428	0,788
50	400	51,58	2,252	0,674	83,58	2,356	0,778
50	500	57,96	2,350	0,758	95,24	2,672	0,902
60	0	2,00	2,330	0,618	2,70	2,592	0,786
60	100	8,52	2,326	0,638	11,30	2,668	0,762
60	200	18,62	2,412	0,672	32,96	2,610	0,800
60	300	33,56	2,470	0,696	52,26	2,778	0,890
60	400	36,76	2,610	0,778	83,76	2,834	0,882
60	500	50,86	2,750	0,866	105,18	2,790	0,924
70	0	1,60	2,516	0,680	3,00	2,952	0,866
70	100	6,58	2,616	0,720	12,18	2,948	0,880
70	200	17,36	2,760	0,772	31,60	2,982	0,890
70	300	40,74	2,948	0,880	53,98	3,200	0,984
70	400	59,38	2,954	0,876	78,08	3,140	1,008
70	500	61,34	2,998	0,924	100,06	3,140	1,020

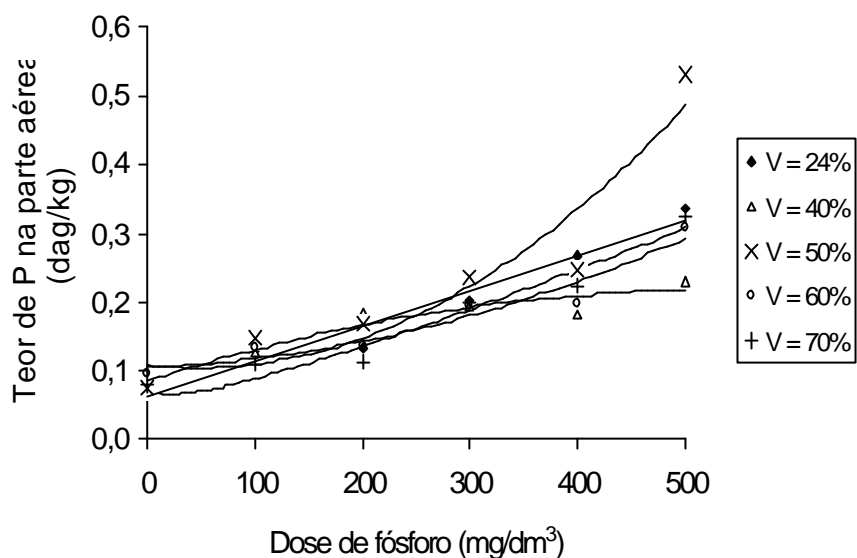


Figura 11 - Teor de P na parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 0,0632 + 0,0005126^{**}X$	0,9612
40	$Y = 0,0852 + 0,0004993^{**}X - 0,0000004738^{14,7}X^2$	0,9124
50	$Y = 0,084611618.(1,00320676^{**})^X$	0,9282
60	$Y = 0,105 + 0,00006292^{30,6}X + 0,0000006251^*X^2$	0,9308
70	$Y = 0,0826 - 0,007118^{**}X^{0,5} + 0,0007675^{**}X$	0,9527

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

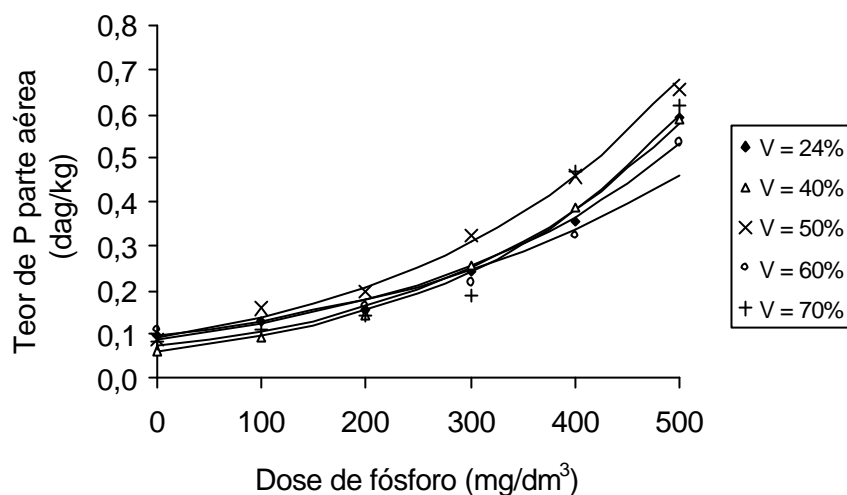


Figura 12 - Teor de P na parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 0,0868 \cdot (1,00362^{**})^X$	0,9788
40	$Y = 0,06163 \cdot (1,004550^{**})^X$	0,9963
50	$Y = 0,093487 \cdot (1,00397006^{**})^X$	0,9887
60	$Y = 0,096578 \cdot (1,0031177^{**})^X$	0,9598
70	$Y = 0,070580 \cdot (1,004223^{**})^X$	0,9498

** Significativo a 1% de probabilidade

Os teores de Ca e de Mg, na parte aérea das plantas, aumentaram com a elevação da saturação por bases e, de modo geral, observa-se que houve uma tendência de incremento nos teores médios desses nutrientes com a elevação das doses de fósforo, sendo mais acentuada no angico-branco. Os teores de potássio variaram pouco em relação às doses de P aplicadas, sendo maiores na parte aérea das plantas de garapa (Quadros 7 e 8). Já para os micronutrientes, em ambas as espécies, houve queda nos teores de Cu e Mn à medida que se aumentou não só a dose de P aplicada, mas também a saturação por bases (Figuras 13, 14, 15 e 16). Para a garapa, o mesmo comportamento foi observado no caso do Zn (Figura 17), mas para o angico-branco nos níveis de V= 24 e 60%, à medida que se adicionou P, houve um incremento do teor de Zn na parte aérea das plantas, com respostas linear e quadrática, respectivamente, e apenas para V=70% é que houve resposta linear negativa em relação às doses de P (Figura 18). Para o Fe, no entanto, para os três primeiros níveis de saturação por bases e também para V=60%, no caso da garapa, os teores desse nutriente diminuíram, atingindo em termos de média um ponto de mínimo em 317,0 e 244,9 mg/dm³ de P, para o angico-branco e para a garapa respectivamente, aumentando a partir daí. Na saturação por bases de 70%, para o angico-branco, houve resposta linear negativa nos teores de Fe em relação às doses de P aplicadas (Figuras 19 e 20).

Considerando a média das seis doses de fósforo estudadas, verificou-se que para as duas espécies, os conteúdos de Cu, Mn e Zn decresceram com o aumento da saturação por bases. Para o Fe, contudo, tal decréscimo só foi observado para a garapa. Em termos da média para as saturações por bases estudadas, observou-se que os conteúdos de Cu, Mn, Zn e Fe, para o angico-branco e para a garapa, seguiram modelos quadráticos (equações não mostradas), passando por pontos de máximo. Para ambas as espécies observa-se, exceto para o Zn, no angico-branco, que as doses de P que proporcionaram os conteúdos máximos estimados foram inferiores àquelas em que foram observadas as produções máximas estimadas de matéria seca da parte aérea, o que pode ser explicado pelos decréscimos já mencionados nos teores dos micronutrientes estudados.

Quadro 7 - Teor de nutrientes na para aérea das plantas de angico-branco, aos 170 dias após a semeadura.

