

RENATO CAMPBELL ROCHA

DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS COM E SEM MICORRIZAÇÃO
TRANSPLANTADAS PARA SOLO DEGRADADO CONTENDO DOSES CRESCENTES DE
FÓSFORO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador:
Prof. José Oswaldo Siqueira

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1995

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e
Catalogação da Biblioteca Central da UFLA

Rocha, Renato Campbell

Desenvolvimento de espécies arbóreas com e sem
micorrização transplantadas para solo degradado
contendo doses crescentes de fósforo / Renato
Campbell Rocha. -- Lavras : UFLA, 1995.

74 p. : il.

Orientador: José Oswaldo Siqueira.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Micorriza. 2. Fósforo. 3. Solo - Degradação.
4. Floresta. 5. Essência nativa. 6. Espécie arbórea.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.85

-634.9

RENATO CAMPBELL ROCHA

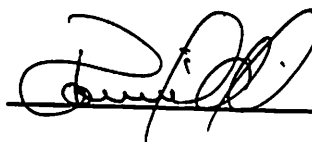
DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS COM E SEM MICORRIZAÇÃO
TRANSPLANTADAS PARA SOLO DEGRADADO CONTENDO DOSES CRESCENTES DE
FÓSFORO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas para a obtenção do título de "Mestre".

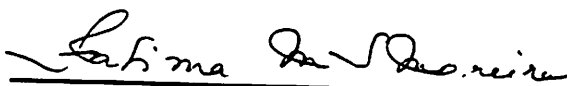
APROVADA EM 05 DE MAIO DE 1995:



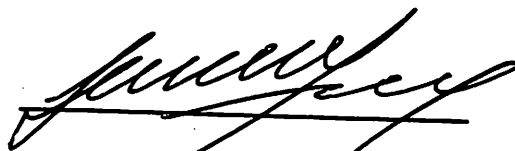
Nilton Curi



Romildo da Silva



Fátima M. S. Moreira



José Oswaldo Siqueira
(Orientador)

Aos meus pais Mary e Adavio,
minha esposa Juciara e ao meu
futuro filho, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela formação profissional e ao Departamento de Ciência do Solo pela oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos e a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho.

Ao Professor José Oswaldo Siqueira, pela exigente e competente orientação, e objetividade científica.

Ao Professor Romildo da Silva pela amizade e pelo sincero incentivo nas importantes decisões profissionais.

Ao Professor Nilton Curi pela importante indicação profissional.

Ao Departamento de Ciências Florestais pelo auxílio e informações concedidas.

Aos funcionários do Departamento de Solos (UFLA) pela ajuda nos trabalhos e nas análises de laboratório.

À todos os colegas de curso, especialmente Eliane, Renato, Cristiane, Hedinaldo e Daniela.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS | v |
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| RESUMO | x |
| SUMMARY | xii |
| 1 - INTRODUÇÃO | 01 |
| 2 - REFERENCIAL TEÓRICO | 03 |
| 2.1 - Degradação do solo e reabilitação de áreas degradadas. | 03 |
| 2.2 - Endomicorrizas em ecossistema florestais..... | 06 |
| 2.3 - Resposta à adubação fosfatada..... | 08 |
| 3 - MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 3.1 - Coleta e preparo do solo..... | 12 |
| 3.2 - Formação e transplante das mudas..... | 13 |
| 3.3 - Condução de experimento..... | 15 |
| 3.4 - Avaliação..... | 15 |
| 4 - RESULTADOS e DISCUSSÃO | 17 |
| 4.1 - Acacia..... | 17 |
| 4.2 - Cassia..... | 17 |
| 4.3 - Ipe..... | 25 |
| 4.4 - Cinamomo..... | 29 |
| 4.5 - Angico..... | 33 |
| 4.6 - Jacaranda..... | 38 |
| 4.7 - Fedegoso..... | 43 |
| | 48 |
| 5 - CONCLUSÕES | 53 |
| 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 54 |
| 7 - ANEXO | 63 |

LISTA DE TABELAS

| Tabela..... | Página |
|---|--------|
| 1 - Características físicas e químicas do subsolo de Latossolo Roxo degradado..... | 12 |
| 2 - Identificação e características das espécies estudadas..... | 14 |
| 3 - Principais características vegetativas das mudas produzidas em bandejas de poliestireno aos 100 dias de idade..... | 14 |
| 4 - Adubações de cobertura realizadas durante o desenvolvimento pós-transplante das mudas..... | 16 |
| 5 - Efeito dos tratamentos nos parâmetros de crescimento, colonização e nodulação para as sete espécies estudadas..... | 18 |
| 6 - Efeito dos tratamentos nos teores de nutrientes para as sete espécies arbóreas..... | 19 |
| 7 - Efeito das doses de P nos teores de nutrientes da parte aérea da Acacia..... | 24 |
| 8 - Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea da Cassia..... | 28 |
| 9 - Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Ipe..... | 33 |
| 10- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Cinamomo..... | 37 |
| 11- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos parâmetros de crescimento e colonização micorrízica do Angico..... | 42 |
| 12- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Angico..... | 43 |
| 13- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos parâmetros de crescimento do Jacaranda..... | 47 |

- 14- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Jacaranda.....47
- 15- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Fedegoso.....52
- 16- Resumo das análises de variância e quadrados médios dos parâmetros de crescimento estudados de 4 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).....63
- 17- Resumo das análises de variância e quadrados médios dos parâmetros de crescimento estudados de 3 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).....64
- 18- Resumo das análises de variância e quadrados médios dos parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de 4 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).....65
- 19- Resumo das análises de variância e quadrados médios dos parâmetros de crescimento e colonização de 3 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).....66
- 20- Resumo das análises de variância e quadrados médios dos teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de 4 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).....67
- 21- Resumo das análises de variância e quadrados médios dos teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de 3 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).....68
- 22- Resumo das análises de variância e quadrados médios dos teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de 4 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).....69
- 23- Resumo das análises de variância e quadrados médios dos teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de 3 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).....70

- 24- Resumo dos ajustes de regressão dos teores de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) na matéria seca da parte aérea da Acácia e Cassia em função da pré-colonização (MA) e doses de P.....71
- 25- Resumo dos ajustes de regressão dos teores de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) na matéria seca da parte aérea do Ipe e Cinamomo em função da pré-colonização (MA) e doses de P.....72
- 26- Resumo dos ajustes de regressão dos teores de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) na matéria seca da parte aérea da Jacaranda e Fedegoso em função da pré-colonização (MA) e doses de P.....73
- 27- Resumo dos ajustes de regressão dos teores de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) na matéria seca da parte aérea do Angico em função da pré-colonização (MA) e doses de P.....74

LISTA DE FIGURAS

| Figura..... | Página |
|---|--------|
| 1 - Efeito do fósforo e da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), raiz (b), relação raiz/parte aérea (c), total (d) e teores de Zn (e) e P (f) na parte aérea da Acacia..... | 20 |
| 2 - Efeito da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), matéria seca total (b), número de nódulos/planta (c), colonização (d), altura de plantas (e) e teor de Ca (f), Fe (g) e B (h) na parte aérea da Acacia..... | 22 |
| 3 - Efeito do fósforo e da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), total (b), altura de plantas (c), diâmetro do caule (d) e teores de P (e) na parte aérea da Cassia..... | 26 |
| 4 - Efeito da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), matéria seca total (b), raiz (c), e teor de S (d) e Zn (e) na parte aérea da Cassia..... | 27 |
| 5 - Efeito do fósforo e da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), total (b), altura de plantas (c), diâmetro do caule (d), colonização micorrízica (e) e teores de P (f) na parte aérea do Ipe..... | 30 |
| 6 - Efeito da pré-colonização no diâmetro do caule (a) e teor de Mn (b) e Cu(c) na parte aérea do Ipe..... | 32 |
| 7 - Efeito do fósforo e da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), total (b), diâmetro do caule (d) e teores de P (e) na parte aérea do Cinamomo..... | 34 |
| 8 - Efeito da pré-colonização na altura de plantas (a), colonização micorrízica (b), e teor de N (c), Ca (d), P (e), K (f), Mn (g), Cu (h) e Fe (i) na parte aérea do Cinamomo..... | 36 |

- 9 - Efeito do fósforo e da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), relação raiz parte/aérea (b), diâmetro do caule (c) e teores de P (d) na parte aérea do Angico.....39
- 10- Efeito da pré-colonização no diâmetro do caule (a) e teor de Mg (b) na parte aérea do Angico.....41
- 11- Efeito do fósforo e da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), altura de plantas (b), diâmetro do caule (c) e teores de P (d) na parte aérea do Jacaranda.....44
- 12- Efeito da pré-colonização na produção de matéria da parte aérea (a), altura de plantas (b) e teor de Ca (c), Mg (d) e Cu (e) na parte aérea do Jacaranda.....46
- 13 - Efeito do fósforo e da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), raiz (b), diâmetro do caule (c) e teores de P (d) na parte aérea do Fedegoso.....49
- 14 - Efeito da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), matéria seca total (b), diâmetro do caule(c) e teor de N (d), P (e), K (f) e Fe (g) na parte aérea do Fedegoso.....51

RESUMO

ROCHA, Renato Campbell. **Desenvolvimento de espécies arbóreas com e sem micorrização transplantadas para solo degradado contendo doses crescentes de fósforo.** Lavras, UFLA, 1995. 63p.
(Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

Avaliaram-se os efeitos da pré-colonização com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no desenvolvimento de mudas das espécies arbóreas acacia (*Acacia mangium*), cassia verrugosa (*Senna multijuga*), ipe mirim (*Stenolobium stans*), cinamomo (*Melia azedarach*), angico amarelo (*Peltophorum dubium*), jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) e fedegoso (*Senna macranthera*), transplantadas para solo contendo doses crescentes de P solúvel. O estudo foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da UFLA-Lavras (MG) em vasos de plástico contendo 5dm³ de solo, no período de dezembro de 1993 a abril de 1994. Mudas formadas em bandejas de poliestireno contendo substrato composto de 20% de torta de filtro, 40% de casca de arroz carbonizada, 25% de solo e 15% de vermiculita, fumigado, com e sem infestação com FMAs (*Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*), na dosagem de 5 esporos/ml de substrato, foram transplantadas para solo degradado contendo 0, 50, 100, 200 e 300mg de P/kg de solo, adicionadas na forma de superfosfato triplo (44% P₂O₅), em esquema fatorial 5x2, com 5 repetições. Após o crescimento por 120 dias com umidade de solo mantida a 60% do VTP, as plantas foram cortadas e a produção de matéria seca determinada. As raízes foram separadas e retiradas amostras para avaliação da colonização micorrízica e secas em

*Orientador: José Oswaldo Siqueira; Membros da banca: Romildo da Silva, Nilton Curi e Fátima M. S. Moreira.

avaliação da colonização micorrízica e secas em estufas para determinação do peso de matéria seca.

O crescimento pós-transplante das mudas foi influenciado pelas doses de P e pela pré-colonização com FMAs para todas as espécies estudadas. Para o fedegoso, cassia e jacaranda as doses de P exerceram efeito quadrático na produção de matéria seca, que atingiu máximo nas doses 230, 216 e 207 mg de P/kg de solo, respectivamente. Para o ipe, apesar de não ter sido encontrado ajuste de regressão, a maior produção de matéria seca foi alcançada na dose de 100mg de P/kg de solo. O cinamomo e angico exibiram respostas positivas às doses de P no solo, sendo resposta dependente da pré-colonização, enquanto para a acacia, a adição de P ao solo teve efeito depressivo no crescimento. A pré-colonização das mudas foi benéfica para acacia, cassia e angico, e depressiva para o ipe, cinamomo, fedegoso e jacaranda, nesta fase do crescimento. A nodulação da acacia foi favorecida pela pré-colonização com FMAs, independentemente das doses de P. A absorção de P aumentou com as doses de P no solo para todas as espécies. A pré-colonização com FMAs aumentou a absorção de outros nutrientes além do P, como: Fe na acacia; S na cassia; Cu no ipe; e K, Mn, Cu e Fe no cinamomo. Possíveis mecanismos envolvidos nestas respostas e a implicação destes resultados para a reabilitação de solos degradados, são discutidos.

SUMMARY

Development of woody species with and without mycorrhization transplanted to a degraded soil amended with increasing phosphorus doses

The effects of pre-colonization with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on growth and development of seedlings of the woody species acacia (*Acacia mangium*), cassia verrugosa (*Senna multijuga*), ipe mirim (*Stenolobium stans*), cinamomo (*Melia azedarach*), angico amarelo (*Peltophorum dubium*), jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) and fedegoso (*Senna macranthera*), transplanted to a degraded soil containing increasing soluble P doses were evaluated. The study was carried out under greenhouse conditions at the Soil Science Department of the Federal University of Lavras-UFLA (MG), Brazil, in plastic pots containing 5dm³ of soil, conducted from december 1993 to april 1994. Seedlings were raised in polistiren trays containing a fumigated soil-mixed substrate, with and without infestation of AMF (*Glomus etunicatum* and *Gigaspora margarita*), at 5 spore/ml of soil mixed. They were then transplanted to a degraded soil containing 0, 50, 100, 200 and 300 mg of P/kg of soil (as triple superphosphate with 44% P₂O₅). The experiment was 5x2 factorial design, with 5 replications. After growing for 120 days, with soil moisture maintained at 60% of the total volume of pore spaces, plants were cut and shoot and root dry matter yield determined.

Fresh roots samples were also taken for mycorrhizal colonization assessments.

Seedlings growth after-transplanting was influenced by P doses and by pre-colonization with AMF for all species. For fedegoso, cassia and jacaranda P doses had quadratical effect on dry matter yield which maximum seeing achieved with in doses of 230, 216 and 207 mg of P/kg of soil, respectively. Ipe seedlings also responded to P, but regression fitness were found. Dry matter yield was higher as the 100 mg of P/kg of soil than any other dose. Cinamomo and angico showed positive responses to P doses in the soil, being this response dependent of pre-colonization, while for the acacia, the P addition to the soil had depressive effect in its growth. The pre-colonization of seedlings with AMF was beneficial for growth acacia, cassia and angico, and depressive for ipe, cinamomo, fedegoso and jacaranda, after 120 days following transplant. Nodulation of acacia was favored by the pre-colonization with AMF, independently of P doses. Pre-colonization with AMF increased the absorption of the other nutrients in addition to P, such as: Fe in acacia; S in cassia; Cu in ipe; and K, Mn, Cu and Fe in cinamomo. Possible mechanisms involved in these responses and the implication of these results for the rehabilitation of degraded soils are discussed.

1 - INTRODUÇÃO

A degradação ambiental provocada por processos naturais e antropogênicos, tais como o uso agrícola inadequado do solo e construção civil, representam sérias ameaças à conservação dos recursos naturais e aspectos sócio econômicos, e à sustentabilidade da vida no planeta. As áreas degradadas, caracterizam-se pelo empobrecimento ou erosão do solo, instabilidade hídrica, redução da produtividade e da diversidade biológica. O restabelecimento da diversidade biológica em áreas degradadas envolve tanto o conhecimento dos componentes que atuam neste sistema quanto a forma adequada de manejo dos recursos naturais como o solo, a fauna e a flora.

A recomposição florística constitui uma das principais estratégias de recuperação ambiental. A utilização de espécies florestais, constitui um importante meio para a reabilitação de ecossistemas degradados, podendo reverter os processos de degradação, como por exemplo através da estabilização do solo pelo desenvolvimento de sistemas radiculares extensos, e aumento da matéria orgânica através da produção de liter subsuperficial que facilita a atividade biológica do solo.

Um dos fatores que dificulta o desenvolvimento e estabelecimento dessas espécies florestais, refere-se à baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Entretanto, diversos estudos têm salientado a importância da utilização de microrganismos simbiotes, como os fungos micorrízicos arbusculares na revegetação dessas áreas, principalmente no que se refere a maior absorção de fósforo e

água devido a maior exploração do solo pelo micélio fúngico. Por outro lado, a presença de leguminosas em sistemas florestais, dada a sua capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico, possibilita a manutenção de níveis adequados deste nutriente no solo, podendo substituir parcialmente ou totalmente o uso de fertilizantes nitrogenados, que são de custo elevado e que podem causar impacto ao ecossistema.

Portanto, o conhecimento dos requerimentos nutricionais e do comportamento das espécies que apresentam potencial de inoculação micorrízica, são fatores que podem contribuir para o sucesso de um programa de recuperação de áreas sob interferência ou já degradadas.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de doses crescentes de fósforo no desenvolvimento de mudas de sete espécies arbóreas pré-colonizadas ou não com fungos micorrízicos arbusculares e transplantadas para solo degradado.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - Degradação do solo e reabilitação de áreas

degradadas:

O equilíbrio natural de um ecossistema pode ser alterado por mudanças na atividade dos agentes naturais. Conseqüentemente, a estrutura, morfologia e diversidade de espécies da vegetação clímax podem ser degradadas, ocorrendo concomitantemente danos generalizados aos processos ou componentes biológicos, químicos e físicos do solo (Herrera, Salamanca e Barea, 1993).

Segundo Lal (1987) os processos de degradação do solo influenciam os fatores edáficos e resultam numa baixa produção. Entretanto, é difícil distinguir os diferentes processos de degradação, devido a forte interação que existem entre eles. Tais processos, incluem a diminuição do conteúdo de matéria orgânica, elevação da temperatura do solo, degradação da estrutura, eluviação de argilas e lixiviação de nutrientes. A construção de barragens em usinas hidrelétricas tem contribuído para degradação do solo em função da remoção de extensas camadas superficiais de solo, denominadas áreas de empréstimo. Essas áreas, permanecem expostas às condições ambientais por vários anos devido a dificuldade de regeneração natural causada pela baixa fertilidade do solo remanescente, podendo acarretar ainda, erosão e conseqüentemente um assoreamento do reservatório.

Portanto, outro importante fator capaz de intensificar o processo de degradação do solo é a erosão, provocada pelo vento ou pela água, cujo sucesso de práticas eficientes de conservação do solo está correlacionado, entre outras, com as propriedades inerentes ao solo, principalmente pela habilidade de manter ou criar agregados estáveis devido a maior coesão de partículas do solo e tornando-o mais resistente à erosão (Miller e Jastrow, 1992). A produtividade de muitos solos, particularmente aqueles dos trópicos é seriamente afetadas pelas perdas de solo, sendo aquela perda atribuída às alterações nas propriedades químicas e físicas do solo (Lal, 1984) e nas populações microbiológicas (Habte, 1989). Este último autor estudando o efeito da erosão simulada na atividade de fungos micorrízicos arbusculares, verificou que parte dos efeitos adversos da remoção da superfície do solo sobre a colonização de raízes e a efetividade simbiótica, é devida às alterações das propriedades químicas e físicas do solo. Erosão simulada excedendo 7,5cm de remoção da superfície do solo reduziu a atividade dos propágulos destes fungos. Fato, já verificado por Powell (1980).

Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) contribuem para o processo de formação de uma estrutura estável do solo (Miller e Jastrow, 1990). A contribuição das hifas para a formação de agregados do solo se deve primariamente ao emaranhamento físico, sendo que, neste mecanismo o qual ocorre na rizosfera, as hifas externas envolvem os microagregados facilitando a formação de agregação maiores e mais estáveis (Miller e Jastrow, 1992). Assim, a infestação de solos degradados com FMAs é de grande importância quando se pretende a recuperação funcional do mesmo (Hall, 1980).

Princhett e Fisher (1987) salientam que embora a maioria dos solos de floresta não requerem técnicas especiais de manejo para manter a produção, as áreas degradadas exigem um manejo especial e melhores técnicas para assegurar a sobrevivência e o

crescimento das árvores. Estas áreas incluem locais de mineração, solos úmidos minerais e orgânicos, movimento de dunas e semi desertos, e áreas agricultáveis degradadas ou sujeitas à erosão intensa.