Saturação por bases	Dose de P	P	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Zn	Fe
(%)	(mg/dm ³)(dag/kg).....			(mg/kg).....			
24	0	0,073	0,910	0,202	1,284	6,66	505,72	40,36	150,66
24	100	0,132	0,855	0,221	1,098	5,78	479,06	46,65	117,66
24	200	0,135	0,932	0,226	1,302	4,09	536,96	75,12	107,87
24	300	0,204	1,026	0,251	1,320	2,79	404,75	57,03	99,82
24	400	0,268	0,824	0,230	1,218	3,48	375,38	48,03	99,41
24	500	0,337	0,903	0,229	1,308	1,44	340,93	53,41	96,53
40	0	0,082	1,035	0,248	1,358	5,36	316,08	39,88	124,85
40	100	0,127	1,003	0,247	1,104	4,60	304,80	38,69	116,73
40	200	0,184	0,926	0,238	0,966	5,59	238,52	38,82	117,04
40	300	0,195	0,810	0,222	0,942	3,94	205,50	38,68	95,24
40	400	0,183	1,066	0,263	1,314	1,37	146,49	38,79	88,55
40	500	0,230	1,205	0,297	1,803	0,89	119,11	40,24	193,33
50	0	0,077	1,179	0,258	1,338	4,65	297,90	45,24	195,98
50	100	0,129	0,864	0,223	1,026	3,79	157,54	42,54	126,80
50	200	0,184	0,978	0,246	1,158	4,39	183,25	42,62	145,10
50	300	0,213	1,127	0,303	1,320	3,21	127,56	41,30	107,67
50	400	0,233	1,232	0,284	1,495	1,13	114,42	42,16	117,42
50	500	0,494	1,280	0,316	1,223	1,01	96,31	41,58	126,00
60	0	0,095	1,180	0,266	1,260	5,06	145,03	32,19	117,02
60	100	0,135	1,063	0,259	1,164	3,63	118,13	34,89	112,75
60	200	0,137	1,336	0,287	1,194	2,81	94,51	35,69	105,59
60	300	0,196	1,246	0,310	1,158	1,48	69,83	38,07	99,41
60	400	0,198	1,291	0,306	1,134	1,00	77,71	35,15	115,52
60	500	0,308	1,278	0,286	1,308	0,94	52,61	28,65	112,57
70	0	0,078	1,264	0,265	1,110	5,04	62,88	33,05	134,75
70	100	0,111	1,236	0,273	1,218	3,22	57,94	31,34	120,23
70	200	0,114	1,334	0,296	1,302	2,36	51,66	28,71	102,12
70	300	0,199	1,384	0,331	1,014	3,02	43,36	25,15	120,68
70	400	0,222	1,371	0,330	1,365	1,11	46,46	24,76	105,46
70	500	0,325	1,297	0,314	1,088	0,95	35,87	23,77	98,03

Quadro 8 - Teor de nutrientes na para aérea das plantas de garapa, aos 120 dias após a semeadura.

Saturação por bases	Dose de P	P	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Zn	Fe
(%)	(mg/dm ³)(dag/kg).....		(mg/kg).....				
24	0	0,095	1,043	0,249	1,756	10,91	302,90	39,12	429,41
24	100	0,130	0,852	0,189	1,770	4,50	189,60	22,56	238,74
24	200	0,153	0,855	0,191	1,536	3,98	132,28	20,80	181,28
24	300	0,243	0,866	0,190	1,692	0,81	137,26	17,79	235,95
24	400	0,356	0,872	0,215	1,572	0,46	106,34	23,22	201,20
24	500	0,592	0,761	0,181	1,506	1,04	89,36	17,31	171,33
40	0	0,065	1,571	0,289	1,793	5,17	109,75	25,71	362,71
40	100	0,093	1,195	0,212	1,696	3,38	94,33	20,71	194,76
40	200	0,143	0,998	0,198	1,488	1,23	63,51	12,93	126,19
40	300	0,256	1,010	0,215	1,560	1,47	53,60	12,79	169,96
40	400	0,385	1,049	0,234	1,567	0,51	47,60	11,34	161,50
40	500	0,588	1,176	0,249	1,583	0,20	48,09	12,79	211,83
50	0	0,085	1,955	0,333	1,727	2,96	97,15	21,99	667,34
50	100	0,157	1,319	0,241	1,734	4,84	60,36	17,86	181,44
50	200	0,195	1,236	0,210	1,776	0,60	43,61	12,66	95,95
50	300	0,325	1,301	0,246	1,938	5,80	41,49	13,66	143,13
50	400	0,456	1,147	0,252	1,602	0,00	38,64	11,41	122,74
50	500	0,653	1,211	0,247	1,629	0,41	38,18	10,99	190,26
60	0	0,111	1,944	0,348	1,906	6,34	56,07	19,06	236,76
60	100	0,128	1,076	0,207	1,547	2,33	31,89	12,88	113,16
60	200	0,164	1,056	0,178	1,392	1,47	28,91	13,79	114,26
60	300	0,215	1,367	0,249	1,704	0,33	31,40	10,93	156,92
60	400	0,324	1,219	0,276	1,698	0,07	31,85	9,33	223,13
60	500	0,533	1,103	0,228	1,616	0,26	27,35	10,00	198,65
70	0	0,081	1,534	0,300	1,716	4,64	30,19	13,18	235,59
70	100	0,109	1,498	0,263	1,812	1,90	27,07	13,57	180,53
70	200	0,143	1,242	0,217	1,872	0,07	26,49	11,60	153,71
70	300	0,188	1,475	0,264	2,070	0,49	29,04	10,86	170,93
70	400	0,467	1,501	0,327	2,154	0,00	32,94	9,75	195,14
70	500	0,615	1,256	0,285	1,732	0,93	30,78	9,14	147,49

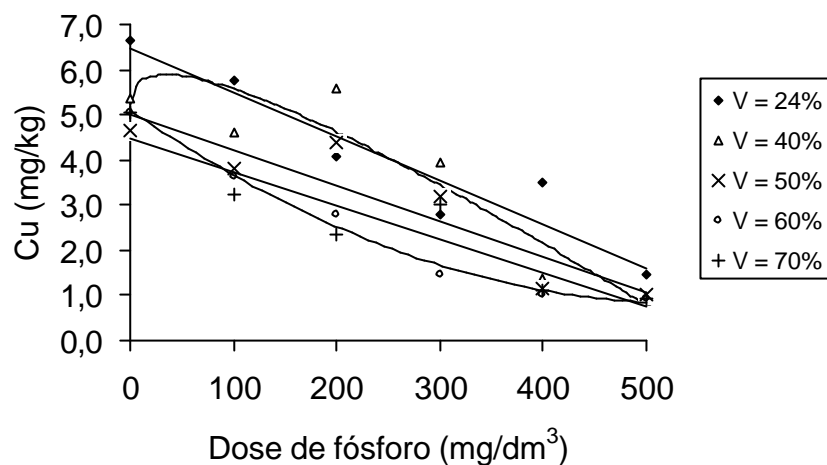


Figura 13 - Teor de Cu na parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 6,49 - 0,0098^{**}X$	0,91
40	$Y = 5,21 + 0,227^{*}X^{0,5} - 0,019^{**}X$	0,86
50	$Y = 4,98 - 0,0078^{**}X$	0,84
60	$Y = 5,106 - 0,01586^{**}X + 0,0000147^{**}X^2$	0,98
70	$Y = 4,48 - 0,00746^{**}X$	0,85