A introdução de espécies florestais em ecossistemas degradados, é uma estratégia amplamente empregada em programas de recuperação florística. Parrota (1992), estudando a introdução de espécies florestais na recuperação de ecossistemas tropicais degradados, encontrou maiores concentrações de nitrogênio na planta e na biomassa do solo, assim como maiores concentrações de carbono orgânico no solo para os locais onde se utilizou *Albizia lebeck*. O autor sugere ainda que, a seleção de espécies e práticas de manejo baseadas no conhecimento da sucessão natural e dos processos de reciclagem de nutrientes, tornam o reflorestamento um instrumento promissor para a recuperação de áreas degradadas nos trópicos. Herrera, Salamanca e Barea (1993), também trabalhando com leguminosas florestais inoculadas com FMAs e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, selecionados para ecossistemas desérticos, verificaram após quatro anos que somente as espécies florestais nativas foram capazes de se estabelecer nas condições do estudo. Eles concluíram que a manipulação biotecnológica das mudas usadas para a revegetação através da inoculação com microrganismos estimula o crescimento e sobrevivência das plantas, garantindo assim o desenvolvimento da cobertura e da biomassa vegetal. Certas espécies como as do gênero *Acacia* apresentam um elevado potencial de desenvolvimento quando introduzidas em solos com deficiência de nitrogênio (Langkamp, Farnell e Dalling, 1992) e fósforo, devido ao efeito combinado de dois microssimbiontes, rizóbio e fungos MA, cuja interação entre esses dois microrganismos e a planta hospedeira é sinérgica (Langkamp e Dalling, 1982).

Portanto, para o restabelecimento de ecossistemas funcionais torna-se necessário o conhecimento e desenvolvimento de melhores métodos, que permitam, com um mínimo de investimento, restabelecer e posteriormente estabilizar a diversidade biológica das áreas em recuperação (Reeves et al., 1979).

2.2 - Endomicorrizas em ecossistemas florestais:

As micorrizas são associações simbióticas mutualísticas formadas entre certos fungos do solo e as raízes da maioria das plantas. Elas são divididas em dois grupos principais denominados ecto e endomicorrizas. As ectomicorrizas predominam em ecossistemas florestais especialmente naqueles dominados por coníferas, enquanto as micorrizas do tipo arbuscular são de ocorrência generalizada nos diversos ecossistemas terrestres, sendo encontrada na maioria das espécies vegetais superiores (Siqueira e Franco, 1988). A importância das associações micorrízicas para as espécies florestais foi provavelmente relatada pela primeira vez em plantações experimentais de *Pinus* exóticos, em várias partes do mundo, as quais não obtinham êxito até a introdução dos fungos micorrízicos (Pritchett e Fisher, 1987). Estas associações, juntamente com as simbioses fixadoras de nitrogênio atmosférico representam importantes mecanismos que capacitam as plantas a mobilizar e reutilizar fontes restritas de fósforo e nitrogênio, em solos de baixa fertilidade em ecossistemas degradados (Siqueira, 1993), tornando-se de grande importância para o estabelecimento de plantas em habitat degradados, estéril ou secos, pobres em nutrientes e/ou água, como locais de mineração, dunas costeiras e ecossistemas semi-degradados (Reeves et al., 1979; Janos, 1980; Menge, 1983;

Stahl, Willians e Christensen, 1988; Veenendaal et al., 1992; Brundrett e Abbott, 1994; Roldan-Fajardo, 1994).

Segundo Perry, Molina e Amaranthus (1987), existem três fatores que influenciam o potencial de inoculação micorrízica em áreas degradadas: a presença de plantas hospedeiras que forneçam a energia necessária para as populações de fungos micorrízicos se manter e/ou se multiplicar; o balanço entre a mortalidade e a entrada de propágulos; e a diversidade de espécies de fungos, que está diretamente associada as alterações ambientais durante o processo de degradação. Moorman e Reeves (1979) estudando o efeito da degradação do solo na infectividade micorrízica em raízes de milho encontraram valores de 2 e 77% para solos degradados e não degradados, respectivamente. A importância relativa de esporos, raízes micorrízicas ou hifas como propágulos determina como a infectividade é severamente reduzida nos solos degradados. As hifas no solo, são especialmente vulneráveis à degradação (Jasper, Abbott e Robson, 1989; Evans e Miller, 1990). No entanto, as espécies de fungos podem diferir na capacidade de seus propágulos sobreviverem em solos degradados. Jasper, Abbott e Robson (1991) estudando a infectividade micorrízica em três solos com diferentes tipos de vegetação, verificaram que devido ao maior número de propágulos nos solos sob pastagem em comparação ao solo sob floresta, permite naquele a manutenção de alta infectividade após a degradação do solo. Stahl, Willians e Christensen (1988), estudando a eficiência de fungos micorrízicos nativos após a degradação do solo, encontrou que as populações individuais de FMAs podem apresentar pequenas taxas de tolerância as condições ambientais adversas, indicando com isso, que o mecanismo primário de adaptação destes fungos está relacionado com as diferenciações genéticas intra específicas, ressaltando portanto a importância de seleção de espécies eficientes.

Já em habitat semi-árido degradados, com baixa vegetação de cobertura, as perdas de água na superfície do solo e a erosão do solo, podem afetar o número de propágulos micorrízicos, limitando as possibilidades de colonização (Habte et al., 1988). Carpenter e Allen (1988) observaram uma maior percentagem de sobrevivência de plantas inoculadas com FMAs e rizóbio em relação as não inoculadas, assim como uma maior produção de biomassa total e maior concentração de N e P, estudando o efeito destas associações simbióticas em áreas degradadas sobre ambiente semi-árido.

Trabalhos mais recentes, utilizando espécies florestais (Michelsen e Rosendahl, 1990; Habte e Turk, 1991); culturas anuais como a soja (Bethenfalvay e Yoder, 1981; Pacovsky, Bethenfalvay e Paul, 1986); e perenes como café (Siqueira et al., 1993), evidenciam o benefício da inoculação com FMAs, obtendo-se aumentos significativos tanto em termos de desenvolvimento inicial de mudas como em produções agrícolas, quando implantados em solos deficientes em fósforo.

Portanto um melhor entendimento destes processos é de crucial importância para o manejo florestal, permitindo a implantação e o monitoramento de programas de recuperação florística em áreas degradadas.

2.3 - Resposta à adubação fosfatada:

A disponibilidade de fósforo inorgânico para as espécies florestais depende de vários fatores (Pritchett e Fisher, 1987), como a acidez do solo, solubilidade do ferro, alumínio e manganês (os quais formam precipitados insolúveis com fósforo em solos muito ácidos); da disponibilidade de cálcio (que reage com fósforo, reduzindo sua solubilidade em solos menos ácidos); da atividade de microrganismos que contribuem para a decomposição da matéria orgânica, e; do potencial de oxi-redução que controla

a solubilidade do ferro e de vários complexos orgânicos que podem precipitar os fosfatos. Em solos com deficiência de P, as micorrizas tornam-se de grande importância, pois podem aumentar a absorção deste nutriente pelas raízes. Segundo Munns e Mosse (1980), três fatores determinam a capacidade dos FMAs de promover a absorção de fósforo pelas plantas: a) espécies de plantas - tipo de sistema radicular, crescimento e requerimento nutricional em fósforo; b) espécies de fungos - os diferentes fungos não possuem hospedeiro específico como ocorre na simbiose leguminosa-rizóbio e sua eficiência está relacionada com a capacidade de absorver, translocar e liberar P para o hospedeiro; c) disponibilidade de fósforo - a quantidade de fósforo disponível em um dado solo pode limitar o potencial micorrízico. O efeito do fósforo na colonização de raízes de plantas por fungos endomicorrízicos são complexos (Bruce, Smith e Tester, 1994; Jasper e Davy, 1993; Amijee, Stribley e Tinker, 1993) e apresentam enorme variação entre as espécies de plantas quanto a sua responsividade para infecção micorrízica (Koide, 1991). Para um dado requerimento de fósforo, a variabilidade entre as espécies de plantas em resposta a colonização micorrízica se deve a variabilidade inerente da capacidade de aquisição de fósforo (Koide e Li, 1991; Siqueira, Hubbell e Valle, 1984; Siqueira e Colozzi-Filho, 1986; Arines e Vilarino, 1989; Gruhn, Roncadori e Kormanik; 1987; Miranda, Harris e Wild, 1989).

Como, geralmente as espécies florestais apresentam um crescimento inicial lento e um sistema radicular pouco desenvolvido, estas exigem um maior requerimento externo de P, em função deste elemento apresentar baixa mobilidade na solução do solo, dificultando, o seu alcance pelas raízes e criando zonas de depleção ao redor das mesmas (Fox, 1981).

As espécies arbóreas variam muito quanto a sua resposta a adição de P. Segundo Sun, Simpson e Sands (1992), a *Acacia mangium* apresentou maior crescimento com a aplicação de 10 μg P/g de solo. Quando se aplicou 30 μg de P/g de solo, houve redução no seu crescimento e a aplicação de 80 μg de P/g de solo, resultou em aparecimento de sintomas de toxidez de fósforo. Este resultado corrobora com os encontrados por Maestri et al., (1987), com *Acacia mearnsii*, que observaram uma redução no crescimento desta espécie quando foi utilizado doses superiores a 21 μg de P/g de solo. Já Jasper, Abbott e Robson (1989), trabalhando com *Acacia concurrens*, encontraram respostas positivas á adição de 3,8 μg de P/g de solo, em solo com baixo poder de adsorção de fósforo e redução no crescimento quando se utilizou doses superiores à aquela. Reno (1994), encontrou baixo requerimento de P para *Senna multijuga* em Latossolo vermelho amarelo, entretanto, esta espécie demonstrou elevada resposta à adição de pequenas doses deste nutriente (30 μg P/g solo) e redução no seu crescimento com a aplicação de altas doses de P. Esse comportamento também foi verificado por Lima (1995) com dose de 50g de superfosfato simples/cova sob condições de campo. Para *Peltophorum dubium*, Faria (1993) encontrou maiores incrementos para todas as variáveis de crescimento analisadas com a aplicação de 30mg P/kg solo, sendo os demais incrementos proporcionalmente menores. Lima (1995) encontrou resposta positiva desta espécie, até a dose de 200g de superfosfato simples/cova. Esse mesmo autor, estudando ainda a espécie *Senna macranthera* verificou comportamento semelhante entre esta espécie e a *Senna multijuga*.

Outras espécies pertencentes a diferentes famílias e grupos ecológicos tem sido estudados quanto as exigências nutricionais e respostas à adição de nutrientes ao solo.

Geralmente, as respostas são positivas à adição de doses moderadas de fósforo, o que tem contribuído para o estabelecimento e crescimento satisfatório destas espécies, tanto em condições de ambiente controlado quanto a campo (Reno, 1994; Faria, 1993; Oliveira, 1995; Lima, 1995). Embora, a absorção anual de nutrientes pelas espécies florestais se aproxime da absorção de culturas agrícolas, apenas pequenas quantidades de nutrientes são necessárias para manter o crescimento das espécies florestais (Princhett e Fisher, 1987).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Coleta e preparo do solo:

O experimento foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se subsolo de um Latossolo Roxo decaptado, proveniente de área de empréstimo de construção de barragem da Represa da hidrelétrica de Volta Grande (MG).

As amostras de solo foram coletadas, secas ao ar, peneiradas em malha de 5mm e analisadas (Tabela 1). O solo recebeu calagem com calcário dolomítico para elevar a saturação de bases para 60%, e adubação potássica, na forma de cloreto de potássio, com 48 μg de K/g de solo.

Tabela 1 - Características físicas e químicas do subsolo de Latossolo Roxo degradado.

| pH água (1:2,5) | P | K | Ca | Mg | Al | H+Al | matéria orgânica |
|-----------------------|------------------|------------|----------------------------------|-------|--------|-------|---------------------|
| | ----- mg/kg----- | | ----- mmol/dm ³ ----- | | | | g/kg |
| 5,0 | 1,0 | 12,0 | 2 | 1 | 1 | 15 | 1,2 |
| Areia grossa | Areia fina | | Silte | | Argila | | |
| ----- | | ----- g/kg | | ----- | | ----- | |
| 50 | 250 | | 50 | | 650 | | |

Após a incubação por 30 dias, o solo apresentou as seguintes características: pH em água = 5,5; Ca = 33mmol⁺/dm³; Mg = 9mmol⁺/dm³ ; K = 55mg/kg de solo; Al = 1mmol⁺/dm³ .

3.2 - Formação e transplante das mudas:

As espécies estudadas e respectivas classificação taxonômicas e grupos ecológicos, de acordo com Lorenzi (1992), são apresentados na Tabela 2.

As sementes das espécies *Acacia mangium*, *Cassia Verrugosa* (*Senna multijuga*), *Ipe Mirim* (*Stenolobium stans*), *Cinamomo* (*Melia azedarach*), *Angico Amarelo* (*Peltophorum dubium*), *Jacaranda Mimoso* (*Jacaranda mimosaeifolia*), e *Fedegoso* (*Senna macranthera*), fornecidas pelo Departamento de Ciências Florestais (UFLA), foram submetidas a pré-tratamento para quebra de dormência. As sementes pré-germinadas foram repicadas para bandejas de poliestireno com substrato composto de 20% de torta de filtro, 40% de casca de arroz carbonizada, 25% de solo e 15% de vermiculita. O substrato foi previamente fumigado com Bromex (brometo de metila 98% + cloropicrina 2%), na dosagem de 393 cm³ /m³ de substrato, e inoculado ou não com propágulos de FMAs (*Gigaspora margarita* Becker & Glall e *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann) de modo a atingir 5 esporos/ml de substrato. O substrato não infestado recebeu filtrado de inóculo visando equilibrar a microbiota entre os dois tratamentos. Para acacia, foi realizada inoculação com estirpe de rizóbio específico, fornecido pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia (CNPAB-EMBRAPA). Após o desenvolvimento das mudas, aos 100 dias após a repicagem, quando atingiram altura média variando entre 20 e 35cm (Tabela 3), estas foram transplantadas para vasos com capacidade de 5 dm³, contendo solo degradado e adubado com as doses de fósforo.

Tabela 2- Identificação e características das espécies estudadas.

| Nome comum | Espécie | Família | Grupo |
|------------|--|-----------------|----------|
| Acacia | <i>Acacia mangium</i> (L.) | Mimosoideae | Pioneira |
| Angico | <i>Pelthoporum dubium</i> (Spreng) Taub. | Caesalpinoideae | Pioneira |
| Cassia | <i>Senna multijuga</i> (L.C.Rich.) I.&B. | Caesalpinoideae | Pioneira |
| Cinamomo | <i>Melia azedarach</i> (L.) | Meliaceae | Pioneira |
| Fedegoso | <i>Senna macranthera</i> (Collad.) I.&B. | Caesalpinoideae | Pioneira |
| Ipe mirim | <i>Stenolobium stans</i> (Jun.) Seem. | Bignoniaceae | Pioneira |
| Jacaranda | <i>Jacaranda mimosaeifolia</i> D.Don. | Bignoniaceae | Pioneira |

Tabela 3 - Principais características vegetativas das mudas produzidas em bandejas de poliestireno aos 100 dias de idade.

| Espécie | Altura de plantas (cm) | | Diâmetro do caule (mm) | |
|------------|------------------------|-------|------------------------|------|
| | + MA | - MA | + MA | - MA |
| Cassia c | 33,16 | 29,44 | 2,56 | 2,49 |
| Acacia | 25,40 | 22,82 | 2,72 | 2,64 |
| Ipe | 32,02 | 33,36 | 3,83 | 3,76 |
| Fedegoso c | 32,42 | 24,68 | 2,67 | 2,69 |
| Cinamomo | 32,06 | 30,86 | 3,55 | 3,05 |
| Jacaranda | 28,34 | 34,40 | 3,79 | 3,42 |
| Angico c | 22,50 | 19,92 | 3,30 | 3,62 |

3.3 - Condução do experimento:

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial com 5 doses de fósforo (0, 50, 100, 200 e 300mg de P/kg de solo), na forma de superfosfato triplo (44% P_2O_5), e pré-colonização ou não (presença: +MA; ausência: - MA), com 5 repetições. Os níveis de P disponível no solo, recuperado pelo extrator Mehlich-1, para as doses aplicadas de 0, 50, 100, 200 e 300mg de P/kg de solo foram 1, 2, 6, 12 e 17mg de P/kg de solo, respectivamente. O experimento teve duração de 120 dias, após o transplante, onde foram feitas adubações de cobertura (Tabela 4), sendo que a acácia não recebeu adubação nitrogenada. A umidade do solo nos vasos foi mantida em 60% do VTP com água através de pesagens semanais.

3.4 - Avaliação:

Foram avaliados ao final do experimento, os seguintes parâmetros: matéria seca (parte aérea, raiz e total), teores de nutrientes na parte aérea, número e peso de nódulos secos para acácia e colonização micorrízica para todas as espécies.

Os teores de nutrientes foram determinados na matéria seca de parte aérea. Os extratos dos tecidos foram preparados conforme Hunter (1975) e o teor de nitrogênio determinado pelo método de Kjeldall modificado; fósforo e boro por colorimetria (azul de molibdenio e curcumina, respectivamente); potássio por fotometria de chama; cálcio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge e Haag, 1974); e enxofre por turbidimetria (Tabatabai e Bremner, 1970).

A colonização micorrízica das raízes foi quantificada pelo método da placa quadriculada (Giovannetti e Mosse, 1980) em raízes clarificadas com KOH 10% e coloridas com azul de tripano (Kormanik e McGraw, 1982).

Os dados foram submetidos a análise de variância, regressão polinomial e teste de média, com nível de significância de 5%, pelo programa estatístico SANEST (Sarriés, Oliveira e Alves, 1992). Os resultados apresentados no texto para comparar e efeito da pré-colonização (+MA e -MA) estão seguidos de letras, iguais ou distintas, calculadas pelo teste de Tukey com 5% de significância.

Tabela 4 - Adubações de cobertura realizadas durante o desenvolvimento pós-transplante das mudas.

| Fonte de nutriente | Dosagem | Época de aplicação |
|------------------------------|-----------------|------------------------------|
| NH_4NO_3 | 15 mg N/kg solo | 15 dias pós-transplante |
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 20 mg N/kg solo | 50 dias pós-transplante |
| NH_4NO_3 | 20 mg N/kg solo | 75 dias pós-transplante |
| K_2SO_4 | 20 mg K/kg solo | 50 e 75 dias pós-transplante |
| Micronutrientes | * | 30 dias pós-transplante |

* ZnSO_4 (5mg/kg) + $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (1,5mg/kg) + $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,1mg/kg) + H_2BO_3 (0,5mg/kg).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos dos tratamentos nos parâmetros de crescimento, colonização micorrízica e nodulação, e teores de nutrientes nas diversas espécies, encontram-se nas Tabelas 5 e 6, sendo os resultados para cada espécie, apresentados a seguir.

4.1 - Acacia

A Acacia mostrou respostas às doses de P e a pré-colonização com FMAs, sem entretanto ocorrer interação entre esses dois fatores, com exceção dos teores de Zn. Os efeitos das doses de P no crescimento, colonização micorrízica e teores de nutrientes em mudas transplantadas para solo degradado, encontram-se na Figura 1. As respostas às doses de P foram verificadas para produção de matéria seca da parte aérea, raiz e matéria seca total, diâmetro do caule e relação raiz/parte aérea (Tabela 5). Para todos estes parâmetros, a aplicação de P, mostrou efeito depressivo (Figuras 1a-d). A aplicação de P no diâmetro do caule (dados não apresentados), resultou numa redução de aproximadamente 14%, nas plantas adubadas com 50 μ g de P/g de solo, quando comparadas com as plantas que não receberam P. Verificou-se ajuste de regressão para matéria seca de raiz e relação raiz/parte aérea, sendo encontrado resposta quadrática e linear inversa (Figura 1b,c), respectivamente. Para produção de matéria seca da parte aérea e total não foi encontrado ajuste de regressão. A aplicação de 100 mg/kg de P, reduziu em 35% a produção de matéria seca da parte aérea em relação as plantas sem P (Figura 1a).