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

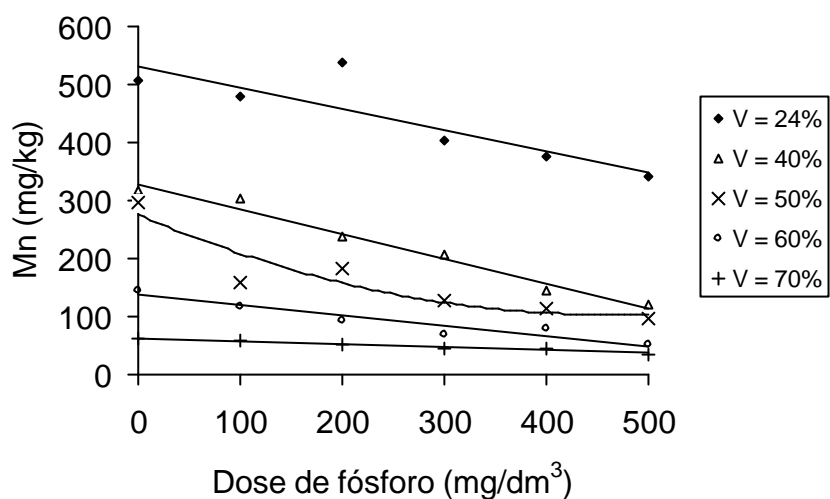


Figura 14 - Teor de Mn na parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 530,98 - 0,362^{**}X$	0,75
40	$Y = 328,38 - 0,426^{**}X$	0,98
50	$Y = 275,2 - 0,748^{**}X + 0,000814^{*}X^2$	0,85
60	$Y = 136,4 - 0,1737^{**}X$	0,92
70	$Y = 62,39 - 0,051^{**}X$	0,93

** Significativo a 1% de probabilidade
 * Significativo a 5% de probabilidade

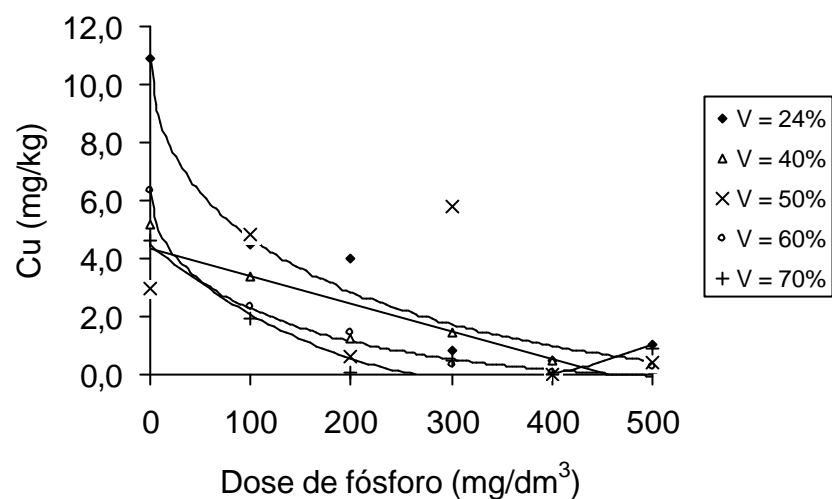


Figura 15 - Teor de Cu na parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 10,94 - 0,75^{**}X^{0,5} + 0,0126^{**}X$	0,97
40	$Y = 4,37 - 0,095^{**}X$	0,86
50	Sem ajuste	
60	$Y = 6,36 - 0,51^{**}X^{0,5} + 0,01^{*}X$	0,99
70	$Y = 4,45 - 0,028^{**}X + 0,000042^{**}X^2$	0,96

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

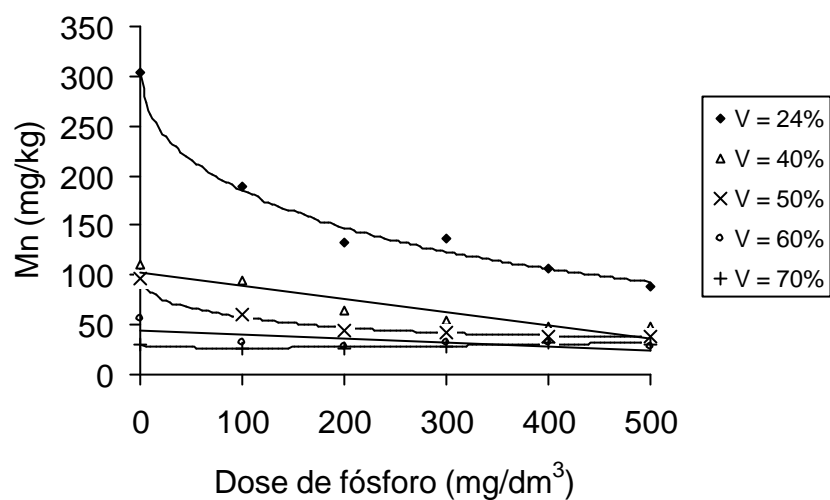


Figura 16 - Teor de Mn na parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 302,9 - 13,7^{**}X^{0,5} + 0,193^{*}X$	0,98
40	$Y = 112,9 - 0,29^{**}X + 0,00032^{**}X^2$	0,98
50	$Y = 97,7 - 5,13^{**}X^{0,5} + 0,11^{**}X$	0,99
60	$Y = 55,5 - 2,99^{**}X^{0,5} + 0,084^{**}X$	0,95
70	$Y = 30,1 - 0,644^{\circ}X^{0,5} + 0,033^{*}X$	0,67

- ** Significativo a 1% de probabilidade
- * Significativo a 5% de probabilidade
- Significativo a 10% de probabilidade

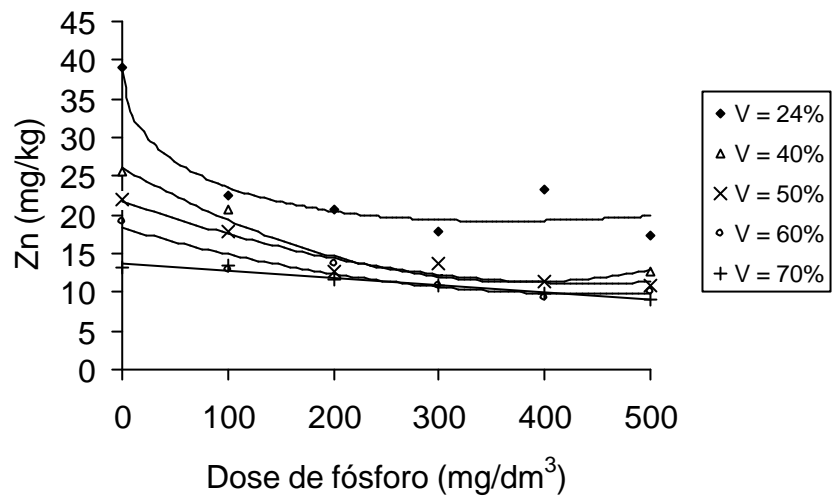


Figura 17 - Teor de Zn na parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 38,86 - 2,08^{**}X^{0,5} + 0,055^{**}X$	0,92
40	$Y = 26,1 - 0,078^{**}X + 0,0001^{**}X^2$	0,97
50	$Y = 21,8 - 0,048^{**}X + 0,000054^{**}X^2$	0,94
60	$Y = 18,3 - 0,0385^{**}X + 0,000043^{**}X^2$	0,89
70	$Y = 13,66 - 0,0093^{**}X$	0,94