Tabela 5 - Efeito dos tratamentos nos parâmetros de crescimento, colonização e nodulação para as sete espécies estudadas.

| espécie | tratamento | matéria seca p. aérea (g) | matéria seca da raiz (g) | matéria seca total (g) | relação raiz / p. aérea | colonização (%) | n° de nódulos (n°/planta) | peso de nódulos (mg/planta) | altura (cm) | diâmetro (mm) |
|-----------|------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------|
| Acácia | MA | * | ns | * | ns | ** | * | ns | * | ns |
| | P | * | ** | ** | ** | ns | ns | ns | ns | * |
| | Px MA | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| Cássia | MA | ** | ** | ** | ns | ns | - | - | ns | ns |
| | P | ** | ns | ** | ns | ns | - | - | * | ** |
| | Px MA | ns | ns | ns | ns | ns | - | - | ns | ns |
| Ipê | MA | ns | ns | ns | ns | ns | - | - | ns | * |
| | P | ** | ns | ** | ns | ** | - | - | ** | ** |
| | Px MA | ns | ns | ns | ns | ns | - | - | ns | ns |
| Cinamomo | MA | * | ns | ns | ns | ** | - | - | * | ns |
| | P | ** | * | ** | * | ns | - | - | ** | ** |
| | Px MA | * | * | ns | ns | ns | - | - | ns | ns |
| Angico | MA | ** | ** | ** | ns | * | - | - | * | * |
| | P | ** | ** | ** | * | ** | - | - | ** | ** |
| | Px MA | ** | ** | ** | ns | * | - | - | ns | ns |
| Jacarandá | MA | * | ns | ns | ns | ns | - | - | ** | ns |
| | P | ** | ** | ** | * | ns | - | - | * | ** |
| | Px MA | ns | ns | ns | ns | ns | - | - | ns | ** |
| Fedegoso | MA | ** | ns | ** | ns | ns | - | - | ns | ** |
| | P | ** | ns | ** | ns | ns | - | - | ns | * |
| | Px MA | ns | ns | ns | ns | * | - | - | ns | ns |

*, ** - Significativo pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 6 - Efeito dos tratamentos nos teores de nutrientes para as sete espécies estudadas.

| Espécie | Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | S | Zn | Mn | Fe | Cu | B |
|-----------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Acácia | MA | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns | ns | ** | ns | ** |
| | P | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ns | ns | ** |
| | P x Ma | ns | ns | ns | ns | ns | ns | * | ns | ns | ns | ns |
| Cássia | MA | ns | ** | ns | ns | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | P | ** | ** | ns | ns | * | ** | ns | * | ns | ** | ns |
| | P x Ma | ns | ** | ns | ns | ns | ns | ns | ** | * | ** | * |
| Ipê | MA | ns | ns | ns | ns | ns | * | ns | * | ns | * | ns |
| | P | ns | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | ns | ns | ** |
| | P x Ma | ns | ** | ** | ** | * | ** | ns | ns | ns | ns | * |
| Cinamomo | MA | ** | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | * | ** | ns |
| | P | ns | ** | ns | * | ns | ** | ** | ** | * | ns | ns |
| | P x Ma | ns | ns | ns | ns | * | ** | * | ns | ns | ns | ns |
| Angico | MA | ** | ** | ns | ns | ** | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | P | ** | ** | ns | * | ns | * | ns | ** | ns | ns | * |
| | P x Ma | ** | * | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ** |
| Jacarandá | MA | ** | ** | ** | * | ns | ns | ns | ** | ns | ** | ns |
| | P | ns | ** | ** | * | * | ns | * | ** | ns | ns | * |
| | P x Ma | ** | * | ** | ns | ** | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| Fedegoso | MA | * | * | * | ns | ns | * | ns | ns | * | ns | ns |
| | P | ** | ** | ns | ns | ns | ** | ns | ** | ns | ns | ns |
| | P x Ma | ns | ns | ns | * | ns | ** | * | ns | * | ns | ** |

*,** - Significativo pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

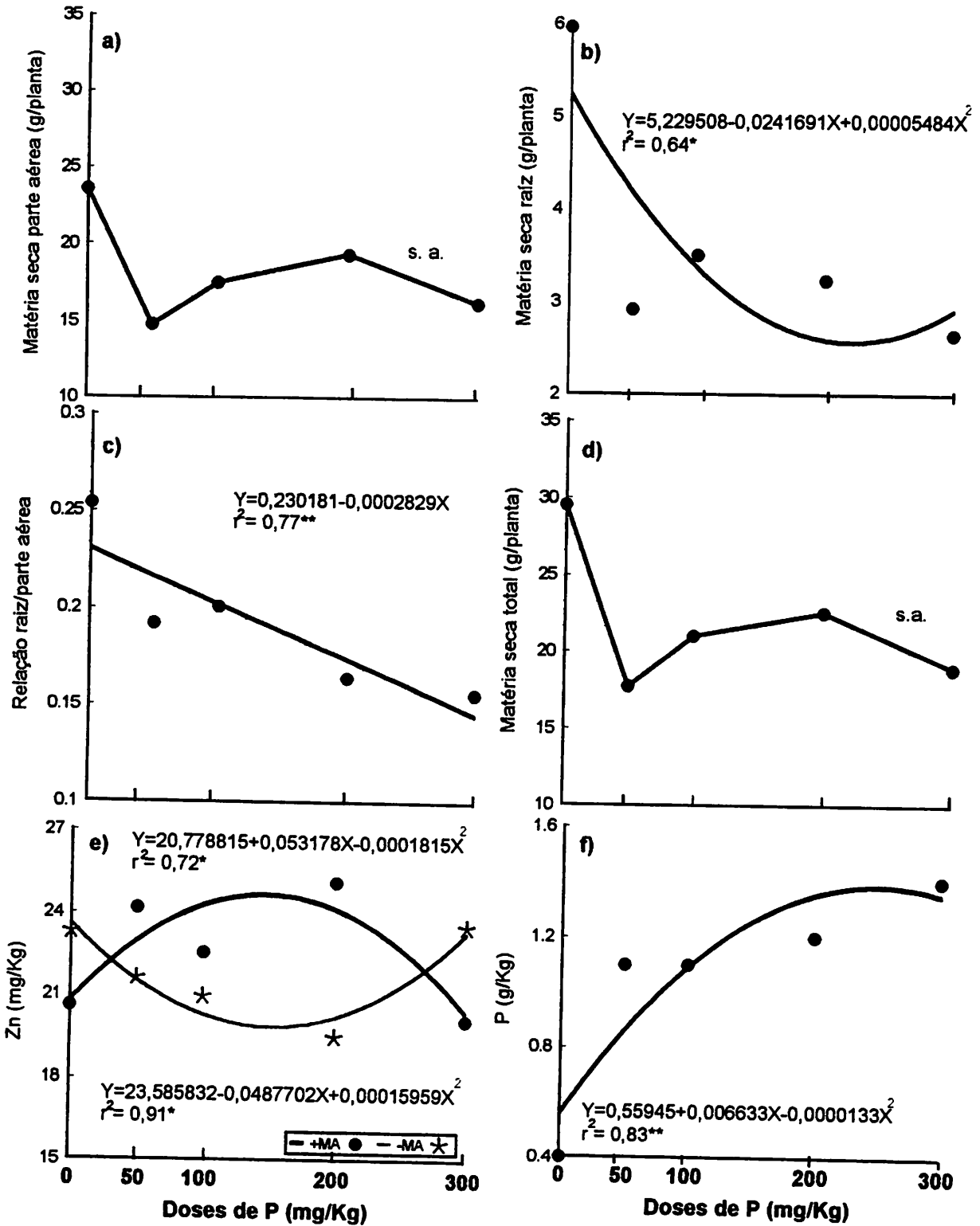


Figura 1 - Efeito do fósforo na produção de matéria seca da parte aérea (a), raiz (b), relação raiz/parte aérea (c), total (d), e teores de Zn (e) e P (f) na parte aérea da Acácia. (s.a. - sem ajuste de regressão)

Os efeitos da pré-colonização com FMAs, diferiram bastante daquelas verificadas para as doses de P (Figura 2). Mudanças submetidas a pré-colonização apresentaram maior porcentagem de colonização após o crescimento por 120 dias em solo degradado, que aquelas sem pré-colonização (Figura 2d). Estes efeitos foram também verificadas para produção de matéria seca da parte aérea e total, número de nódulos/planta e altura de plantas (Figura 2a-e). Apesar da colonização das plantas pré-colonizadas ter sido baixa, esta foi suficiente para promover o crescimento das mudas. Apenas o teor de Fe na parte aérea da Acácia foi aumentada com a pré-colonização, enquanto que o Ca e B apresentaram efeito depressivo (Figura 2f-h). Habte e Aziz (1985) ressaltam que a inoculação com FMAs podem estimular, além do P, a absorção de outros nutrientes como o K, S, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn.

Dentre os nutrientes analisados, apenas o Cu e Fe, não foram influenciados pelas doses de P (Tabela 6 e 7). O efeito de P nos teores deste nutriente na parte aérea (Figura 1f) foram, ao contrário dos parâmetros de crescimento, positivos, e com respostas quadráticas. Verificou-se, no entanto, que as elevações nos teores de P não foram acompanhadas a aumentos de produção de matéria seca nesta espécie. Isto indica a baixa exigência deste nutriente ou elevada capacidade em utilizar o P do solo. Considerando que a maior absorção de P é o principal benefício dos fungos MA, isto explica as baixas respostas encontradas, quando comparadas com outras espécies estudadas por (Koide e Li, 1990; Siqueira e Colozzi-Filho, 1986; Arines e Vilarino, 1989). Verificou-se interação entre as doses de P e a pré-colonização nos teores de Zn (Figura 1e), sendo que as mudas pré-colonizadas apresentaram maiores teores na dose 146 μ g de P/g de solo, enquanto as não inoculadas reduziu seus teores na dose 153 μ g de P/g de solo. Observa-se que os teores de N, Ca, S e B

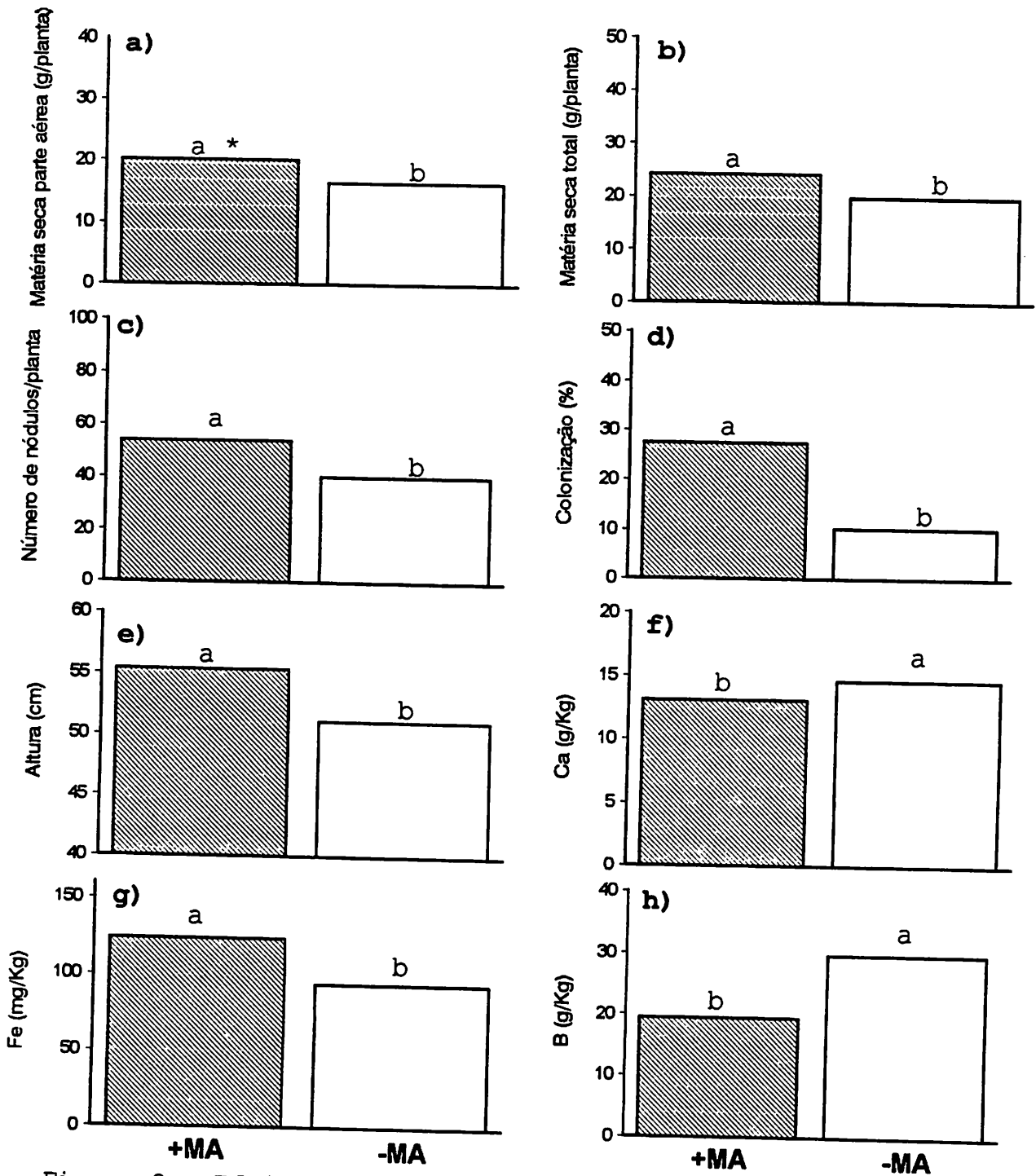


Figura 2 - Efeito da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), matéria seca total (b), número de nódulos/planta (c), colonização micorrízica (d), altura de plantas (e) e teor de Ca (f), Fe (g) e B (h) na parte aérea da Acacia. (*-Letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância).

apresentaram ajuste de regressão quadrática decorrente das doses de P utilizadas (Tabela 7). O mesmo aconteceu com os teores de Mn, porém, o aumento das doses de P no solo reduziu seu teor, podendo neste caso, estar ocorrendo uma competição entre cátions por sítios específicos de absorção na raiz. Este comportamento foi relatado por Reno (1994), onde observou-se uma redução nos teores de Cu com elevação das doses de P no solo, para as espécies *Cedrela fissilis* e *Caesalpineia ferrea*. Os teores de Ca aumentaram com a elevação das doses de P no solo, semelhante aos teores de P, evidenciando o acompanhamento da elevação dos teores destes nutrientes em função da fonte de P estudada (Superfosfato Triplo=44% de P_2O_5 e 13% de Ca). O aumento dos teores de Ca com a elevação das doses de P pode ter resultado em estímulo à absorção de Mg e inibição ao K, evidenciando assim, um efeito de interação entre Ca, Mg e K para esta espécie.

O efeito depressivo das doses de P nos principais parâmetros de crescimento da Acacia pode estar correlacionado com atividade do sistema radicular que apesar de pouco desenvolvido, foi eficiente em promover maior concentração de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S e B na parte aérea. A relação raiz/parte aérea evidencia esse efeito. Segundo Jarrel e Beverly (1981), quando ocorre uma redução ou paralização do crescimento de uma planta, a absorção de nutrientes pode continuar a acumular nos tecidos e conseqüentemente elevar sua concentração por causa do efeito concentração. Este resultado para Acacia contrasta com aqueles encontrados por Faria (1993), Sun, Simpson e Sands (1992) e Renó (1994) estudando esta mesma espécie e Jasper e Davy (1993) estudando a espécie *Acacia auriculiformis*. Entretanto, esses resultados evidenciam a adaptabilidade da Acacia em áreas de baixa fertilidade natural e sua eficiência na capacidade de utilização de fósforo, particularmente onde o

mesmo é limitante (Dias, Alvarez e Brieza Junior, 1990), através de mecanismos de conservação interna e/ou pela presença de associações micorrízicas (Waring e Schelesinger, 1985). De fato, a Acacia ocorre naturalmente em solos ácidos e em concentrações muito baixa de fósforo na solução do solo, chegando até 0,2mg de P/kg de solo.

O aumento do número de nódulos pela pré-colonização é frequentemente associado à melhoria da nutrição fosfatada, possibilitando um melhor estabelecimento da simbiose rizóbio-leguminosa, uma vez que a nitrogenase é dependente de ATP (Chang, Hu e Kao, 1986). Como a pré-colonização não aumentou P, neste estudo, seu efeito na nodulação pode ser resultado de um melhor desenvolvimento geral da planta, além de possíveis efeitos secundários hormonais, decorrentes da associação micorrízica (Barea e Azcon-aguilar, 1983 citados por Renó, 1994).

Tabela 7- Efeito das doses de P nos teores de nutrientes da parte aérea da acácia.

| Nutrientes | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|------------|---------------------------|------|------|------|------|---------------------|----------------|
| | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| N (g/kg) | 17,3 | 21,2 | 23,9 | 25,8 | 22,9 | Q | 0,74** |
| K (g/kg) | 9,6 | 13,2 | 12,2 | 11,0 | 12,6 | s.a. | - |
| Ca (g/kg) | 11,3 | 12,9 | 14,2 | 15,6 | 15,4 | Q | 1,00** |
| Mg (g/kg) | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,7 | 2,8 | L | 0,61** |
| S (g/kg) | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,1 | Q | 0,67** |
| Mn (mg/kg) | 48 | 42 | 38 | 34 | 35 | Q | 0,98* |
| B (mg/kg) | 20 | 23 | 26 | 28 | 26 | Q | 0,80** |

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste

*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Conclui-se que a Acacia não respondeu à adição de P e que a pré-colonização das mudas estimulou o crescimento e nodulação desta espécie nas condições do presente estudo.

4.2 - Cassia

As respostas da Cassia a pré-colonização com FMAs e doses de P foram verificadas para os parâmetros de crescimento, sendo que a interação PxMA ocorreu apenas para teores de alguns nutrientes (Tabelas 5, 6 e 8). Os efeitos das doses de P, só foram verificadas para produção de matéria seca da parte aérea e total, diâmetro do caule e altura de plantas (Figura 3a-d). A aplicação de P influenciou positivamente a produção de matéria seca, sendo encontrada resposta quadrática para produção de matéria seca da parte aérea, com produção máxima estimada na dose de 216mg de P/kg de solo (Figura 3a). As doses de P não afetaram o desenvolvimento radicular e colonização, entretanto, a resposta desta espécie, para crescimento em altura e matéria seca total, foi elevada quando se adicionou pequena quantidade de P, 50mg de P/kg de solo (Figura 3b,c). Este resultado corrobora com Reno (1994) e Lima (1995) estudando esta mesma espécie em condições de casa de vegetação e campo, respectivamente. Para o diâmetro do caule, a produção máxima foi estimada quando se adicionou a dose equivalente a 197mg de P/kg de solo (Figura 3d).