** Significativo a 1% de probabilidade

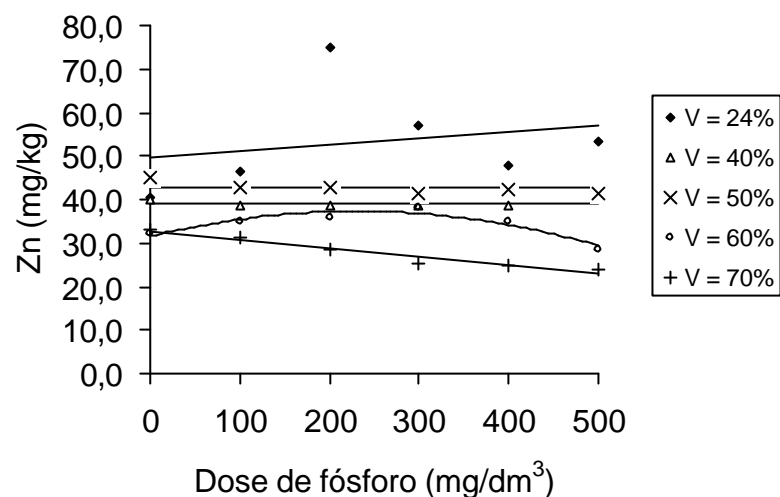


Figura 18 - Teor de Zn na parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	Y = 49,77 + 0,0146°X	0,51
40	Y = Y = 39,18	
50	Y = Y = 42,57	
60	Y = 31,52 + 0,05**X - 0,00011**X ²	0,88
70	Y = 32,77 - 0,02**X	0,95

** Significativo a 1% de probabilidade
 ° Significativo a 10% de probabilidade

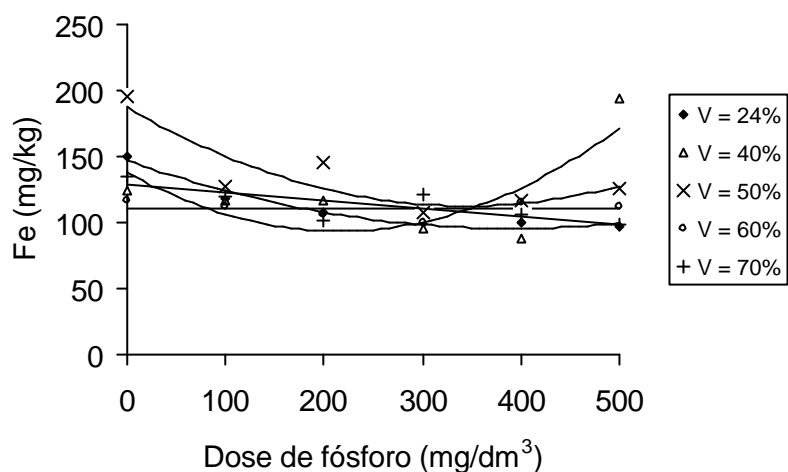


Figura 19 - Teor de Fe na parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 147,01 - 0,263^{**}X + 0,000336^{*}X^2$	0,96
40	$Y = 137,7 - 0,411^{**}X + 0,00096^{**}X^2$	0,60
50	$Y = 187,3 - 0,435^{**}X + 0,00063^{*}X^2$	0,79
60	$Y = Y = 110,48$	
70	$Y = 128,5 - 0,06^{**}X$	0,64

** Significativo a 1% de probabilidade
 * Significativo a 5% de probabilidade

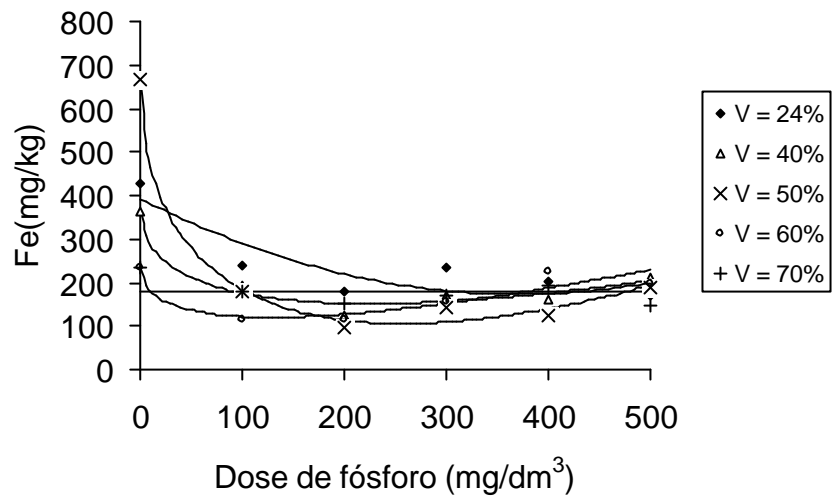


Figura 20 - Teor de Fe na parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 392,6 - 1,184^{**}X + 0,0016 \cdot X^2$	0,78
40	$Y = 365,8 - 28,6^{**}X^{0,5} + 0,954^{**}X$	0,96
50	$Y = 665,8 - 69,9^{**}X^{0,5} + 2,18^{**}X$	0,99
60	$Y = 233,5 - 20,12^{**}X^{0,5} + 0,89^{**}X$	0,83
70	$Y = Y = 180,57$	

** Significativo a 1% de probabilidade
 * Significativo a 5% de probabilidade

Em relação ao conteúdo de P, na parte aérea das plantas de angico-branco, para a maioria dos níveis de saturação por bases estudados, houve comportamento linear positivo à aplicação de P (Figura 21).

A eficiência de utilização de P pelas plantas, no entanto, diminuiu linearmente com a elevação das doses de P para todos os níveis de saturação por bases, com exceção do nível de 40%, onde houve um sensível aumento da eficiência ao se aumentar o fornecimento de fósforo até a dose ideal para a máxima produção de biomassa (Figura 22). A saturação por bases de 50%, na dose de 0 mg/dm³ de P, foi a que proporcionou o maior valor estimado de eficiência de utilização de P. Similarmente, para o taxi-branco à medida que a quantidade de nutriente disponível diminuiu, a planta se tornou mais eficiente na sua utilização e, conseqüentemente, o valor do coeficiente de utilização biológica (CUB) aumentou (DIAS et al., 1991a).

O conteúdo de P para a garapa, na parte aérea, aumentou com a elevação das doses de P, para todos os níveis de saturação por bases, sendo que o maior valor médio foi obtido na ausência de calagem, ou seja, no nível de 24% de saturação por bases, com a maior dose de P aplicada (Figura 23). Considerando-se que a evolução do ganho de biomassa da parte aérea na mais alta dose de P, em geral, não acompanha o aumento do conteúdo do nutriente, pode-se supor que está havendo consumo de “luxo” de fósforo pela garapa.

A eficiência de utilização de P, nos diferentes níveis de saturação por bases, variaram entre modelos raiz quadráticos (24, 50 e 60%), quadrático (40%) e linear negativo (70%). À exceção do nível de saturação por bases de 70%, a eficiência de utilização de fósforo apresentou sensíveis aumentos ao se aumentar o fornecimento de P até os níveis ideais para a máxima produção de biomassa. Acima destes níveis, ocorreu acentuado declínio na eficiência de utilização (Figura 24). Essa mesma tendência foi observada para diferentes espécies de eucalipto (FURTINI NETO, 1994).