A Cassia mostrou efeito benéfico a pré-colonização para os parâmetros de produção de matéria seca da parte aérea, total e raiz, sendo os ganhos obtidos com a pré-colonização da ordem de 15, 27 e 19%, respectivamente (Figura 4a-c). Tais efeitos, foram alcançados mesmo com baixa colonização (+MA=24,4%; -MA=17,7%) e independente da disponibilidade de P no solo. Reno (1994), estudando esta mesma espécie, verificou que a colonização micorrízica (+MA=50,5%; -MA=44,1%) foi dependente da dose de P

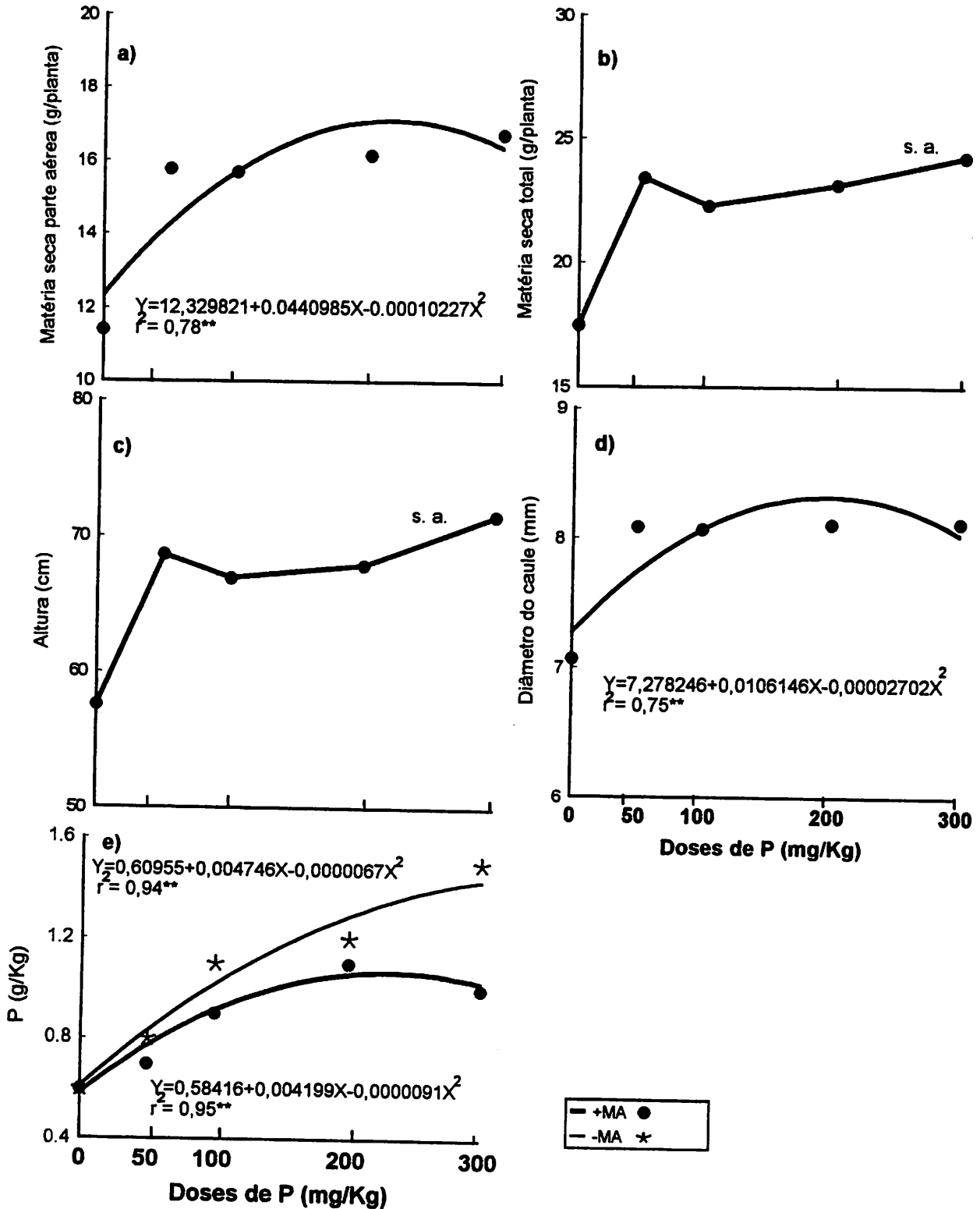


Figura 3 - Efeito do fósforo na produção de matéria seca da parte aérea (a), total (b), altura de plantas (c), diâmetro do caule (d), e teores de P (e) na parte aérea da Cassia. (s.a. - sem ajuste de regressão)

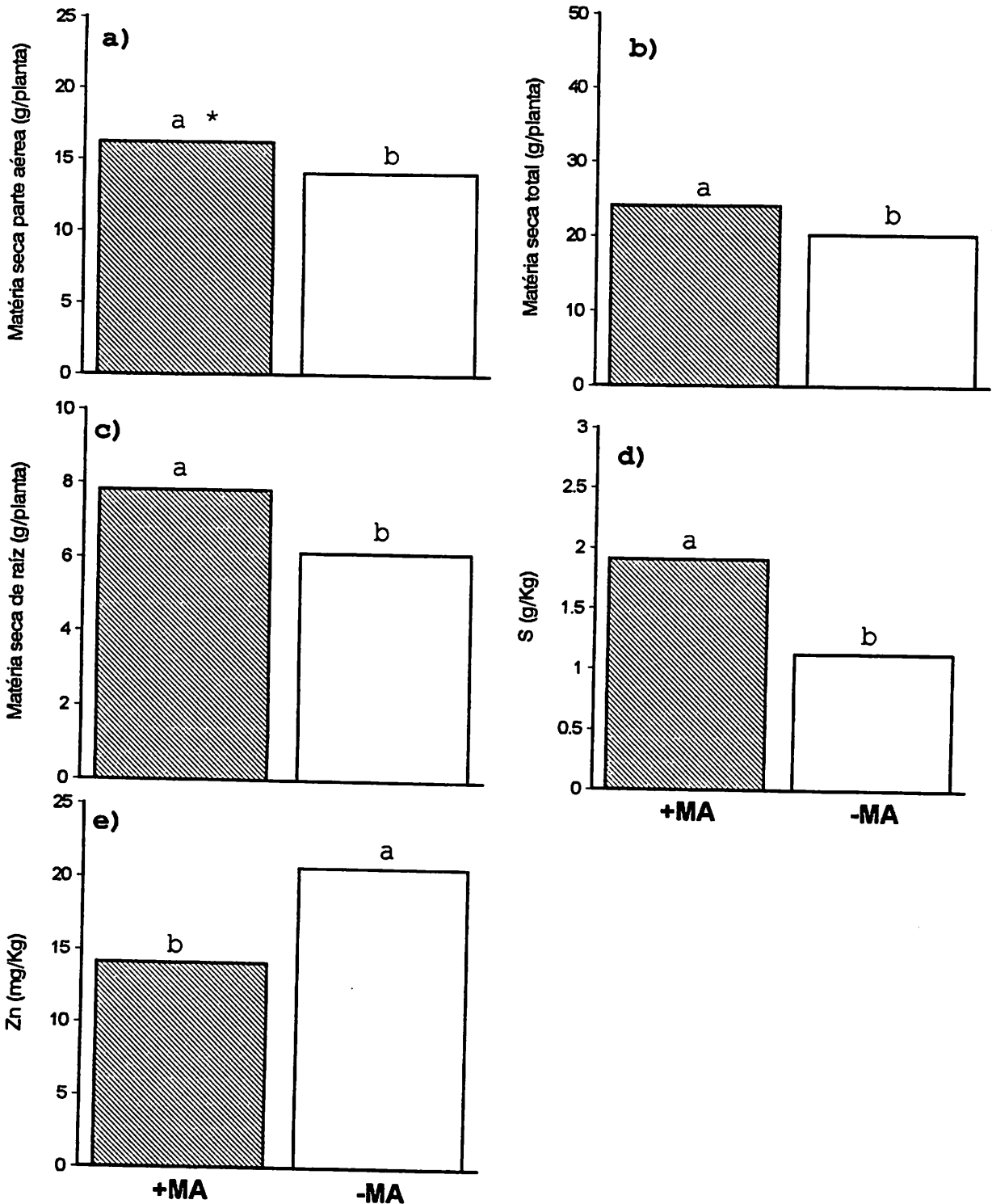


Figura 4 - Efeito da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), matéria seca total (b), matéria seca de raiz (c) e teor de S (d) e Zn (e) na parte aérea da Cassia. (*-Letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância).

utilizada, proporcionando um estímulo à colonização com as doses de P mais elevadas. Já Habte e Turk (1991), estudando o desenvolvimento de *Cassia reticulata* em solos com alta e baixa concentração de P, verificaram taxas de colonização superiores a 50%.

Todos os teores de nutrientes, com exceção do Ca e K, na parte aérea da *Cassia* foram influenciados pelos tratamentos estudados (Tabelas 6 e 8). Os efeitos das doses de P nos teores de N e Mg apresentaram ajuste de regressão quadrática e linear inversa, respectivamente, indicando redução na absorção desses nutrientes, com elevação nas doses de P no solo (Tabela 8). Verificou-se, no entanto, interação significativa entre PxMA para os teores de P (Figura 3e), Mn, B, Cu e Fe, de modo que as mudas pré-colonizadas apresentaram estes teores maiores ou iguais, sem aplicação de P, quando comparada com as plantas não inoculadas, e menores nas demais doses de P (Tabela 8).

Tabela 8- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea da cássia.

| Nutrientes | MA | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|------------|------|---------------------------|------|-----|-----|-----|---------------------|----------------|
| | | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| N (g/kg) | s.e. | 11,7 | 10,1 | 9,1 | 9,3 | 8,8 | Q | 0,88* |
| Mg (g/kg) | s.e. | 1,9 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | L | 0,69** |
| S (g/kg) | s.e. | 1,8 | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 1,5 | s.a. | - |
| Mn (mg/kg) | +MA | 44 | 32 | 28 | 29 | 26 | Q | 0,82* |
| | -MA | 36 | 37 | 45 | 31 | 37 | s.a. | - |
| B (mg/kg) | +MA | 69 | 54 | 51 | 51 | 56 | Q | 0,88* |
| | -MA | 59 | 68 | 71 | 60 | 74 | s.a. | - |
| Cu (mg/kg) | +MA | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | s.a. | - |
| | -MA | 3 | 4 | 6 | 5 | 5 | Q | 0,83** |
| Fe (mg/kg) | +MA | 77 | 79 | 55 | 62 | 63 | s.a. | - |
| | -MA | 69 | 119 | 159 | 183 | 113 | Q | 0,99** |

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.

*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

A absorção de S foi aumentada com a pré-colonização, enquanto que o Zn, foi o único nutriente que apresentou resposta depressiva para as mudas pré-colonizadas, independentemente da dose de P no solo (Figura 4d,e). A Cassia foi a única espécie cujo teor de Ca não foi influenciado pelos tratamentos, entretanto, sua concentração na parte aérea foi superior as demais (dados não apresentados).

Portanto, a Cassia respondeu à adição de P e a pré-colonização, beneficiando seu crescimento, porém, houve benefício nutricional por ocasião da pré-colonização apenas para maior absorção de S.

4.3 - Ipe

Os efeitos das doses de P e da pré-colonização sobre os parâmetros de crescimento, colonização e teores de nutrientes do Ipe encontram-se nas Tabelas 5, 6 e 9, e Figuras 5 e 6. Dentre todos os parâmetros de crescimento estudados, apenas a produção de matéria seca da raiz e relação raiz/parte aérea não foram influenciados pelas doses de P (Tabela 5). A interação entre os fatores P x MA só foi verificado para os teores de nutrientes (Tabelas 6 e 10). Não foi encontrado ajuste de regressão para a produção de matéria seca da parte aérea, total e altura de plantas (Figura 5a-c). Estes parâmetros apresentaram respostas semelhantes com maiores incrementos quando se adicionou 50mg de P/kg de solo. O diâmetro do caule exibiu resposta linear as doses de P (Figura 5d). A colonização micorrízica reduziu linearmente com a elevação nas doses de P (Figura 5e). Isto não foi encontrado para outras espécies deste estudo, mas é relatado com muita frequência na literatura. Siqueira, Hubbell e Valle (1984), estudando o efeito de P na formação da simbiose micorrízica arbuscular sugere que o P controla a formação da simbiose em algum estágio depois que a germinação dos esporos tenha ocorrido

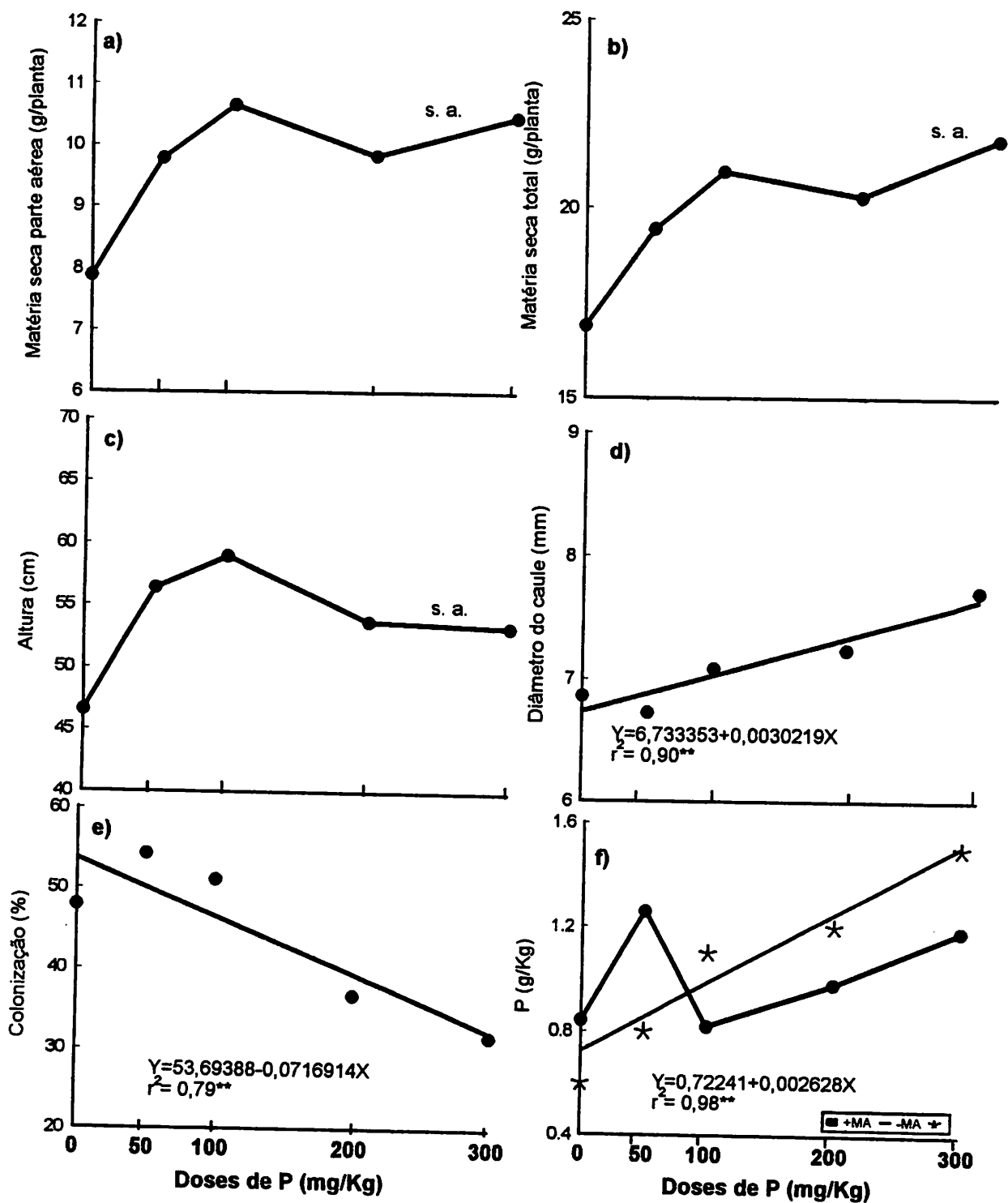


Figura 5 - Efeito do fósforo na produção de matéria seca da parte aérea (a), total (b), altura de plantas (c), diâmetro do caule (d), colonização (e), e teor de P (f) na parte aérea do Ipe. (s.a. - sem ajuste de regressão)

através do aumento da produção de carboidratos da planta hospedeira. Resultados da literatura ressaltam a redução da colonização micorrízica com o aumento do P disponível para outras espécies (Amijee, Stribley e Tunker, 1993) entretanto, este efeito não foi encontrado para outras espécies deste estudo.

Não foi verificado efeito benéfico da pré-colonização para o Ipe nos parâmetros de crescimento e colonização (+MA=44,7; -MA=44,1%). Entretanto, efeito significativos depressivo da pré-colonização foi encontrada para diâmetro do caule e teor de Mn (Figura 6a,b). A pré-colonização favoreceu um maior teor de Cu (Figura 6c), ressaltando o benefício da inoculação com FMAs na maior absorção de outros nutrientes, além do P (Fitter, 1985).

A maioria dos nutrientes analisados na parte aérea do Ipe foi influenciada pelas doses de P no solo. Os teores de K, Ca, Mg, S e B foram dependentes das doses de P e da pré-colonização, enquanto que o Zn e Mn sofreram influência somente das doses de P (Tabela 9). Houve maior absorção de Ca e B com o aumento das doses de P nas mudas sem pré-colonização. Já para o S, esse aumento foi encontrado nas mudas pré-colonizadas. Verificou-se que os teores de P na parte aérea das mudas pré-colonizadas foram superiores às sem pré-colonização somente na dose de 50mg de P/kg de solo (Figura 5f), indicando a elevada capacidade em utilizar o P no solo e intensificando a influência do P no processo de micorrização. Esse mesmo comportamento, foi verificado para os teores de Ca e Mg.

Portanto, os maiores incrementos conseguidos com a aplicação de pequenas doses de P (100mg de P/kg de solo) influenciou o crescimento do Ipe, ressaltando a importância da adubação fosfatada no desenvolvimento inicial desta espécie em condições

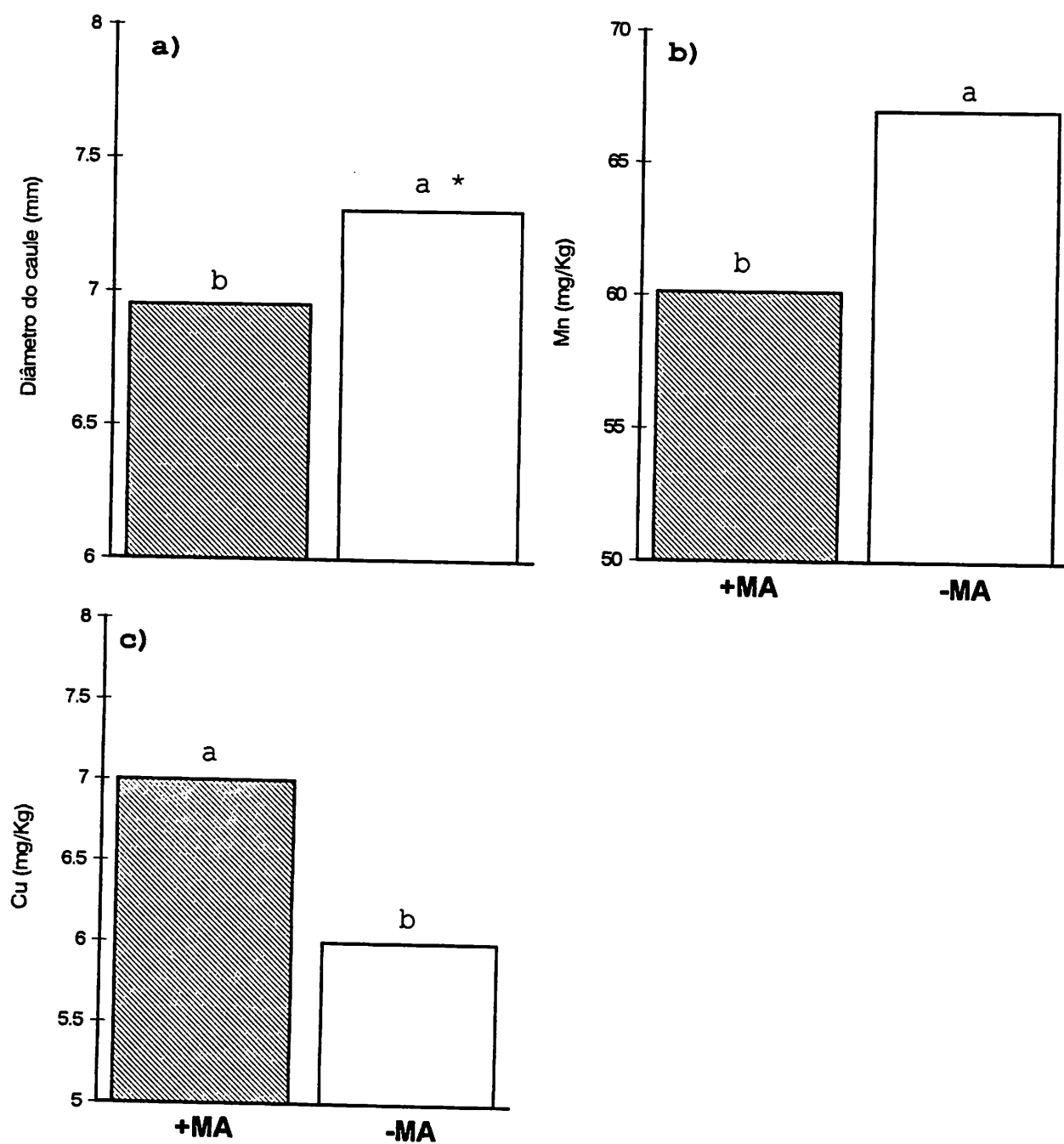


Figura 6 - Efeito da pré-colonização no diâmetro do caule (a) e teor de Mn (b) e Cu (c) na parte aérea do Ipe. (*-Letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância).

de baixa disponibilidade de P. A pré-colonização, apesar de não favorecer o crescimento, aumentou os teores de P nas baixas doses deste nutriente no solo e proporcionou maior absorção de Cu.

Tabela 9- Efeito das doses de P e da pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Ipe.

| Nutrientes | MA | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|------------|------|---------------------------|------|------|------|------|---------------------|----------------|
| | | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| K (g/kg) | +MA | 9,9 | 11,5 | 9,3 | 10,4 | 10,4 | s.a. | - |
| | -MA | 9,2 | 11,1 | 11,2 | 9,8 | 8,6 | Q | 0,76** |
| Ca (g/kg) | +MA | 10,9 | 10,9 | 8,5 | 11,4 | 11,2 | s.a. | - |
| | -MA | 9,1 | 9,3 | 9,4 | 11,9 | 12,8 | L | 0,93** |
| Mg (g/kg) | +MA | 3,0 | 2,9 | 2,3 | 2,6 | 2,6 | Q | 0,56* |
| | -MA | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | s.a. | - |
| S (g/kg) | +MA | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,7 | 1,7 | L | 0,78** |
| | -MA | 1,7 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1,6 | Q | 0,75* |
| Zn (mg/kg) | s.e. | 36 | 29 | 28 | 37 | 33 | s.a. | - |
| Mn (mg/kg) | s.e. | 71 | 57 | 51 | 73 | 65 | s.a. | - |
| B (mg/kg) | +MA | 45 | 39 | 37 | 50 | 35 | s.a. | - |
| | -MA | 39 | 28 | 30 | 45 | 48 | L | 0,52** |

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.

*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

4.4 - Cinamomo

As respostas do Cinamomo às doses de P e a pré-colonização nos parâmetros de crescimento, colonização e teor de nutrientes se encontram nas Tabelas 5, 6 e 10, e Figuras 7 e 8.

A aplicação de P no solo apresentou efeito significativo no Cinamomo para todos os parâmetros de crescimento analisados (Tabela 5 e Figura 7a-e). A produção de matéria seca da parte aérea foi influenciado pela interação PxMA, sendo que as doses de P no solo para produção máxima corresponderam a 171 e 200mg de P/kg de solo, para as mudas pré-colonizadas e não inoculadas,

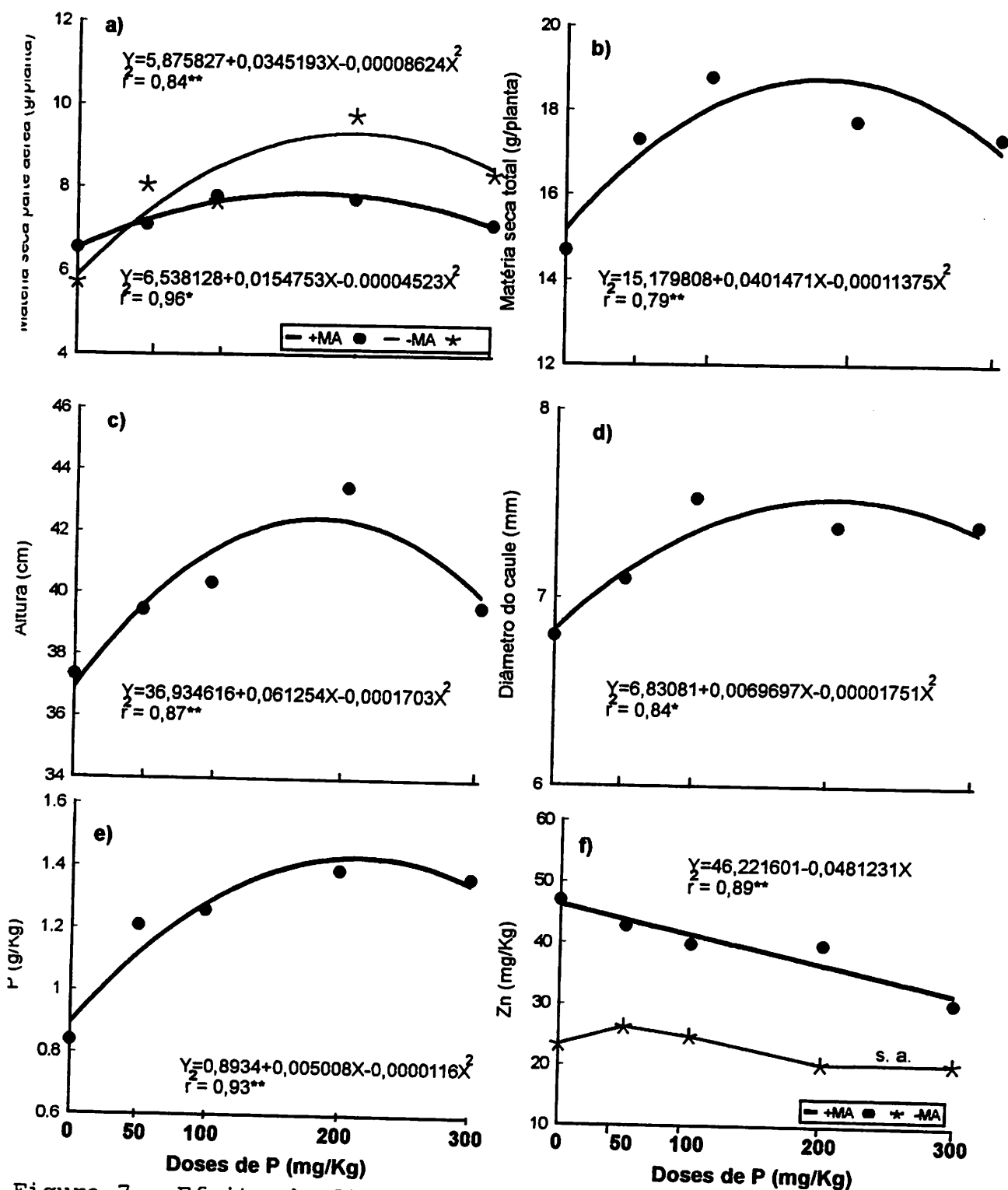


Figura 7 - Efeito do fósforo na produção de matéria seca da parte aérea (a), total (b), altura de plantas (c), diâmetro do caule (d) e teor de P (e) e Zn (f) na parte aérea do Cinamomo. (s.a. - sem ajuste de regressão)

respectivamente (Figura 7a). Entretanto, plantas com pré-colonização apresentaram maior produção do que as sem pré-colonização somente na ausência de P. A matéria seca total não foi influenciada pela pré-colonização, sendo máxima com 177mg de P/kg de solo (Figura 7b). Embora a matéria seca da raiz tenha apresentado interação PxMA, não foi encontrado ajuste de regressão. A relação raiz/parte aérea foi influenciada pela aplicação de P, demonstrando uma produção de matéria seca de raiz superior a parte aérea, exibindo valores variando de 1,09 a 1,46. Este comportamento de variação da relação raiz/parte aérea com o aumento das doses de P já foi relatado por vários autores conforme citados por Renó (1994). O parâmetro diâmetro do caule e altura de plantas tiveram respostas semelhantes para as doses de P. Respostas máximas foram alcançadas em 199 e 180mg de P/kg de solo, para diâmetro do caule e altura de plantas, respectivamente (Figura 7c,d).

A pré-colonização exerceu efeito depressivo no crescimento do Cinamomo para as variáveis altura de plantas, colonização micorrízica e teores de N e Ca (Figura 8a-d). Entretanto, efeito positivo da pré-colonização foi verificado para os teores de P, K, Mn, Cu e Fe, indicando o estímulo resultante da inoculação com FMAs no efeito nutricional das plantas (Figura 8e-i). Estes efeitos, no entanto, não refletiram na produção de matéria seca. Resultados semelhantes são relatados para outras espécies (Saif, 1987; e Silva e Siqueira, 1991).

Todos os nutrientes analisados na parte aérea do Cinamomo foram influenciados pelos tratamentos estudados, com exceção do B (Tabelas 6 e 10). O Mg, S e Zn apresentaram interação significativa entre PxMA (Tabela 10). Para o Zn, verificou-se uma redução nos teores com o aumento das doses de P, e as plantas pré-colonizadas apresentaram maiores teores deste nutriente do

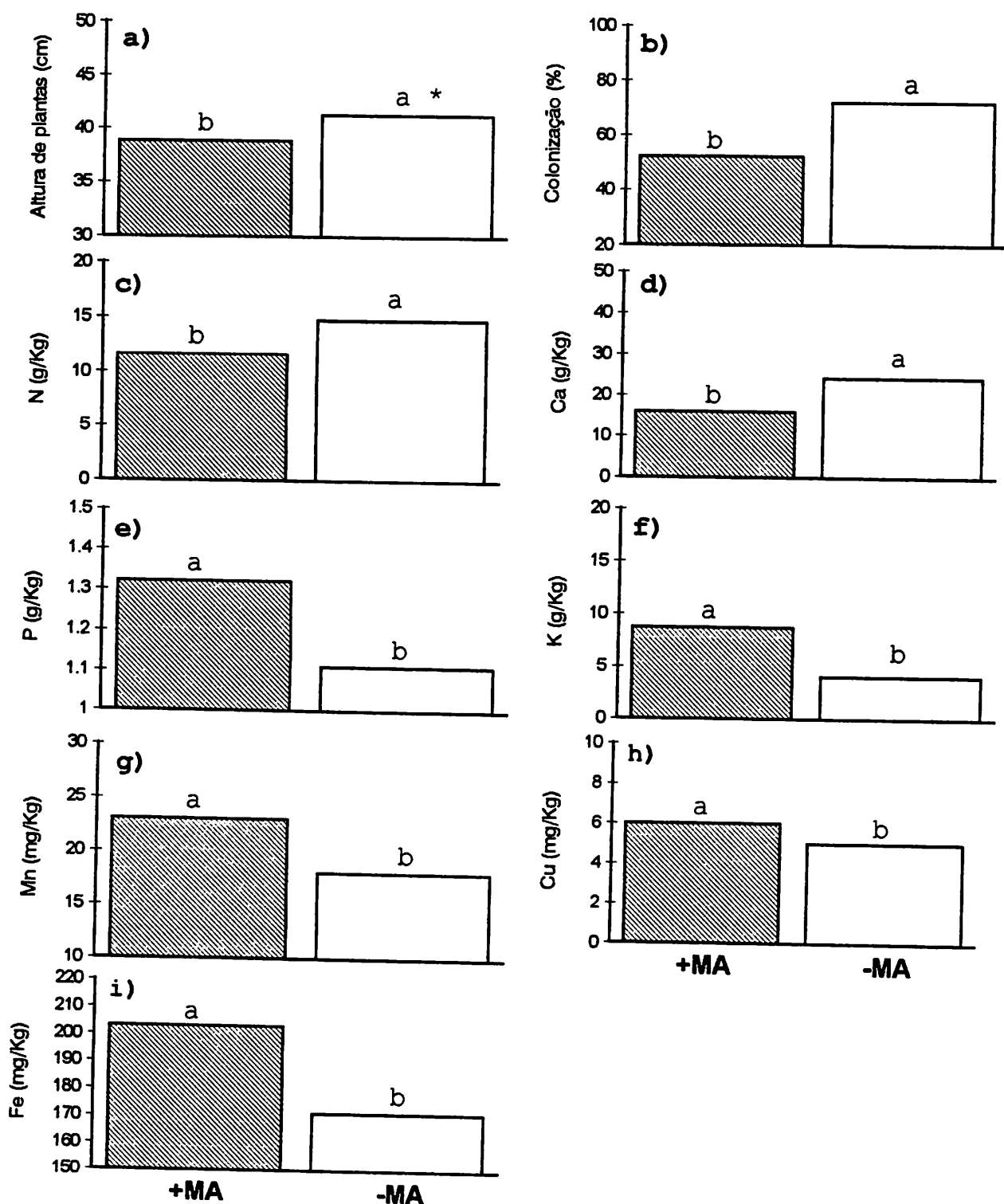


Figura 8 - Efeito da pré-colonização na altura de plantas (a), colonização micorrizica (b), e teor de N (c), Ca (d), P (e), K (f), Mn (g), Cu (h) e Fe (i) na parte aérea do Cinamomo. (*-Letras distintas, diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância)

que as sem pré-colonização em todas as doses de P aplicadas no solo. A pré-colonização aumentou sua absorção em 51 e 33% nas doses 0 e 300mg de P/kg de solo, respectivamente, sendo esses efeitos bem documentados na literatura (Marshner, 1986). Os teores de P, Ca, Mn e Fe foram influenciados apenas pelas doses de P no solo. Os teores de Ca aumentam linearmente, enquanto os de P, Mn e Fe mostram respostas quadráticas (Tabela 10). O teor de P na parte aérea do Cinamomo foi máximo na dose de 228mg de P/kg de solo (Figura 7e). A partir desta dose, os níveis internos de P podem ter contribuído para restringir o crescimento desta espécie. Os maiores teores de P observados nas mudas pré-colonizadas comprovam a melhor nutrição fosfatada desta espécie, mesmo com taxa de colonização inferior as não pré-colonizadas. Entretanto, este comportamento parece indicar que a pré-colonização foi mais eficiente em melhorar a nutrição fosfatada quando o suprimento de P foi limitante, enquanto que nas demais doses essa tendência não foi observada (Figura 7a).

Tabela 10 - Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Cinamomo.

| Nutrientes | MA | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|------------|------|---------------------------|------|------|------|------|---------------------|----------------|
| | | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| Ca (g/kg) | s.e. | 18,9 | 17,9 | 21,9 | 19,9 | 22,0 | L | 0,39* |
| Mg (g/kg) | +MA | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | Q | 0,86* |
| | -MA | 1,7 | 1,6 | 2,0 | 1,6 | 1,7 | s.a. | |
| S (g/kg) | +MA | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 1,5 | s.a. | - |
| | -MA | 4,8 | 1,1 | 1,9 | 1,4 | 1,3 | Q | |
| Mn (mg/kg) | s.e. | 17 | 21 | 23 | 23 | 18 | Q | 0,96** |
| Fe (mg/kg) | s.e. | 192 | 193 | 214 | 194 | 142 | Q | 0,95* |

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.

*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

O efeito depressivo da pré-colonização para os parâmetros altura de plantas, colonização e teores de N e Ca podem estar correlacionados com a menor redução dos teores de Zn com o aumento das doses de P (Figura 7f) , ou seja, a redução da absorção de Zn nas mudas pré-colonizadas pode ter contribuído para redução no seu crescimento, caracterizando assim, uma inibição competitiva entre P e Zn.

4.5 - Angico

Os efeitos das doses de P e da pré-colonização sobre os parâmetros de crescimento, colonização micorrízica e teores de nutrientes na parte aérea do Angico, encontram-se nas Tabelas 5, 6, 11 e 12, e Figuras 9 e 10.

O Angico foi a única espécie, dentre as estudadas, que sofreu influência das doses de P para todas as variáveis de crescimento e colonização micorrízica (Tabela 5). A matéria seca da parte aérea apresentou comportamento semelhante a matéria seca total, de modo que as mudas pré-colonizadas apresentaram maiores produções somente nas menores doses de P (Figura 9a), com aumentos de até 50% sobre o controle sem P. As mudas sem pré-colonização apresentaram produção máxima de matéria seca da parte aérea na dose estimada de 262mg de P/kg de solo. Já para relação raiz/parte aérea, verificou-se ajuste de regressão quadrática inversa, com as doses de P no solo (Figura 9b). Apesar da taxa de colonização micorrízica ter sido baixa (menor que 25%), não foi encontrado ajuste de regressão significativo para efeito das doses de P (Tabela 11). Doses acima de 100mg de P/kg de solo, reduziram a percentagem de colonização nas raízes do Angico, independentemente da pré-colonização. A aplicação de 300mg de P/kg de solo aumentou em 15% a espessura do diâmetro do caule do Angico quando comparado aos tratamentos sem P (Figura 9c), corroborando com os resultados de Lima (1995) a campo. Os

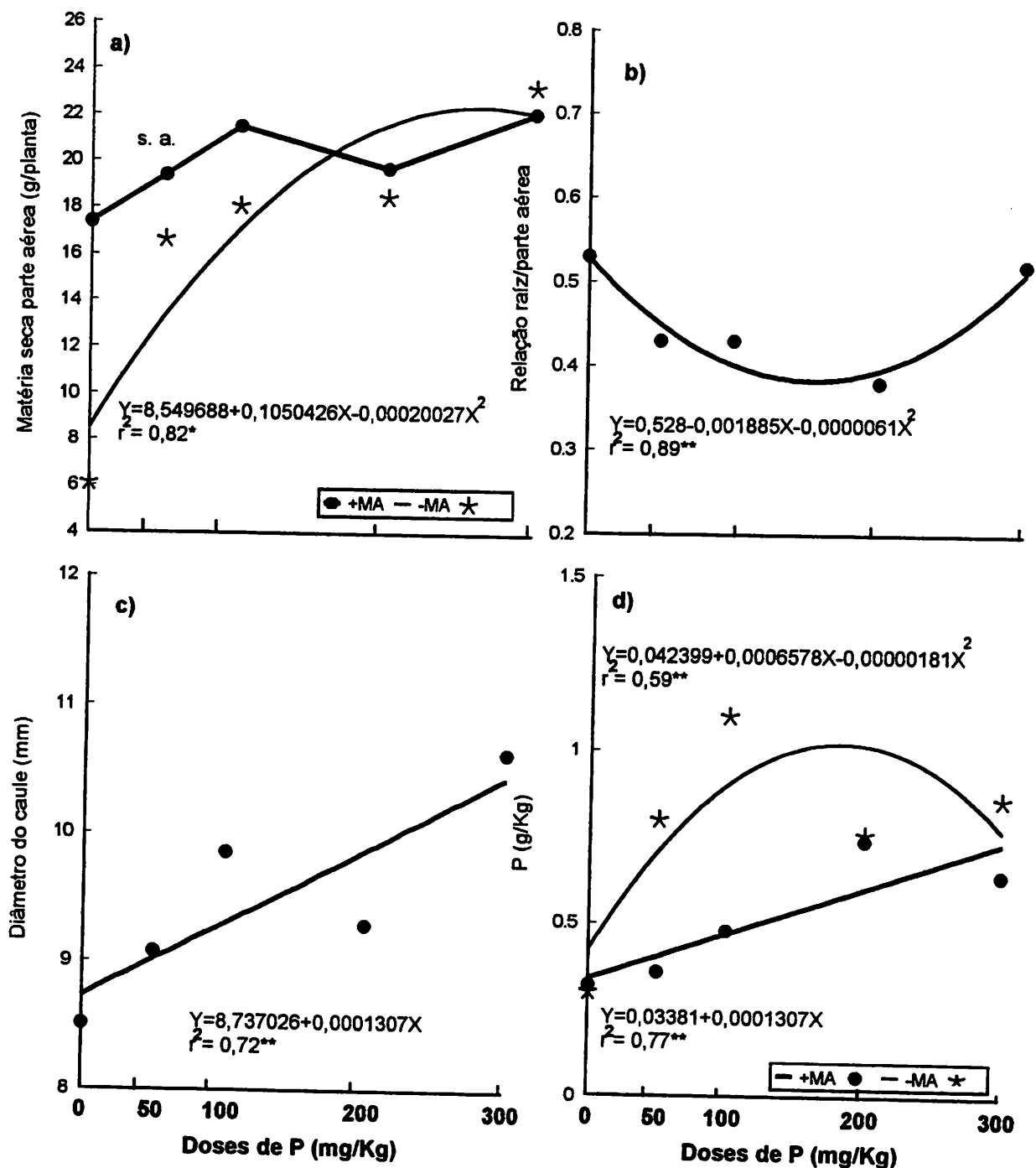


Figura 9 - Efeito do fósforo na produção de matéria seca da parte aérea (a), relação raiz/parte aérea (b), diâmetro do caule (c) e teor de P (d) na parte aérea do Angico. (s.a.- sem ajuste de regressão)

resultados dos parâmetros altura de plantas e matéria seca de raiz foram semelhantes aos encontrados para a matéria seca da parte aérea e matéria seca total, respectivamente (Tabela 11). Os aumentos decorrentes da pré-colonização na ausência de P para produção de matéria seca total e raiz foram estimados em 185%, reduzindo esse benefício com o aumento do P disponível no solo até a dose de 300mg de P/kg de solo onde o efeito foi inverso. Por outro lado, os ganhos atingidos com a aplicação da maior dose, nas mudas sem pré-colonização, para os mesmos parâmetros citados, foram de 309 e 289% para matéria seca da raiz e total, respectivamente. Já para as mudas pré-colonizadas, este incremento foi estimado em 14 e 23%, demonstrando que, a pré-colonização amenizou os ganhos obtidos com a elevação das doses de P.

A pré-colonização estimulou o crescimento do Angico apenas quando avaliado pelo diâmetro do caule, no entanto, os teores de Mg foram menores, significativamente, nas plantas pré-colonizadas (Figura 10). A taxa de colonização micorrízica, apesar de ter sido baixa, foi aumentada com a pré-colonização somente nos tratamentos sem P, evidenciando assim, uma influência do P na colonização micorrízica desta espécie, resultando em maior infectividade na dose 100mg de P/kg de solo, independentemente da pré-colonização. Assim, as respostas medidas pela matéria seca, mostram que o efeito da pré-colonização depende do nível de P no solo e os benefícios não são acompanhados pelo favorecimento da nutrição fosfatada, considerando que plantas pré-colonizadas apresentam teores mais baixos de P.