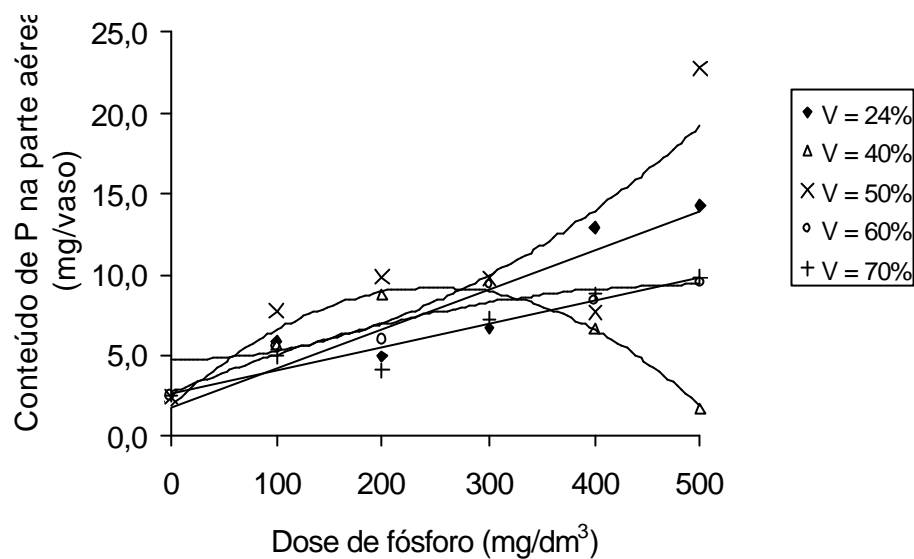


Figura 21 - Conteúdo de P na parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 1,79 + 0,02405^{**}X$	0,8828
40	$Y = 1,91 + 0,05855^{**}X - 0,0001171^{**}X^2$	0,9682
50	$Y = 0,468282 + 0,0000347798^{*}X + 0,00000573202^{**}X^2$	0,6872
60	$Y = 3,55 + 0,01345^{**}X$	0,8573
70	$Y = 2,58 + 0,01469^{**}X$	0,9280

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

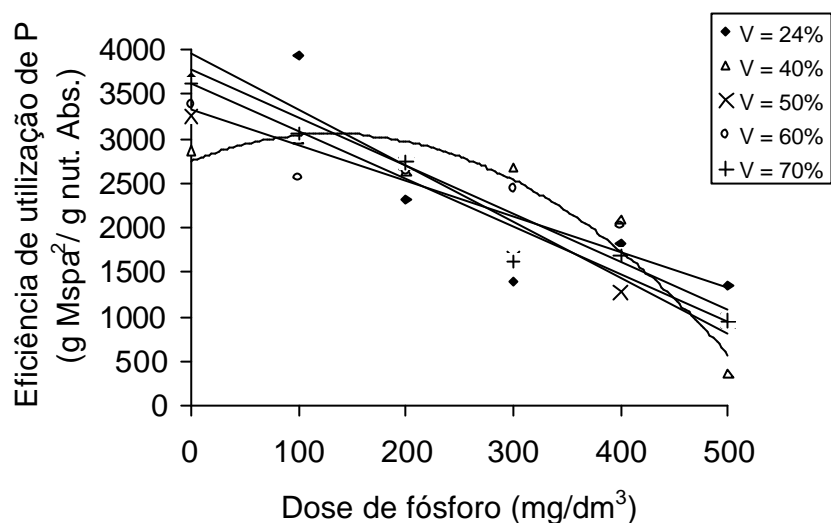


Figura 22 - Eficiência de utilização de P na parte aérea (Y) das plantas de Angico-branco, aos 170 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 3765,9 - 5,389^{**}X$	0,7933
40	$Y = 2742,1 + 4,758^{19,2}X - 0,01817^{**}X^2$	0,9329
50	$Y = 3946,8 - 6,26539^{**}X$	0,8510
60	$Y = 3333,1 - 4,020^{**}X$	0,7843
70	$Y = 3602,2 - 5,295^{**}X$	0,9565

** Significativo a 1% de probabilidade

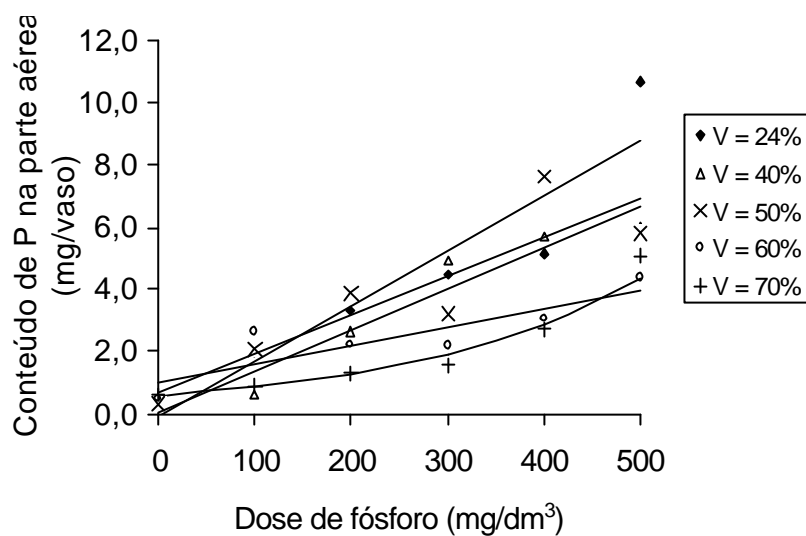


Figura 23 - Conteúdo de P na parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = -0,111 + 0,01776^{**}X$	0,8752
40	$Y = 0,0886 + 0,01313^{**}X$	0,9360
50	$Y = 0,7054 + 0,01241^{**}X$	0,7920
60	$Y = 1,03 + 0,005892^{**}X$	0,7529
70	$Y = 0,57695 \cdot (1,004042832^{**})^X$	0,9743

** Significativo a 1% de probabilidade

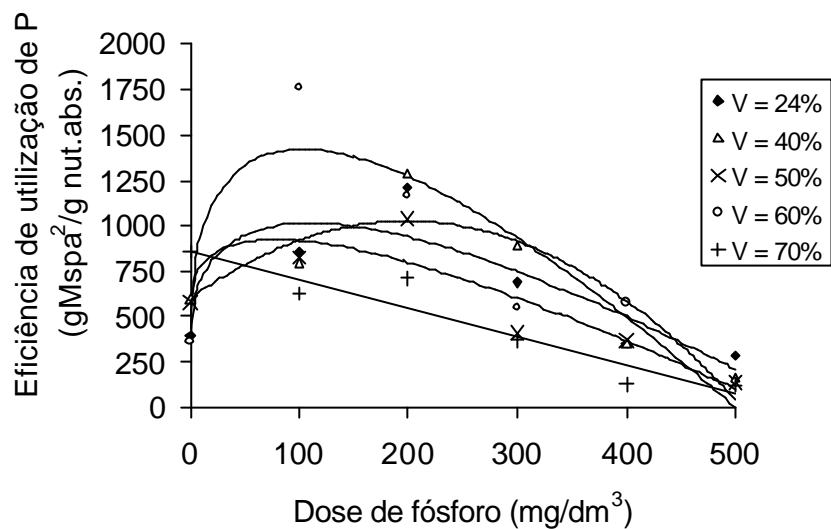


Figura 24 - Eficiência de utilização de P na parte aérea (Y) das plantas de Garapa, aos 120 dias após a semeadura, considerando as doses de P aplicadas (X), nos diferentes níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Equação	R ²
24	$Y = 381,8 + 120,13^{**}X^{0,5} - 5,717^{**}X$	0,7980
40	$Y = 598,3 + 4,289^{*}X - 0,01080^{**}X^2$	0,8107
50	$Y = 572,4 + 79,30^{*}X^{0,5} - 4,486^{**}X$	0,8098
60	$Y = 433,3 + 194,18^{**}X^{0,5} - 9,552^{**}X$	0,8191
70	$Y = 860,9 - 1,569^{**}X$	0,9019

** Significativo a 1% de probabilidade

* Significativo a 5% de probabilidade

Os conteúdos de Ca e de Mg, na parte aérea das plantas de angico-branco e de garapa, aumentaram com a elevação da saturação por bases, até V=60 e V=50%, respectivamente. A eficiência de utilização desses nutrientes, no entanto, diminuiu, de modo geral, com o aumento da saturação por bases (Quadros 9 e 10). Este mesmo comportamento, ou seja, baixa eficiência de uso, foi observado para algumas espécies florestais (pioneiras e secundárias), cultivadas em solo corrigido (FURTINI NETO et al., 1999).