Os teores de nutrientes na parte aérea do Angico mostraram efeito significativos para os fatores estudados, com exceção do Zn, Cu e Fe (Tabela 12). Para o N, P e B verificou-se interação significativa entre PxMA (Figura 9d, e Tabela 12). Os teores de N

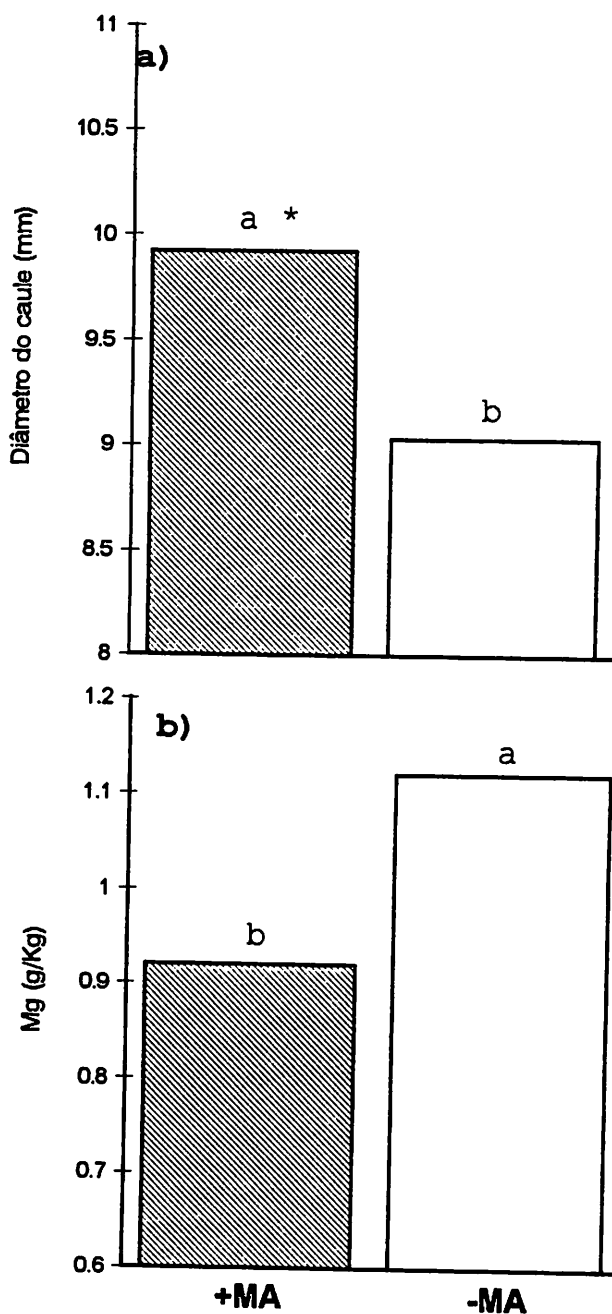


Figura 10- Efeito da pré-colonização no diâmetro do caule (a) e teor de Mg (b) na parte aérea do Angico. (*-Letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância).

e B apresentam ajuste de regressão quadrática inversa somente para as mudas sem pré-colonização (Tabela 12). Já os teores de P, foram menores nas mudas pré-colonizadas para todas as doses de P no solo, entretanto o ajuste de regressão foi quadrático e linear para -MA e +MA, respectivamente. As mudas sem pré-colonização apresentaram maior teor de P na dose 183mg de P/kg de solo (Figura 9d). Verificou-se que os teores de K, Ca e Mn foram influenciados pela adubação fosfatada sendo encontrada respostas quadrática, linear e linear inversa, respectivamente (Tabela 12).

Tabela 11- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos parâmetros de crescimento e colonização micorrízica do Angico.

| Parâmetros | MA | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|---------------------------------|-----|---------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|----------------|
| | | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| Altura (cm) | +MA | 38,58 | 34,42 | 39,92 | 36,70 | 36,02 | s.a. | - |
| | -MA | 27,96 | 31,44 | 37,38 | 38,30 | 35,62 | Q | 0,96** |
| MSRA ¹ (g/planta) | +MA | 8,67 | 8,72 | 9,34 | 8,61 | 9,94 | s.a. | - |
| | -MA | 3,03 | 6,99 | 7,75 | 5,83 | 12,39 | L | 0,63** |
| MSTOTAL ² (g/planta) | +MA | 26,05 | 28,09 | 30,79 | 26,47 | 31,99 | s.a. | - |
| | -MA | 9,15 | 23,63 | 25,82 | 24,27 | 35,60 | L | 0,73** |
| Colonização (%) | +MA | 9,39 | 4,64 | 15,74 | 11,91 | 11,14 | s.a. | - |
| | -MA | 0,95 | 21,33 | 22,18 | 15,21 | 19,21 | Q | 0,57** |

¹MSRA = matéria seca raiz.

²MSTOTAL = matéria seca total.

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.

*, **= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

A elevada resposta do Angico ao P aplicado demonstra a importância deste nutriente para o crescimento desta espécie, especialmente em solos degradados, onde a baixa disponibilidade de P pode ser limitante para o crescimento inicial das mudas desta espécie. Estes resultados corroboram com Faria (1993), estudando esta mesma espécie. Os efeitos da pré-colonização foram dependentes das doses de P.

Tabela 12- Efeito das doses de P e pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Angico.

| Nutrientes | MA | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|------------|------|---------------------------|-----|-----|------|------|---------------------|----------------|
| | | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| N (g/kg) | +MA | 9,2 | 7,0 | 6,0 | 11,4 | 8,9 | s.a. | - |
| | -MA | 20,7 | 9,2 | 9,3 | 10,1 | 6,4 | Q | 0,67** |
| K (g/kg) | s.e. | 3,4 | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,0 | Q | 0,96* |
| Ca (g/kg) | s.e. | 8,2 | 8,2 | 8,9 | 9,6 | 11,0 | L | 0,96** |
| Mn (g/kg) | s.e. | 56 | 48 | 44 | 45 | 41 | L | 0,66** |
| B (g/kg) | +MA | 27 | 28 | 22 | 26 | 31 | s.a. | - |
| | -MA | 44 | 28 | 30 | 24 | 27 | Q | 0,84** |

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.

*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

4.6 - Jacaranda

Os parâmetros de crescimento, colonização e teores de nutrientes do Jacaranda sob efeito dos fatores doses de P e MA, encontram-se nas Tabelas 5, 6, 13 e 14, e Figuras 11 e 12.

Dentre os parâmetros de crescimentos estudados, apenas o diâmetro do caule apresentou efeito significativo para a interação PxMA (Tabela 5 e Figura 11a-d). A produção de matéria seca da parte aérea e altura de plantas mostraram respostas semelhantes para as doses de P no solo, resultando em ajustes de regressão quadrática, com doses de 207 e 159mg de P/kg de solo correspondentes a produção máxima, respectivamente (Figura 11a,b). Já as variáveis matéria seca total e raiz, exibiram respostas lineares as doses de P, resultando em aumento de produção para ambas, de aproximadamente 25%, quando foi aplicado a dose de 300mg de P/kg de solo (Tabela 13). A relação entre raiz/parte aérea variou de 0,71 a 0,92 sendo também influenciada

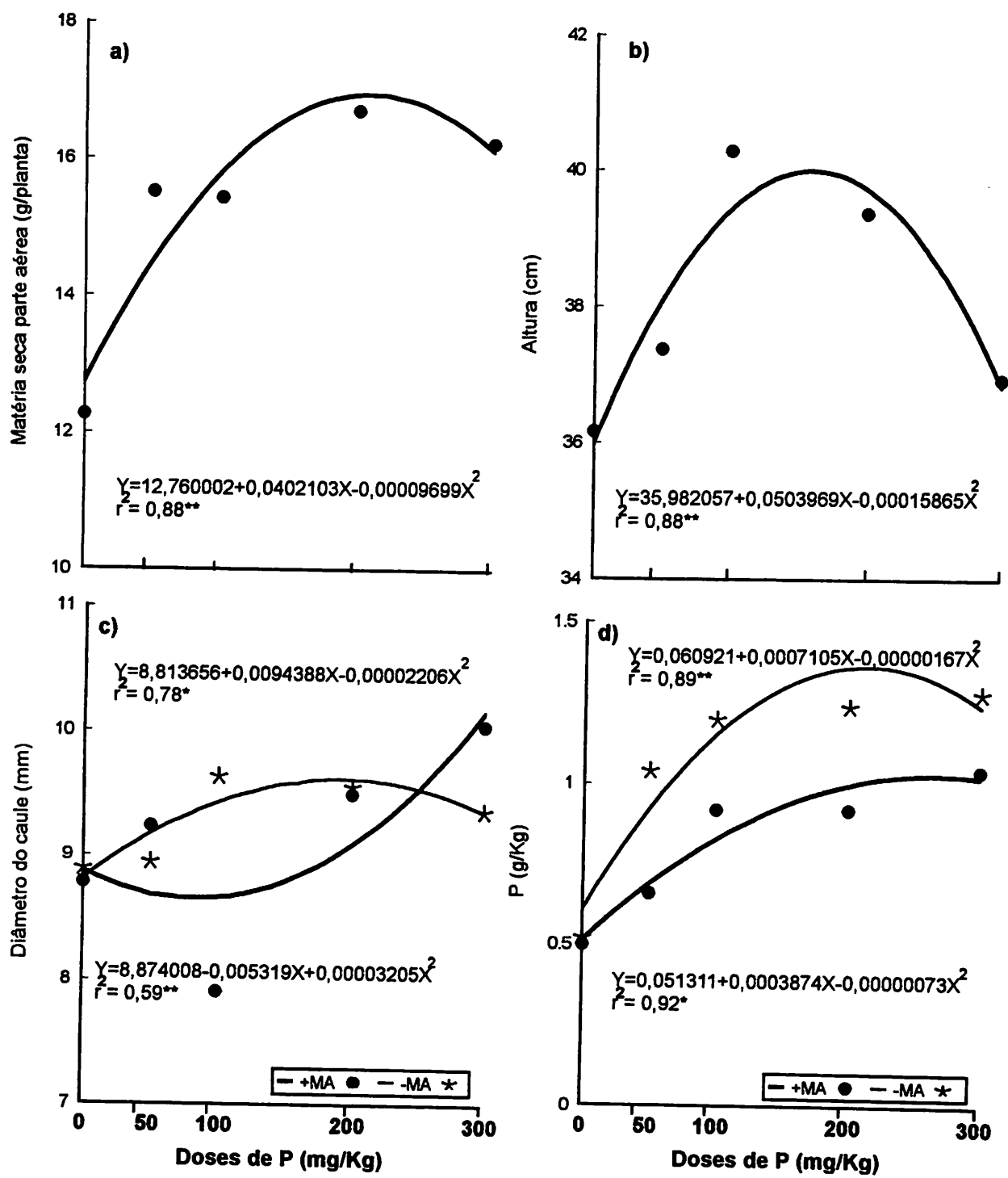
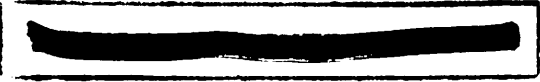


Figura 11- Efeito do fósforo e da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), altura (b), diâmetro do caule (c), e teor de P (d) na parte aérea do Jacaranda.

pelas doses de P no solo. Para o diâmetro do caule, observou-se interação significativa entre PxMA, resultando em maior espessura de diâmetro nas doses 300 e 214mg de P/kg de solo, para as mudas +MA e -MA, respectivamente (Figura 11c). A colonização micorrízica variou de 40 a 47%, e não foi influenciada pelos fatores estudados (Tabela 5).

Não foi verificado efeito benéfico da pré-colonização para nenhum dos parâmetros de crescimento e colonização micorrízica das mudas e sim efeito depressivo para matéria seca da parte aérea, altura de plantas e teores de Ca, Mn e Cu (Figura 12a-e). Portanto, a pré-colonização das mudas de Jacaranda, apesar de elevar os teores de N e K, na parte aérea, não foi benéfica para seu crescimento pós-transplante em solo degradado.

De todos os nutrientes analisados na parte aérea do Jacaranda, apenas o Fe e S não sofreram influência dos fatores estudados (Tabela 6). Os nutrientes Ca, Zn, Mn e B exibiram diferenças significativas com o aumento das doses de P no solo, e o N, P, K e Mg foram influenciados pela interação PxMA (Tabela 14). Os teores de Ca aumentaram linearmente com as doses de P no solo, enquanto o Zn e Mn, mostraram respostas quadráticas inversas. O B foi também influenciado pelas doses de P no solo, mas não foi encontrado ajuste de regressão. O N e K mostraram comportamento semelhante, de maneira que as mudas pré-colonizadas, apresentaram maiores teores na ausência de P no solo e absorveram mais do que as mudas sem pré-colonização. Os teores de P, exibiram respostas quadráticas para doses de P no solo, sendo que as mudas pré-colonizadas apresentaram teores mais baixos que as com pré-colonização (Figura 11d), tal como verificado para o Angico.

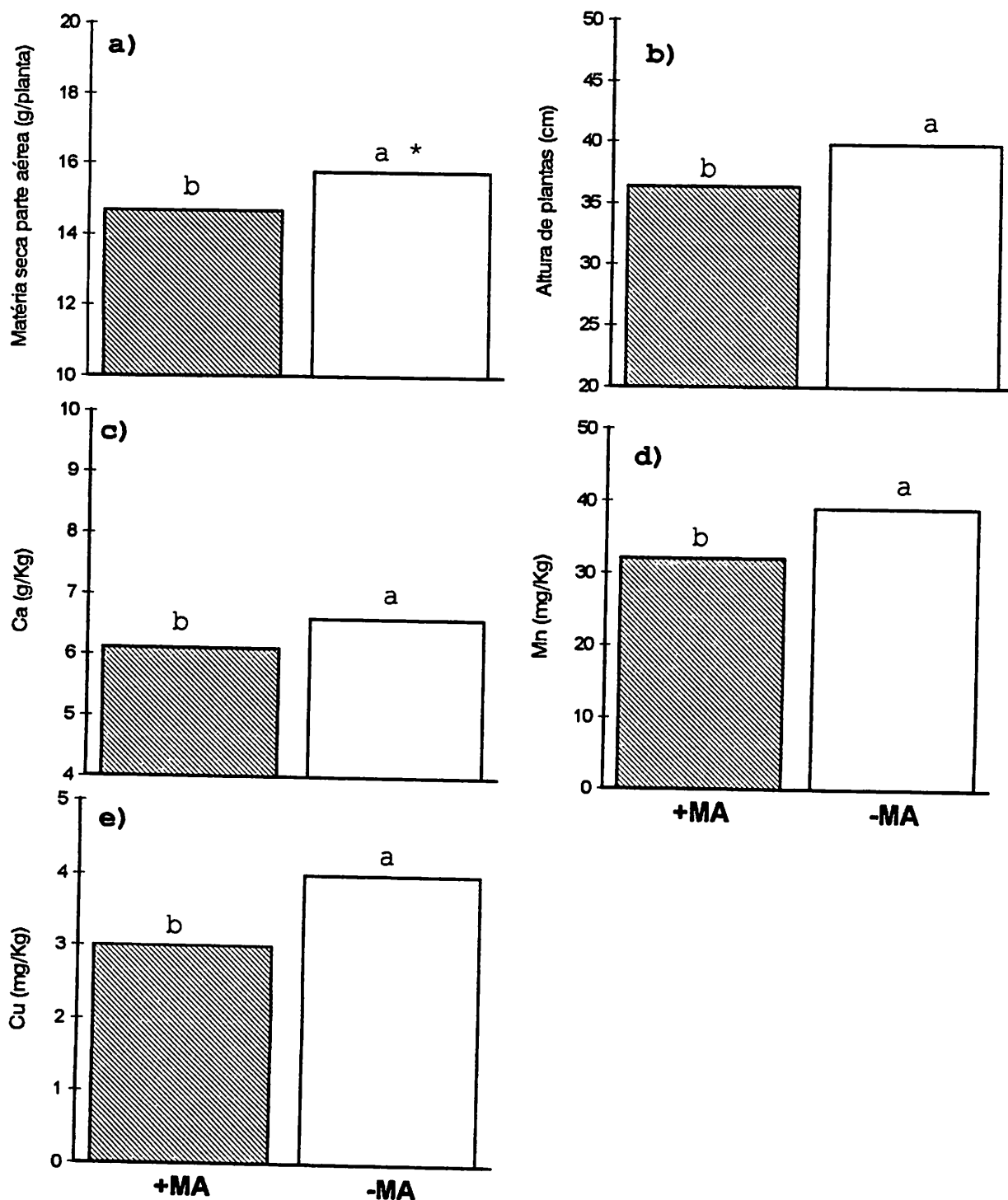


Figura 12- Efeito da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), altura de plantas (b), e teor de Ca (c), Mn (d) e Cu (e) na parte aérea do Jacaranda. (*-Letras distintas diferem entre, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância).

Tabela 13- Efeito das doses de P e da pré-colonização (MA) nos parâmetros de crescimento do jacarandá.

| Parâmetros | MA | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|------------------------------------|------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|----------------|
| | | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| MSRA ¹ (g/planta) | s.e. | 11,12 | 11,32 | 10,88 | 13,78 | 13,42 | L | 0,73** |
| MSTOTAL ² (g/planta) | s.e. | 23,39 | 26,63 | 25,31 | 30,47 | 29,63 | L | 0,76** |
| RA/PA ³ | s.e. | 0,92 | 0,75 | 0,71 | 0,83 | 0,84 | s.a. | - |

¹MSRA = matéria seca raiz.

²MSTOTAL = matéria seca total.

³RA/PA = relação raiz/parte aérea.

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.

*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 14- Efeito das doses de P e da pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do jacarandá.

| Nutrientes | MA | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|------------|------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------------|----------------|
| | | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| N (g/kg) | +MA | 10,6 | 9,2 | 8,9 | 9,4 | 7,7 | L | 0,68** |
| | -MA | 8,0 | 7,5 | 8,0 | 7,8 | 9,3 | s.a. | - |
| K (g/kg) | +MA | 7,6 | 7,2 | 5,4 | 3,1 | 3,4 | Q | 0,94** |
| | -MA | 3,0 | 3,6 | 3,6 | 2,9 | 3,9 | s.a. | - |
| Ca (g/kg) | s.e. | 6,3 | 6,0 | 6,0 | 6,6 | 6,8 | L | 0,72** |
| Mg (g/kg) | +MA | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | s.a. | - |
| | -MA | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 2,0 | 2,0 | L | 0,79** |
| Zn (mg/kg) | s.e. | 26 | 17 | 20 | 19 | 23 | Q | 0,62** |
| Mn (mg/kg) | s.e. | 44 | 34 | 32 | 33 | 35 | Q | 0,85** |
| B (mg/kg) | s.e. | 17 | 14 | 16 | 16 | 16 | s.a. | - |

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.

*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Embora a pré-colonização tenha apresentado resultados depressivos para a produção de matéria seca, altura de plantas e absorção de P, Ca, Mn e Cu, houve benefício nutricional de N, K e

Mg nas doses inferiores a 100mg de P/kg de solo. Segundo Fitter (1991), o efeito detrimental causado pelo fungo micorrízico nos fotossintatos do hospedeiro, pode ser estimado de 10 a 20% do total da fotossíntese. Como o P é o principal nutriente absorvido via hifa do fungo, se o hospedeiro é bem suprido com este nutriente, a formação da associação micorrízica torna-se um investimento supérfluo, sem retorno para o hospedeiro.

4.7 - Fedegoso

Os dados de crescimento, colonização micorrízica e teores de nutrientes do Fedegoso, são apresentados nas Tabelas 5, 6 e 15, e Figuras 13 e 14.

Verifica-se que a aplicação de P no solo influenciou a produção de matéria seca da parte aérea e total, diâmetro do caule e teor de P (Figura 13a-d). As doses de P correspondentes a produção máxima de matéria seca da parte aérea e total, foram de 230 e 206mg de P/kg de solo, respectivamente (Figura 13a,b). O diâmetro do caule (Figura 13c) respondeu a elevação do P no solo, porém não houve ajuste de regressão, fato este também observado por Lima (1995), estudando esta mesma espécie, em condições de campo. Os parâmetros altura de plantas, matéria seca de raiz e relação raiz/parte aérea, não foram influenciadas pelos fatores estudados. A colonização micorrízica foi elevada, atingindo valores superiores a 90%, exibindo interação significativa entre P_xMA, embora não tenha sido encontrado um modelo de ajuste de regressão (Figura 13e). Mesmo plantas sem pré-colonização apresentaram taxa de colonização elevada.