Quadro 9 - Médias (6 doses de P) de conteúdo e eficiência de utilização, de Ca e de Mg na parte aérea das plantas de angico-branco, aos 170 dias após a semeadura.

Saturação por bases (%)	Conteúdo (mg)		Eficiência de utilização (g mspa ² /g nut.abs.)	
	Ca	Mg	Ca	Mg
24	31,838	8,267	463,57	1757,65
40	32,323	8,433	372,28	1420,20
50	46,360	11,430	399,50	1613,48
60	43,162	10,322	325,12	1365,63
70	41,777	9,868	280,80	1187,67

Quadro 10 - Médias (6 doses de P) de conteúdo e eficiência de utilização, de Ca e de Mg na parte aérea das plantas de garapa, aos 120 dias após a semeadura.

Saturação por bases (%)	Conteúdo (mg)		Eficiência de utilização (g mspa ² /g nut.abs.)	
	Ca	Mg	Ca	Mg
24	11,034	2,477	184,39	819,13
40	12,752	2,492	118,73	609,02
50	15,169	2,877	100,78	528,49
60	13,058	2,525	116,83	619,06
70	10,100	1,909	59,20	314,78

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar os efeitos da saturação por bases e da adubação fosfatada sobre o crescimento e a nutrição mineral do angico-branco (*Anadenanthera colubrina*) e da garapa (*Apuleia leiocarpa*).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se amostra da camada de 0-20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, da região de Viçosa, Minas Gerais, testando-se, em arranjo fatorial (5 x 6), com cinco repetições, os seguintes tratamentos: 6 doses de P (0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg/dm³) e 5 níveis de saturação por bases (original (24), 40, 50, 60 e 70%). Foi feito, também, uma adubação de base (pré-plantio) com N, K, S e micronutrientes.

Após o cultivo das plantas, amostras do solo foram coletadas e analisadas quimicamente. O P foi determinado pelo extrator Mehlich-1 e o Ca e o Mg, segundo EMBRAPA (1997).

A adição da mistura corretiva ao substrato não apresentou resposta significativa por parte das espécies estudadas. Essa falta de resposta pode estar relacionada ao fato de que os teores de Ca (0,9 cmol_c/dm³) e de Mg (0,4 cmol_c/dm³), contidos no solo utilizado, tenham sido suficientes para suprir as necessidades das plantas nesta fase. Por outro lado, observou-se que, tanto o angico-branco como a garapa, respondem positivamente à aplicação de P, apresentando, na fase inicial de crescimento, uma demanda relativamente elevada de fósforo, sendo a disponibilidade original do solo estudado e também a dos solos da Zona da Mata

Mineira, insuficiente para suprir as exigências nutricionais dessas espécies, nesta fase.

Ao analisar-se o P recuperado do solo, pelo extrator Mehlich-1, após o cultivo das plantas, verifica-se, como esperado, um incremento na concentração deste elemento com o aumento das doses aplicadas. De maneira geral, houve um incremento nos teores foliares desse nutriente, para ambas as espécies, com aumento das doses de P aplicadas.

Considerando-se a saturação, por bases de 40%, as doses de P que proporcionaram 90% de produção máxima, com base na produção de matéria seca da parte aérea, foram de 127 mg/dm³ para o angico-branco e de 191 mg/dm³ para garapa. De acordo com o modelo ajustado para P recuperado, em função do P adicionado, a dose que proporcionará esta disponibilidade de fósforo aos 170 dias é de 976,2 mg/dm³ e de 1161,6 mg/dm³ aos 120 dias. Os níveis críticos de P no solo, para V=40%, foram de 13,88 e 32,50 mg/dm³ e na parte aérea de 0,14 e 0,15 dag/kg, para o angico-branco e para garapa, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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. 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 43-60.

BALIERO, F. C.; OLIVEIRA, I. G.; DIAS, L. E. Formação de mudas de *Acacia holocericea*: resposta à calagem, fósforo, potássio e enxofre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa, MG. **Resumos...**, Viçosa: SBCS, 1995, p.830-832, 1158p.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.113, p.73-85, 1974.

BRANDÃO, L. G. Desafio florestal brasileiro. **Silvicultura**, São Paulo, v. 18, n.73, p.23-29, 1997.

CARMO, D. N.; RESENDE, M.; SILVA, T. C. A. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.188-234.

CARVALHO, A. M.; FAGÉRIA, N. K.; KINJO, T.; OLIVEIRA, I. P. Distribuição e nível crítico de fósforo na parte aérea do feijoeiro cultivado em diferentes solos sob vegetação de cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.6, p.719-724, 1993.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROSAND, P. C. (Ed.). **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p. 45-75.

DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOVISI, A. A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A. M.; PINHEIRO, E. R.; SOUZA, E. F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, p.163-168, 1997.

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, FUPEFE, APEF, 1996. p.17-28.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V., V. H.; BRIENZA JR., S. Formação de mudas de *Acacia mangium*: 1. resposta a calcário e fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS, SBEF, 1990. p.449-453, 801p.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V., V. H.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F.; BRIENZA JR., S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel). I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.69-76, 1991a.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V., V. H.; BRIENZA JR., S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Will: 2. resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p.11-22, 1991b.

DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v.2, n.2, p.31-47, 1996.

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

FARIA, M. P.; VALE, F. R.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. II. *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.4, p.433-446, 1995.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000.

FERNÁNDEZ, J. Q. P.; RUIVO, M. L. P.; DIAS, L. E.; COSTA, J. P. V.; DIAS, R. R. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.4, p.425-431, 1996.

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

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

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

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. 40f.. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

GLASS, A. D. M. **Plant nutrition. An introduction to current concepts**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1989. 234p.

GOMES, J. M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; MACIEL, L. A. F. Métodos de aplicação de adubo em diferentes solos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.1, p.52-63, 1982.

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.

GONÇALVES, J. L. M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e ausência da calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, n.1, p.91-104, 1986.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352p.

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

MARSCHNER, H.; KIRKBY, E. A.; ÇAKMAK, I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.47, p.1255-1263, 1996. Special Issue SI.

MEIRA NETO, J. A. A. **Estudos florísticos, estruturais e ambientais nos estratos arbóreo e herbáceo-arbustivo de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG**. 1997a. 155f.. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

MEIRA NETO, J. A. A.; SILVA, A. F. **Caracterização dos fragmentos florestais das áreas de influência e diretamente afetada da UHE de Pilar, Vale do rio Piranga, Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa: FUNARBE – Universidade Federal de Viçosa, 1995. 57p.

MEIRA NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L. ; SILVA, A. F.; PAULA, A. Estrutura de uma floresta estacional semidecidual submontana em área diretamente afetada pela usina hidrelétrica de Pilar, Ponte Nova, Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.3, p.337-344, 1997b.

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

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

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.

NOVAIS, R. F.; GOMES, J. M.; NASCIMENTO FILHO, M. B.; BORGES, E. E. L. 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**, Viçosa, v.4, n.2, p.111-123, 1980.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, 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**, Viçosa, v.10, n.1, p.105-111, 1986.