Para todos os parâmetros analisados, a pré-colonização no Fedegoso, exerceu efeitos depressivos como os apresentados a seguir: matéria seca da parte aérea e total, diâmetro do caule e teores de N, P, K e Fe (Figura 14a-g). Estes parâmetros de

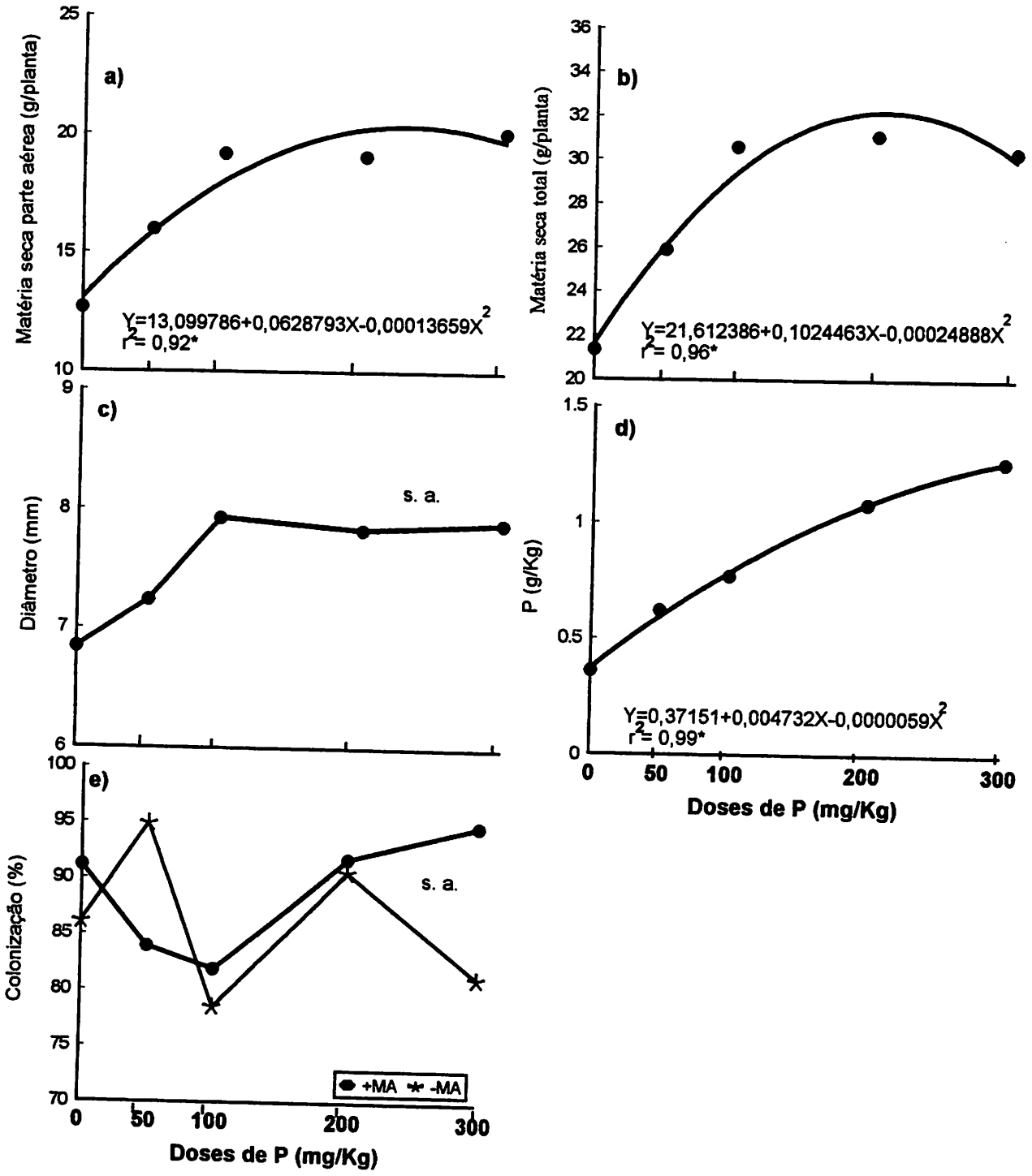


Figura 13- Efeito do fósforo na produção de matéria seca da parte aérea (a), matéria seca total (b), diâmetro do caule (c) e teor de P (d) na parte aérea do Fedegoso. (s.a.- sem ajuste de regressão)

crescimento foram os mesmos que apresentaram respostas positivas à adubação fosfatada, evidenciando que embora a pré-colonização tenha sido prejudicial ao crescimento desta espécie, seu efeito foi independente das doses de P. Este resultado foi acompanhado de benefício nutricional de N, P, K e Fe, nas mudas sem pré-colonização. Estes resultados corroboram com Oliveira (1995), em outro estudo com esta mesma espécie. Por outro lado, Pereira (1995) verificou resposta positiva do Fedegoso à inoculação com fungos, porém em solo diferente e mudas plantadas diretamente no solo.

Os teores de Mg e Cu foram os únicos a não apresentarem efeito significativo aos fatores estudados (Tabela 6). Os teores de P apresentaram ajuste de regressão quadrática com o aumento das doses de P no solo (Figura 13d). Já o N e Mn, demonstraram respostas quadráticas e lineares inversas às doses de P, enquanto o Ca, S, Zn, B e Fe apresentaram interação PxMA (Tabela 15). As mudas sem pré-colonização exibiram teores mais elevados do que as com pré-colonização para S e Fe nas doses 200 e 300mg de P/kg de solo. Os nutrientes Ca e Zn, não apresentaram tendências definidas.

O Fedegoso, portanto, mostrou um comportamento semelhante as demais espécies no que se refere às respostas a adubação fosfatada, ou seja, os maiores incrementos de produção foram conseguidos com a aplicação de baixas doses de P no solo, porém a pré-colonização mostrou-se depressiva com significativa redução no desenvolvimento inicial desta espécie. Estes resultados sugerem que apenas com o manejo da adubação fosfatada é possível obter ganhos de produção de matéria seca estimado em 50% em relação a testemunha em solos degradados.

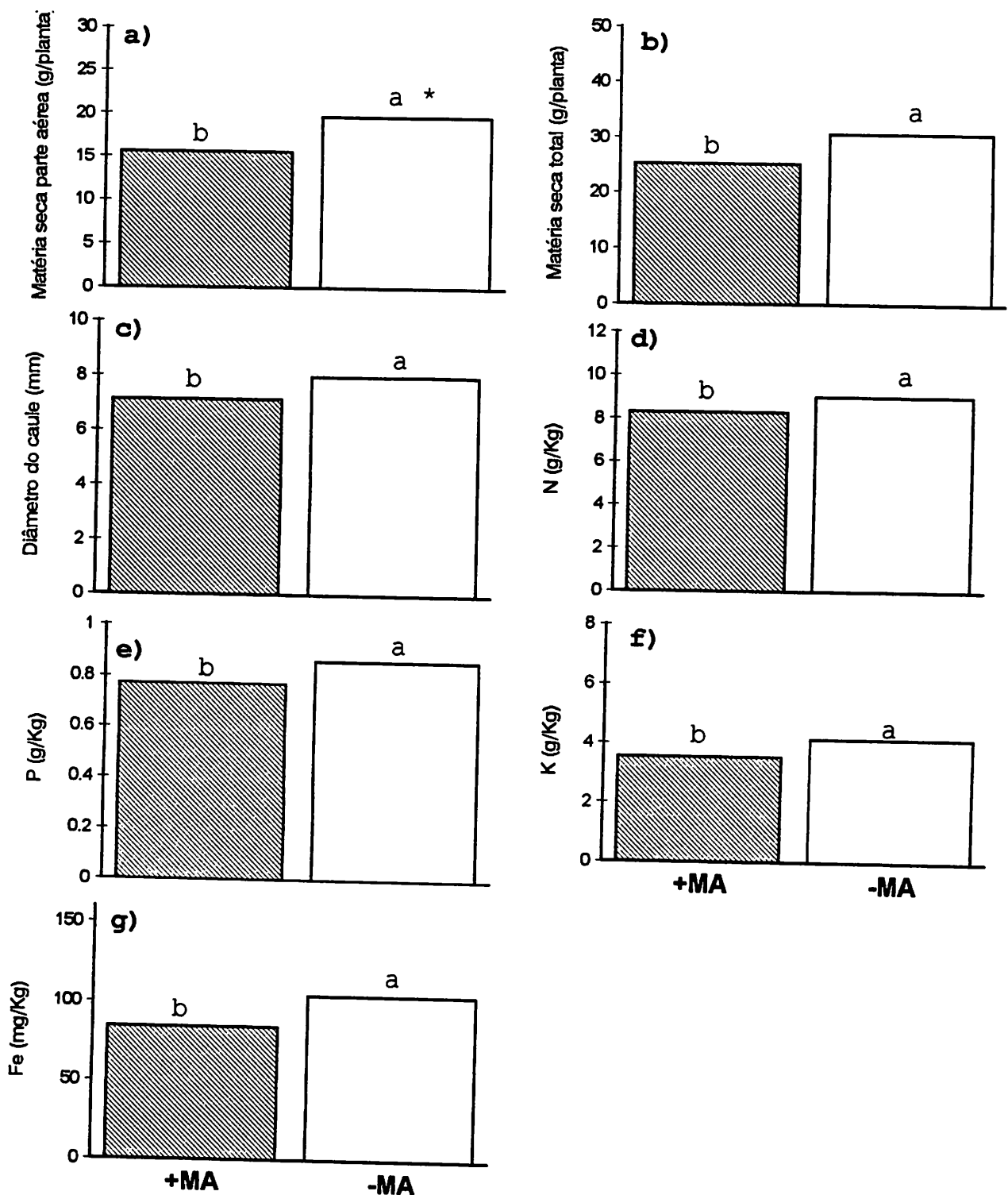


Figura 14- Efeito da pré-colonização na produção de matéria seca da parte aérea (a), matéria seca total (b), diâmetro do caule (c), e teor de N (d), P (e), K (f) e Fe (g) na parte aérea do Fedegoso. (*-Letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância).

Tabela 15 - Efeito das doses de P e da pré-colonização (MA) nos teores de nutrientes da parte aérea do Fedegoso.

| Nutrientes | MA | Doses de P, mg/kg de solo | | | | | Modelo de regressão | r ² |
|------------|------|---------------------------|------|------|------|------|---------------------|----------------|
| | | 0 | 50 | 100 | 200 | 300 | | |
| N (g/kg) | s.e. | 9,9 | 8,9 | 8,0 | 7,8 | 8,8 | Q | 0,99** |
| Ca (g/kg) | +MA | 13,3 | 13,9 | 16,3 | 14,7 | 14,6 | s.a. | - |
| | -MA | 17,0 | 15,9 | 14,2 | 14,9 | 14,5 | s.a. | - |
| S (g/kg) | +MA | 1,8 | 1,6 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | L | 0,78* |
| | -MA | 1,7 | 1,8 | 1,6 | 3,2 | 4,3 | Q | 0,95* |
| Zn (mg/kg) | +MA | 17 | 16 | 20 | 17 | 16 | s.a. | - |
| | -MA | 19 | 18 | 17 | 15 | 17 | Q | 0,93* |
| Mn (mg/kg) | s.e. | 84 | 79 | 65 | 56 | 51 | L | 0,92* |
| B (mg/kg) | +MA | 38 | 49 | 59 | 47 | 51 | s.a. | - |
| | -MA | 69 | 54 | 43 | 42 | 39 | Q | 0,93** |
| Fe (mg/kg) | +MA | 92 | 69 | 105 | 79 | 76 | s.a. | - |
| | -MA | 104 | 108 | 71 | 102 | 137 | Q | 0,77* |

Q= modelo quadrático ($y = a \pm bx \pm cx^2$)

L= modelo linear ($y = a \pm bx$)

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.

*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

5 - CONCLUSÕES

Com exceção da *Acacia mangium* que respondeu negativamente às doses de P, as demais espécies estudadas responderam positivamente a este nutriente, sendo estas respostas relacionadas aos teores de P na planta e diferenciadas quanto a magnitude e dose requerida para o crescimento máximo.

A pré-colonização das mudas estimulou o crescimento da *Acacia mangium*, *Senna multijuga* e *Peltophorum dubium*, e exerceu efeito depressivo no *Stenolobium stans*, *Melia azedarach*, *Jacaranda mimosaeifolia* e *Senna macranthera*. Independentemente das doses de P no solo, a pré-colonização favoreceu a nodulação da *Acacia mangium*, aumentando-a em 30% em relação as plantas sem pré-colonização.

O comportamento diferenciado entre as espécies, em relação à suas respostas à pré-colonização com fungos micorrízicos e aplicação de P no solo para onde estas foram transplantadas, indicam a importancia destes fatores em programas de reabilitação de solos degradados.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIJEE, F; STRIBLEY, D.D.; TINKER, P.B. The development of endomycorrhizal root systems. VIII - Effects of soil phosphorus and fungal colonization on the concentration of soluble carbohydrates in roots. **New Phytologist**, London, v.123,n.2,p.297-306, fev.1993.
- ARINES, J.; VILARINO, A. Use of nutrient: phosphorus ratios to evaluate the effects of vesicular arbuscular mycorrhiza on nutrient uptake in unsterilized soils. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v.8, p.293-297, 1989.
- BETHLEFALVAY, G.J.; YODER, J.F. The glycine-glomus-Rhizobium symbiosis. I. Phosphorus effect on nitrogen fixation and mycorrhizal infection. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v.52, p.141-145, jan.1981.
- BRUCE, A.; SMITH, S.E.; TESTER, M. The development of mycorrhizal infection in cucumber: effects of P supply on root growth, formation of entry points and growth of infection units. **New Phytologist**, London, v.127,n.3,p.507-514, jul.1994.
- BRUNDRETT, M.C.; ABBOTT, L.K. Micorrhizal fungus propagules in the jarrah forest. I. Seasonal study of inoculum levels. **New Phytologist**, London, v.127,n.3,p.539-546, jul.1994.
- CARPENTER, A.T.; ALLEN, M.F. Responses of *Hedysarum boreale* Nutt. to mycorrhizas and *Rhizobium*: plant and soil nutrient changes in a disturbed shrub-steppe. **New Phytologist**, London, v.109,n.1,p.125-132, mai.1988.

- CHANG, K.P.; HU, H.T.; KAO, P.C. Effect of endomycorrhizal fungi and *Rhizobium* inoculation on growth of *Acacia auriculiformi* A. Cunn.ex Benth. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**. Taiwan, v.4, p.40-41, 1986.
- DIAS, L.E.; ALVAREZ, V.H.; BRIENZA JUNIOR, S.B. Formação de mudas de *Acacia mangium*: 1. Resposta à calcário e à fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990, **Anais...**, Campos do Jordão:SBS, 1990. p.449-59.
- EVANS, D.G.; MILLER, M.H. The role of the external mycelial network in the effect of soil disturbance upon vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of maize. **New Phytologist**, London, v.114, n.1, p.65-71, jan. 1990.
- FARIA, M.P.de. **Resposta de mudas de leguminosas arbóreas ao fósforo e endomicorrizas em um latossolo da região de influência da represa de Camargos/Itutinga (MG)**. Lavras: ESAL, 1993. 100p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- FITTER, A.H. Functioning of vesicular-arbuscular mycorrhizas under field conditions. **New Phytologist**, London, v.99, n.2 p.257-265, fev. 1985.
- FITTER, A.H. Costs and benefits of mycorrhizas: Implications for unctioning under natural conditions. **Experientia**, Viçosa, v.47, p.350-355, 1991.
- FOX, J.L. External phosphorus requeriments of crops. In: STELLY, M. **Chemistry in the soil enviroment**. Madison:p.223-259, American Society of Agronomy, 1981.
- GIOVANNETTI, M. e MOSSE, B. An evaluation of techiques to measure veicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, London, v.84, p.489-500, 1980.

GRUHN, C.M.; RONCADORI, R.W.; KORMANIK, P.P. Interaction between a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and phosphorus fertilization on Sweetgum growth in Loamy sand and Kaolin Spoil. **Reclamation and Revegetation Research**, v.6, p.197-206, 1987.

HABTE, M. Impact of simulated erosion on the abundance and activity of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal. **Biology and Fertility of Soils**, v.7,n.3,p.164-167,mar. 1989.

HABTE, M.; FOX, R.L.; AZIZ, T.; EL-SWAIFY, S.A. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi with erosion in an Oxisol. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.54,n.4,p.945-950,abr. 1988.

HABTE, M.; AZIZ, T. Response of *Sesbania grandiflora* to inoculation of soil with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.50,n.3,p.701-703,set. 1985.

HABTE, M.; TURK, D. Response of two species of *Cassia* and *Gliricidia sepium* to vesicular arbuscular mycorrhizal infection. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, v.22,n.17/18,p.1861-1872,nov. 1991.

HALL, I.R. Growth of *Lotus pedunculatus* Cav. in an eroded soil containing soil pellets infested with endomycorrhizal fungi. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.23, n.1,p.103-105, 1980.

HERRERA, M.A.; SALAMANCA, C.P.; BAREA, J.M. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystems. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.59,n.1, p.129-133,jan. 1993.

HUNTER, A.H. **Laboratory analysis of vegetal tissues samples**. Raleigh: International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, N.C.S.U., 1975. 5p.

- JANOS, D.P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae effect lowland tropical rain forest plant growth. **Ecology**, Ithaca, v.61, n.1, p.151-162, fev. 1980.
- JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v.34, p.197-224. 1981.
- JASPER, D.A.; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, London, v.112, n.1, p.93-99, mai. 1989.
- JASPER, D.A.; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, London, v.118, n.3, p.471-476, jun. 1991.
- JASPER, D.A.; DAVY, J.A. Root characteristics of native plant species in relation to the benefit of mycorrhizal colonization for phosphorus uptake. **Plant and Soil**, The Hague, v.155/156, p.281-284, out. 1993.
- KORMANIK, P.P.; MCGRAW, A.C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plant roots. In: SCHENCK, N.C., ed. **Methods and Principals of Mycorrhizal Research**, St. Paul: American Phytopathological Society. 1982. p.37-46.
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytologist**, London, v.117, n.3, p.365-386, mar. 1991.
- KOIDE, R.T.; LI, M. Mycorrhizal fungi and the nutrient ecology of three oldfield annual plant species. **Oecologia**, New York, v.85, p.403-412, 1991.
- KOIDE, R.T.; LI, M. On host regulation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, London, v.114, n.1, p.59-74, jan. 1990.

- LAL, R. Soil erosion from tropical arable lands. **Advances in Agronomy**, New York, v.37, p.183-248, 1984.
- LAL, R. Surface soil degradation and management strategies for sustained productivity in the tropics. In: GARVER, C.L., **Management of acid tropical soils for sustainable agriculture**: proceedings of an IBSRAM inaugural workshop, Bangkok, 1987. p.116-177.
- LANGKAMP, P.J.; DALLING, M.J. Nutrient cycling in a stand of *Acacia holosericea* A.Cunn. ex G. Don. II. Phosphorus and endomycorrhizal associations. **Australian Journal Botanic**, Melbourne, v.30, p.107-119. 1982.
- LANGKAMP, P.J.; FARNELL, G.K.; DALLING, M.J. Nutrient cycling in a stand of *Acacia holosericea* A. Cunn. ex G. Don. I. Measurement of precipitation interception, seasonal acetylene reduction, plant growth and nitrogen requirement. **Australian Journal Botanic**, Melbourne, v.30, p.87-106, 1992.
- LIMA, H.N. **Crescimento inicial de sete espécies arbóreas nativas em resposta à adubação com NPK a campo**. Lavras: UFLA, 1995.51p. (tese de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- LORENZI, H. **Árvores do Brasil**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- MAESTRI, R; GRAÇA, L.R.; SIMÕES, J.W.; FREITAS, A.J.P. Análise da adubação fosfatada na produção física e econômica da *Acacia* -negra. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.14, p.39-53, jun. 1987.
- MENGE, J.A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. **Canadian Journal of Botanic**, v.61, n.3, p.1015-1024, mar. 1983.