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

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.

RENÓ, N. B.; VALE, F. R.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais nativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia, GO. **Resumos...**, Goiânia: SBCS, 1993, p.211-212, 418p.

REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LELES, P. S. S.; NEVES, J. C. L.; GARCIA, N. C. P. Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-Bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.4, p.463-471, 1997.

SANTOS, E. **Nossas madeiras**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1987. 313p.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.4, p.289-302, 1981.

VALE, F. R.; GUEDES, G. A. A.; GUILHERME, L. R. G. **Manejo da fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 1995. 206p.

VIRGENS FILHO, A. C.; MOREIRA, A.; CASTRO, P. R. C. Efeito da calagem e adubação da seringueira no estado nutricional e produção de borracha seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.8, p.1019-1026, 2001.

APÊNDICE

Quadro 1 A - Médias para o angico-branco das seguintes características: altura (Alt), diâmetro do coleto (Diam), peso de matéria seca da parte aérea (Mspa), peso de matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (TPpa), conteúdo (CPpa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), aos 170 dias após a semeadura.

Saturação por bases (%)	Dose P (mg/dm ³)	Alt (cm)	Diam (mm)	Mspa (g/vaso)	Msra (g/vaso)	Rrpa (g/g)	TPpa (dag/kg)	CPpa (mg/vaso)	EuPpa (gMs ² /gnut.abs.)
24	0	20,50	4,13	2,75	0,84	0,30	0,073	2,06	3687,2
24	100	24,86	6,05	4,73	1,78	0,40	0,132	5,89	3925,8
24	200	24,74	4,53	3,26	1,04	0,30	0,135	4,90	2312,4
24	300	22,72	4,61	3,03	0,91	0,29	0,204	6,74	1400,7
24	400	27,10	5,77	4,65	1,41	0,29	0,268	12,90	1832,0
24	500	26,94	5,16	4,15	1,07	0,24	0,337	14,33	1353,4
40	0	19,74	4,28	2,62	0,87	0,37	0,082	2,43	2862,8
40	100	21,40	5,26	3,82	1,70	0,41	0,127	5,68	2981,3
40	200	26,92	5,80	4,64	1,70	0,37	0,184	8,83	2625,7
40	300	33,38	5,26	4,98	1,49	0,30	0,195	9,65	2679,1
40	400	25,14	4,12	3,68	0,79	0,22	0,183	6,62	2086,4
40	500	10,60	2,33	0,77	0,12	0,14	0,230	1,69	359,1
50	0	19,30	4,50	3,57	1,27	0,35	0,077	2,38	3252,1
50	100	22,30	6,38	5,32	2,04	0,39	0,129	7,76	4412,8
50	200	32,78	6,13	5,17	1,86	0,36	0,184	9,84	2720,0
50	300	17,78	4,76	3,95	1,36	0,33	0,213	9,74	1660,2
50	400	22,18	4,11	3,29	0,73	0,22	0,233	7,63	1279,5
50	500	21,82	4,67	4,26	1,08	0,25	0,494	22,78	958,3
60	0	15,02	4,14	2,89	1,17	0,37	0,095	2,56	3373,5
60	100	21,22	4,30	3,73	1,12	0,29	0,135	5,57	2571,0
60	200	27,60	4,72	3,90	1,17	0,27	0,137	6,01	2642,3
60	300	28,88	4,87	4,65	1,29	0,26	0,196	9,33	2430,6
60	400	19,74	4,59	4,09	1,04	0,23	0,198	8,40	2016,0
60	500	21,50	4,06	2,96	0,72	0,23	0,308	9,61	934,5
70	0	18,88	4,34	2,96	1,11	0,37	0,078	2,50	3611,6
70	100	29,38	4,74	3,84	1,47	0,31	0,111	4,98	3058,7
70	200	25,12	4,46	3,29	0,95	0,26	0,114	4,14	2737,0
70	300	20,12	4,23	3,36	0,95	0,27	0,199	7,21	1629,8
70	400	31,40	4,16	3,77	0,75	0,18	0,222	8,79	1679,6
70	500	18,25	4,32	3,06	0,60	0,19	0,325	9,88	954,2

Quadro 2 A - Médias para garapa das seguintes características: altura (Alt), diâmetro do coleto (Diam), peso de matéria seca da parte aérea (Mspa), peso de matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (TPpa), conteúdo (CPpa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), aos 120 dias após a semeadura.

Saturação por bases (%)	Dose P (mg/dm ³)	Alt (cm)	Diam (mm)	Mspa (g/vaso)	Msra (g/vaso)	Rrpa (g/g)	TPpa (dag/kg)	CPpa (mg/vaso)	EuPpa (gMs ² /gnut.abs.)
24	0	13,28	1,58	0,35	0,11	0,32	0,095	0,35	397,9
24	100	26,02	2,77	1,27	0,36	0,28	0,130	2,02	853,9
24	200	28,74	3,15	1,99	0,64	0,26	0,153	3,30	1208,0
24	300	29,34	3,09	1,73	0,42	0,24	0,243	4,48	689,3
24	400	24,62	2,72	1,33	0,34	0,27	0,356	5,16	350,9
24	500	29,54	3,18	1,61	0,41	0,24	0,592	10,66	285,0
40	0	15,11	1,91	0,42	0,14	0,37	0,065	0,32	596,9
40	100	18,92	2,41	0,69	0,21	0,30	0,093	0,62	795,7
40	200	31,63	3,14	1,81	0,49	0,25	0,143	2,65	1282,7
40	300	31,58	2,98	1,94	0,59	0,23	0,256	4,94	893,3
40	400	24,51	2,95	1,39	0,31	0,23	0,385	5,70	352,1
40	500	21,92	2,47	0,98	0,20	0,18	0,588	6,00	164,3
50	0	14,88	1,83	0,41	0,16	0,39	0,086	0,31	577,3
50	100	23,36	2,67	1,25	0,32	0,25	0,157	2,06	827,8
50	200	33,33	3,09	1,98	0,52	0,26	0,195	3,85	1033,3
50	300	23,10	2,76	1,11	0,28	0,25	0,325	3,22	409,1
50	400	30,71	3,18	1,66	0,37	0,23	0,456	7,61	367,4
50	500	22,73	2,54	0,88	0,17	0,21	0,653	5,80	137,6
60	0	17,21	2,02	0,42	0,14	0,34	0,111	0,50	362,6
60	100	27,35	2,94	2,15	0,55	0,26	0,128	2,66	1758,5
60	200	27,78	2,76	1,57	0,39	0,22	0,164	2,22	1164,2
60	300	23,10	2,43	1,09	0,23	0,20	0,215	2,20	546,1
60	400	23,60	2,81	1,18	0,38	0,27	0,324	3,06	578,8
60	500	20,96	2,38	0,76	0,17	0,21	0,533	4,39	138,1
70	0	18,73	2,04	0,71	0,24	0,31	0,082	0,61	852,7
70	100	18,12	2,31	0,75	0,19	0,24	0,109	0,90	627,5
70	200	20,29	2,47	0,96	0,37	0,31	0,143	1,32	711,5
70	300	19,01	2,60	0,74	0,19	0,26	0,188	1,57	370,3
70	400	18,07	2,35	0,59	0,16	0,27	0,467	2,74	127,1
70	500	21,24	2,60	0,79	0,22	0,25	0,615	5,06	123,1

Quadro 3 A - Quadrados médios para angico-branco das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coleto (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=24%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	Cppa	EuPpa
Bloco	4	73,11049	1,295663	0,372478	0,03688001	0,005090010	0,003101382	0,0402957	38,77991
Dose de P	5	32,06593 ^{ns}	2,844016 ^{ns}	3,684134 ^{ns}	0,633344 ^{ns}	0,01379243*	0,04784479**	1,146587**	640,7231**
Resíduo	20	106,2861	1,615339	2,947818	0,402339	0,006629905	0,007341069	0,2787140	181,1581
C.V. (%)		42,12	25,20	45,65	53,94	26,81	44,77	67,65	55,65

** F significativo a 1% de probabilidade

* F significativo a 5% de probabilidade

Quadro 4 A - Quadrados médios para angico-branco das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coleto (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=40%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	Cppa	EuPpa
Bloco	4	94,35616	1,117695	2,656296	0,5453023	0,02044955	0,002154119	0,09504476	167,4666
Dose de P	5	294,5259**	7,773479**	11,79824**	1,969603**	0,05497602**	0,01412651**	0,5288287**	483,6240**
Resíduo	20	83,01375	1,257534	1,640421	0,3505248	0,006009625	0,001870984	0,7182042	86,63902
C.V. (%)		39,85	24,87	37,46	53,34	25,78	25,97	46,07	41,08

** F significativo a 1% de probabilidade

Quadro 5 A - Quadrados médios para angico-branco das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coleto (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=50%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	CPpa	EuPpa
Bloco	4	13,6555	0,1758916	0,1850383	0,085355	0,002870974	0,0001720337	0,06907054	32,64632
Dose de P	5	138,5773**	4,343090**	3,463660**	1,182749**	0,02155986**	0,105164**	2,321295**	875,9046**
Resíduo	20	11,9255	0,5159796	0,3255864	0,123591	0,00451869	0,0003732145	0,0377955	20,18577
C.V. (%)		22,69	14,11	13,40	25,28	21,10	8,72	19,39	18,87

** F significativo a 1% de probabilidade

Quadro 6 A - Quadrados médios para angico-branco das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coleto (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=60%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	CPpa	EuPpa
Bloco	4	243,9972	1,627079	2,210388	0,5653867	0,005561687	0,0007356105	0,1429735	103,0757
Dose de P	5	132,7405 ^{ns}	0,545312 ^{ns}	2,305520 ^{ns}	0,1902193 ^{ns}	0,01335291*	0,02807431**	0,3692052 ^o	330,0597 ^o
Resíduo	20	109,1924	2,568201	3,508509	0,5018927	0,004628816	0,001683219	0,1832832	148,2027
C.V. (%)		46,80	36,03	50,57	65,38	24,71	23,00	61,93	52,29

** F significativo a 1% de probabilidade

* F significativo a 5% de probabilidade

^o F significativo a 10% de probabilidade

Quadro 7 A - Quadrados médios para angico-branco das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coleto (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=70%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	Cppa	EuPpa
Bloco	4	219,4017	8,571767	9,761041	1,330474	0,01175669	0,002849191	0,3028254	296,4659
Dose de P	5	159,1697 ^{ns}	0,2109124 ^{ns}	0,6505092 ^{ns}	0,4580809 ^{ns}	0,02673415**	0,04256215**	0,4066877**	512,9506*
Resíduo	20	214,4408	1,976354	2,421680	0,3841339	0,007532717	0,001160655	0,09082317	183,8612
C.V. (%)		61,38	32,12	46,02	63,75	32,86	19,47	48,21	59,51

** F significativo a 1% de probabilidade

* F significativo a 5% de probabilidade

Quadro 8 A - Quadrados médios para garapa das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coleto (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=24%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	Cppa	EuPpa
Bloco	4	105,2220	1,09747	1,454342	0,1571701	0,01058799	0,007204202	0,06561125	38,51423
Dose de P	5	191,5827 ^{ns}	1,816501*	1,616586 ^{ns}	0,1419449 ^{ns}	0,005031047 ^{ns}	0,1752541**	0,6305512*	63,85361*
Resíduo	20	122,6674	0,6202220	1,218898	0,1245965	0,04730992	0,01363054	0,2279179	21,10228
C.V. (%)		43,85	28,67	80,00	93,18	25,55	44,65	110,30	72,82

** F significativo a 1% de probabilidade

* F significativo a 5% de probabilidade

Quadro 9 A - Quadrados médios para garapa das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coletor (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=40%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	CPpa	EuPpa
Bloco	4	91,28137	0,4635118	1,300308	0,1565283	0,009310285	0,0129742	0,1997792	48,66986
Dose de P	5	225,0802°	1,078621 ^{ns}	1,860798°	0,1570328 ^{ns}	0,02064987*	0,2031344**	0,3223246*	80,24724*
Resíduo	20	100,6173	0,8079295	0,8639059	0,1033078	0,006268267	0,005599993	0,1243808	23,18826
C.V. (%)		41,89	34,03	77,09	99,25	30,31	29,36	104,62	70,73

** F significativo a 1% de probabilidade

* F significativo a 5% de probabilidade

° F significativo a 10% de probabilidade

Quadro 10 A - Quadrados médios para garapa das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coletor (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=50%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	CPpa	EuPpa
Bloco	4	52,25196	0,1265783	0,1385571	0,03089791	0,008001810	0,007562221	0,03719999	17,69095
Dose de P	5	215,2646**	1,165502**	1,559744**	0,08979333**	0,02195451**	0,2261446**	0,3405389**	53,42927*
Resíduo	20	32,19151	0,3165904	0,2830285	0,02265542	0,001801333	0,003908915	0,04148466	16,46800
C.V. (%)		22,99	21,02	43,75	49,90	16,03	20,03	53,47	72,63

** F significativo a 1% de probabilidade

* F significativo a 5% de probabilidade

Quadro 11 A - Quadrados médios para garapa das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coletor (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=60%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	CPpa	EuPpa
Bloco	4	60,88459	0,7400385	0,7395085	0,03428458	0,002001240	0,01098962	0,02769061	59,27826
Dose de P	5	79,15994 ^{ns}	0,5931441 ^{ns}	1,853941 ^{ns}	0,1214688 ^{ns}	0,01359935*	0,1283035**	0,08068810°	178,3700°
Resíduo	20	86,61067	0,8160025	1,047907	0,1030426	0,00430062	0,01275124	0,03925526	77,57322
C.V. (%)		39,89	35,34	85,78	103,94	26,06	45,94	79,15	116,19

** F significativo a 1% de probabilidade

* F significativo a 5% de probabilidade

° F significativo a 10% de probabilidade

Quadro 12 A - Quadrados médios para garapa das seguintes variáveis: altura (Alt), diâmetro do coletor (Diâm), matéria seca da parte aérea (Mspa), matéria seca de raiz (Msra), relação raiz/parte aérea (Rrpa), teor (Tppa), conteúdo (Cppa) e eficiência de utilização de P na parte aérea (EuPpa), dentro de V=70%.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		Alt	Diâm	Mspa	Msra	Rrpa	Tppa	CPpa	EuPpa
Bloco	4	73,08902	1,255712	0,6189362	0,0813279	0,008132738	0,001008107	0,01505937	36,32731
Dose de P	5	8,034243 ^{ns}	0,2215413 ^{ns}	0,07340936 ^{ns}	0,02653200 ^{ns}	0,004251567 ^{ns}	0,2420996**	0,1370968**	47,74514**
Resíduo	20	32,35547	0,3189997	0,2442123	0,04045743	0,005167638	0,001647425	0,03563552	12,68442
C.V. (%)		29,56	23,58	65,40	89,00	26,34	15,18	92,87	76,00

** F significativo a 1% de probabilidade