- MICHELTSEN, A.; ROSENDAHAL, S. The effect of VA mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress on the growth of *Acacia nilotica* and *Leucaena leucocephala* seedlings. **Plant and Soil**, The Hague, v.124, n.1, p.7-13, mai. 1990.
- MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.22, n.5, p.579-584, 1990.
- MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: MYCORRHIZAE IN SUSTAINABLE AGRICULTURE, Madison, 1992. p.29-44.
- MIRANDA, J.C.C.; HARRIS, P.J.; WILD, A. Effects of soil and plant phosphorus concentrations on vesicular-arbuscular mycorrhiza in sorghum plants. **New Phytologist**, London, v.112, n.3, p.405-410, jul. 1989.
- MOORMAN, T.; REEVES, F.B. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid west. II. Bioassay to determine the effect of land disturbance on endomycorrhizal populations. **American Journal Botanic**, v.66, n.1, p.14-18, jan. 1979.
- MUNNS, D.N.; MOSSE, B. Mineral nutrition of legume crops. In: SUMMERFIELD, R.J. & BUNTING, A.H. **Advin Legume Science**, New York, HMSO, 1980. 262p.
- OLIVEIRA, C.V.de. **Micorrização, compactação e fósforo no crescimento de leguminosas arbóreas em solo degradado**. Lavras: UFLA, 1995. 54p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- PACOVSKY, R.S.; BETHLENFALVAY, G.J.; PAUL, E.A. Comparisons between P-fertilized and mycorrhizal plants. **Crop Science**, Madison, v.26, n.1, p.151-156, jan. 1986.
- PEREIRA, E.G. **Micorrização e fósforo no solo na resposta de espécies arbóreas a nitrogênio mineral**. Lavras: UFLA, 1995. 65p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

- PARROTA, J.A. The role of plantation forest in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environments**, Amsterdam, v.41, p.115-133, 1992.
- PERRY, D.A.; MOLINA, R.; AMARANTHUS, M.P. Mycorrhizae, mycorrhizospheres and reforestation: current knowledge and research needs. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.17, n.8, p.929-940, 1987.
- POWELL, C.L. Mycorrhizal infectivity of eroded soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.12, n.3, p.247-250, 1980.
- PRINCHETT, N.L.; FISHER, R.F. **Properties and management of forest soils**. John Wiley & Sons, New York, 2nd ed., 1987. 494p.
- REEVES, F.B.; WAGNER, D.; MOORMAN, T.; KIEL, J. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid west. I. A comparison of incidence of mycorrhizae in severely disturbed vs. natural environments. **American Journal Botanic**, Columbus, v.66, n.1, p.6-13, jan. 1979.
- RENÓ, N.B. **Requerimentos nutricionais e resposta ao fósforo e fungos micorrízicos de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro**. Lavras: ESAL, 1994. 62p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- ROLDAN-FAJARDO, B.E. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizal endophytes on the development of six wild plants colonizing a semi-arid area in south-east Spain. **New Phytologist**, London, v.127, n.1, p.115-121, mai. 1994.
- SAIF, S.R. Growth response of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Growth mineral uptake and mycorrhizal dependency. **Plant and Soil**, The HAGUE, 97:25-35. 1987.
- SARRIÉS, G.A.; OLIVEIRA, J.V.C.; ALVES, M.C. SANEST. Piracicaba: CIAGRI, 1992. 80p. (Série Didática CIAGRI, 6).

- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Analises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ-USP. 1974. 56p.
- SILVA, L.F.C.; SIQUEIRA, J.O. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.283-288, set. 1991.
- SIQUEIRA, J.O. **Biologia do Solo**. Lavras: ESAL-FAEPE. 1993. 230p.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A.; SAGGIN JUNIOR, O.J.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Crescimento de mudas e produção do cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos e superfosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.1, p.53-60, mar. 1993.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do Solo: fundamentos e perspectivas: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS**. 1988. 235p.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.207-211, set. 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; HUBBELL, D.H.; VALLE, R.R. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.12, p.1465-1474, dez. 1984.
- STAHL, P.D.; WILLIAMS, S.E.; CHRISTENSEN, M. Efficacy of native vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi after severe soil disturbance. **New Phytologist**, London, v.110, n.3, p.347-354, nov. 1988.
- SUN, J.S.; SIMPSON, R.J.; SANDS, R. Nitrogenase activity os two genotypes of *Acacia mangium* as affected by phosphorus nutrition. **Plant and Soil**, The Hague, v.144, n.1, p.51-58, jul. 1992.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, n.6, p.805-806, set/out. 1970.

VEENENDAAL, E.M.; MONNAAPULA, J.C.; GILIKA, T.; MAGOLI, I.L. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of grass seedlings in a degraded semi-arid savana in Botswana. **New Phytologist**, London, v.121, n.3, p.477-485, jul. 1992.

WARING, R.H.; SCHELESINGER, W.H. **Forest ecosystems: concepts and management**. San Diego: Academic Press, 1985. 340p.

7 - ANEXO

Tabela 16 - Resumo das análises de variância e quadrados médios dos parâmetros de crescimento estudados de 4 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).

| | Matéria seca total | Matéria seca raiz | Matéria seca parte aérea | Relação raiz/parte aérea |
|-----------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Acacia | | | | |
| MA | 242,8806774* | 6,8820579 | 167,994829* | 0,000002 |
| P | 214,5268478** | 17,6545037** | 114,684182* | 0,014988** |
| MAxP | 95,4239197 | 4,7057448 | 59,0173488 | 0,002602 |
| Resíduo | 45,7378962 | 2,2313808 | 30,3802431 | 0,002514 |
| cv (%) | 30,823 | 40,919 | 30,135 | 25,925 |
| média | 21,9412 | 3,6506 | 18,2906 | 0,1934 |
| Angico | | | | |
| MA | 310,5027048** | 43,170588** | 151,8674405** | 0,0001282 |
| P | 342,1949944** | 38,6844166** | 161,0108831** | 0,042247* |
| MAxP | 140,0588717** | 21,1449979** | 54,8897427** | 0,019443 |
| Resíduo | 25,0143864 | 3,4586087 | 13,352841 | 0,011055 |
| cv (%) | 19,098 | 22,881 | 20,033 | 23,017 |
| média | 26,1884 | 8,128 | 18,2404 | 0,4568 |
| Fedegoso | | | | |
| MA | 369,7033412** | 11,9950017 | 248,5108256** | 0,1067216 |
| P | 174,8600524** | 17,3866755 | 92,8806209** | 0,0297399 |
| MAxP | 16,2339752 | 6,198987 | 4,2419244 | 0,0104921 |
| Resíduo | 37,4651694 | 11,8767085 | 13,043341 | 0,03168 |
| cv (%) | 21,988 | 32,960 | 20,778 | 28,847 |
| média | 27,8372 | 10,4558 | 17,381399 | 0,617 |
| Ipe | | | | |
| MA | 22,5249967 | 10,92338 | 2,1593012 | 0,0233293 |
| P | 35,4258609** | 7,8762325 | 11,955692** | 0,0542473 |
| MAxP | 11,4394262 | 4,6386367 | 1,9156401 | 0,0231726 |
| Resíduo | 6,5609452 | 3,5673678 | 1,756263 | 0,045313 |
| cv (%) | 12,897 | 18,613 | 13,638 | 20,105 |
| média | 19,8608 | 10,1474 | 9,7174 | 1,0588 |

*,**--Significativo pelo teste f a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 17 - Resumo das análises de variância e quadrados médios dos parâmetros de crescimento estudados de 3 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).

| | Matéria seca total | Matéria seca raiz | Matéria seca parte aérea | Relação raiz/parte aérea |
|------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| Cassia | | | | |
| MA | 177,7756272** | 35,3639853** | 54,559738** | 0,0220499 |
| P | 71,8663213** | 4,2507169 | 45,4040643** | 0,019422 |
| MAxP | 7,704493 | 1,5621431 | 4,2606276 | 0,00781 |
| Resíduo | 11,0229937 | 2,5700036 | 5,2109135 | 0,010907 |
| cv (%) | 15,009 | 22,992 | 15,070 | 22,325 |
| média | 22,1204 | 6,9726 | 15,1478 | 0,4678 |
| Jacaranda | | | | |
| MA | 27,2315710 | 9,1934643 | 15,0372421* | 0,0000005 |
| P | 87,2270495** | 19,0174406** | 29,9513916** | 0,0646281* |
| MAxP | 7,5358996 | 5,4652817 | 3,5153265 | 0,0188799 |
| Resíduo | 7,8982197 | 2,8378507 | 3,2697594 | 0,0212510 |
| cv (%) | 10,376 | 13,918 | 11,878 | 18,033 |
| média | 27,086401 | 12,104 | 15,2232 | 0,8084 |
| Cinamomo | | | | |
| MA | 4,6204428 | 0,0168639 | 5,191441* | 0,0662457 |
| P | 22,441302** | 9,0291471* | 8,6398695** | 0,2045924* |
| MAxP | 8,7697248 | 8,206253* | 3,1350303* | 0,1984335 |
| Resíduo | 4,0304568 | 3,0900581 | 1,0726934 | 0,0782441 |
| cv (%) | 11,701 | 18,361 | 13,658 | 21,557 |
| média | 17,1572 | 9,574 | 7,5832 | 1,2976 |

*,** - Significativo pelo teste *f* a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 18 - Resumo das análises de variância e quadrados médios dos parâmetros de crescimento, colonização e nodulação de 4 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).

| | Altura | Diâmetro | Colonização | Peso de nódulos | Número de nódulos |
|-----------------|-------------|-------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|
| Acacia | | | | | |
| MA | 227,251566* | 0,2312274 | 49,0326291** ¹ | 59,4084388 ¹ | 12,2990498* |
| P | 51,7958069 | 1,4352573* | 0,9824932 | 107,3246971 | 4,2700797 |
| MAxP | 28,114599 | 0,5254434 | 0,8050135 | 127,6871537 | 2,8951842 |
| Resíduo | 54,8350961 | 0,4403992 | 1,8368388 | 53,7210125 | 2,1741484 |
| cv (%) | 13,917 | 12,665 | 31,199 | 30,393 | 21,362 |
| média | 53,208 | 5,24 | 4,344062 | 24,115557 | 6,902295 |
| Angico | | | | | |
| MA | 111,603602* | 9,8125779* | 3,623999 ¹ | - | - |
| P | 63,7828122* | 6,5047828** | 6,4701918** | - | - |
| MAxP | 53,8718345* | 0,6926684 | 5,7174411** | - | - |
| Resíduo | 17,4057495 | 1,4947217 | 1,0760273 | - | - |
| cv (%) | 11,708 | 12,903 | 28,636 | - | - |
| média | 35,633999 | 9,475 | 3,622387 | - | - |
| Fedegoso | | | | | |
| MA | 35,2839037 | 8,5284369** | 72,2455546 | - | - |
| P | 249,8180345 | 2,3539949* | 181,092714 | - | - |
| MAxP | 390,0682001 | 0,3444541 | 195,2524164* | - | - |
| Resíduo | 187,0852760 | 0,6923505 | 73,6779718 | - | - |
| cv (%) | 29,214 | 11,028 | 9,811 | - | - |
| média | 46,82 | 7,545 | 87,489998 | - | - |
| Ipe | | | | | |
| MA | 0,7901079 | 1,5877402* | 4,6800998 | - | - |
| P | 216,00822** | 1,4660917** | 945,7133434** | - | - |
| MAxP | 79,9396778 | 0,1328920 | 159,0552825 | - | - |
| Resíduo | 50,2583045 | 0,2712525 | 113,3385414 | - | - |
| cv (%) | 13,182 | 7,309 | 23,992 | - | - |
| média | 53,782 | 7,1262 | 44,374 | - | - |

*, ** - Significativo pelo teste f a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

¹ Dados transformados $(X+1)^{1/2}$

Tabela 19 - Resumo das análises de variância e quadrados médios dos parâmetros de crescimento e colonização estudados de 3 espécies arbóreas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).

| | Altura | Diâmetro | Colonização |
|------------------|---------------|-------------|------------------------|
| Cassia | | | |
| MA | 29,6942769 | 0,6496882 | 6,1473504 ¹ |
| P | 281,4856869* | 2,1206723** | 2,4187426 |
| MAxP | 93,0441179 | 0,0638279 | 0,7960977 |
| Resíduo | 80,5520687 | 0,4868778 | 1,5934926 |
| cv (%) | 13,491 | 8,846 | 27,948 |
| média | 66,526 | 7,888 | 4,516755 |
| Jacaranda | | | |
| MA | 142,4659259** | 0,432424 | 3,5907573 |
| P | 29,7883681* | 1,7331695** | 95,3301039 |
| MAxP | 14,8630462 | 2,1138325** | 15,4458016 |
| Resíduo | 11,430535 | 0,2232755 | 159,2659179 |
| cv (%) | 8,894 | 5,142 | 27,39 |
| média | 38,012001 | 9,189 | 46,076 |
| Cinamomo | | | |
| MA | 78,3776976* | 0,5408891 | 3680,8225448 |
| P | 48,8179303* | 0,8451472** | 346,4955877 |
| MAxP | 29,9960778 | 0,3161524 | 278,9512738 |
| Resíduo | 14,7577361 | 0,2158478 | 177,9979375 |
| cv (%) | 9,593 | 6,417 | 20,906 |
| média | 40,043999 | 7,24 | 63,816 |

*,** - Significativo pelo teste f a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

¹ Dados transformados $(X+1)^{1/2}$

Tabela 20 - Resumo das análises de variância e quadrado médio dos teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de 4 espécies arbóreas estudadas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).

| | N | P | K | Ca | Mg | S |
|-----------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Acacia | | | | | | |
| MA | 0,0000096 | 0,000018 | 0,0137779 | 0,2964481** | 0,000018 | 0,002888 |
| P | 1,39737** | 0,013817** | 0,20308** | 0,3267924** | 0,004577** | 0,006423** |
| MAxP | 0,0164876 | 0,000913 | 0,043608 | 0,0276155 | 0,001123 | 0,000503 |
| Resíduo | 0,083909 | 0,000417 | 0,051348 | 0,0161261 | 0,00082 | 0,000743 |
| cv (%) | 13,013 | 19,597 | 19,351 | 9,158 | 11,195 | 13,467 |
| média | 2,226 | 0,1042 | 1,171 | 1,3866 | 0,2558 | 0,2024 |
| Angico | | | | | | |
| MA | 0,8659274** | 0,008192** | 0,0069616 | 0,0312497 | 0,005408** | 0,000098 |
| P | 0,9841769** | 0,003978** | 0,0110069 | 0,1333849* | 0,000235 | 0,000895* |
| MAxP | 0,7563431** | 0,001872* | 0,0053971 | 0,0916851 | 0,000583 | 0,000603 |
| Resíduo | 0,113793 | 0,00704 | 0,0045190 | 0,042743 | 0,000228 | 0,000319 |
| cv (%) | 34,38 | 41,719 | 16,882 | 22,595 | 14,804 | 17,010 |
| média | 0,9812 | 0,0636 | 0,3982 | 0,915 | 0,102 | 0,105 |
| Fedegoso | | | | | | |
| MA | 0,0633674* | 0,001058* | 0,0462081* | 0,0684425 | 0,000032 | 0,0242* |
| P | 0,0673478** | 0,012882** | 0,0151220 | 0,0081431 | 0,000585 | 0,05791** |
| MAxP | 0,0273681 | 0,000278 | 0,010028 | 0,1191268* | 0,000387 | 0,02115** |
| Resíduo | 0,0145130 | 0,000211 | 0,010352 | 0,0408882 | 0,000332 | 0,004194 |
| cv (%) | 13,905 | 17,758 | 26,551 | 13,526 | 15,184 | 28,157 |
| média | 0,8664 | 0,0818 | 0,3832 | 1,495 | 0,12 | 0,23 |
| Ipe | | | | | | |
| MA | 0,1003511 | 0,000288 | 0,0137803 | 0,0003372 | 0,000392 | 0,001568* |
| P | 0,0609868 | 0,00469** | 0,0541186** | 0,1587828** | 0,001093 | 0,001077** |
| MAxP | 0,0313972 | 0,002388** | 0,0448375** | 0,0576432** | 0,003167 | 0,001993** |
| Resíduo | 0,05942 | 0,000185 | 0,0111439 | 0,010675 | 0,000915 | 0,000257 |
| cv (%) | 23,286 | 13,078 | 10,425 | 9,797 | 11,441 | 10,603 |
| média | 1,0468 | 0,104 | 1,0126 | 1,0546 | 0,2644 | 0,1512 |

*, ** - Significativo pelo teste f a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 21 - Resumo das análises de variância e quadrado médio dos teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea de 3 espécies arbóreas estudadas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).

| | N | P | K | Ca | Mg | S |
|------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|
| Cassia | | | | | | |
| MA | 0,023117 | 0,003362** | 0,014449 | 0,1270122 | 0,0003919 | 0,07605** |
| P | 0,130133** | 0,007198** | 0,006687 | 0,084273 | 0,00154 | 0,007047** |
| MAxP | 0,0267171 | 0,000752** | 0,007835 | 0,1264369 | 0,000292 | 0,002415 |
| Resíduo | 0,019089 | 0,000192 | 0,003824 | 0,0741109 | 0,000492 | 0,001281 |
| cv (%) | 14,121 | 14,525 | 16,265 | 12,28 | 13,525 | 23,578 |
| média | 0,9784 | 0,0954 | 0,3802 | 2,2168 | 0,164 | 0,1518 |
| Jacaranda | | | | | | |
| MA | 0,137289** | 0,007688** | 0,4627219** | 0,0273789* | 0,000288 | 0,00005 |
| P | 0,0149832 | 0,006877** | 0,110622** | 0,0135032* | 0,000833 | 0,000178 |
| MAxP | 0,0628128** | 0,000473* | 0,117392** | 0,0012528 | 0,000993 | 0,00014 |
| Resíduo | 0,012246 | 0,000175 | 0,006561 | 0,004618 | 0,000242 | 0,000088 |
| cv (%) | 12,832 | 14,194 | 18,569 | 10,729 | 8,566 | 8,186 |
| média | 0,8624 | 0,0932 | 0,4362 | 0,6334 | 0,1816 | 0,1146 |
| Cinamomo | | | | | | |
| MA | 1,1521648** | 0,005202** | 2,658818** | 8,7613003** | 0,000968 | 0,160178** |
| P | 0,0635077 | 0,004933** | 0,023557 | 0,3350728* | 0,000243 | 0,049858** |
| MAxP | 0,0556064 | 0,000287 | 0,012213 | 0,0583873 | 0,001213* | 0,068728** |
| Resíduo | 0,0279539 | 0,000138 | 0,012909 | 0,1181009 | 0,000463 | 0,01297 |
| cv (%) | 12,726 | 9,677 | 17,814 | 17,13 | 12,839 | 74,241 |
| média | 1,3138 | 0,1214 | 0,6378 | 2,0062 | 0,1676 | 0,1534 |

*,**--Significativo pelo teste f a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 22 - Resumo das análises de variância e quadrado médio dos teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de 4 espécies arbóreas estudadas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).

| | Fe | Zn | Mn | Cu | B |
|-----------------|----------------|-------------|----------------|------------|----------------|
| Acacia | | | | | |
| MA | 10921,859032** | 6,5737559 | 73,9328074 | 5,1714227 | 1322,4183359** |
| P | 530,3964021 | 2,1780007 | 314,9825449** | 7,9705640 | 114,9321235** |
| MAxP | 216,6788795 | 35,6477691* | 15,9867077 | 3,312644 | 28,3633918 |
| Resíduo | 325,4656533 | 10,1532166 | 58,1272305 | 3,4757632 | 19,1707931 |
| cv (%) | 16,572 | 14,381 | 19,37 | 26,865 | 17,809 |
| média | 108,860397 | 22,156599 | 39,360401 | 6,9396 | 24,5856 |
| Angico | | | | | |
| MA | 195,1678833 | 231,2112531 | 6,4890006 | 0,0002895 | 182,2890275 |
| P | 1990,9280959 | 137,7733486 | 338,1586465** | 1,2006824 | 168,9300289* |
| MAxP | 1849,1404096 | 215,6091483 | 44,9409106 | 1,9488674 | 189,7635413** |
| Resíduo | 1059,8196576 | 96,0786222 | 68,25677 | 0,955074 | 47,2180802 |
| cv (%) | 35,403 | 52,225 | 17,7 | 31,476 | 23,925 |
| média | 91,955597 | 18,768801 | 46,677399 | 3,1048 | 28,721399 |
| Fedegoso | | | | | |
| MA | 5001,6008614* | 0,0698386 | 376,1563671 | 0,0002246 | 4,2568119 |
| P | 661,6127964 | 10,1203981 | 1972,2701058** | 0,9852073 | 157,1991365 |
| MAxP | 3167,464827* | 19,5485955* | 713,5035154 | 0,4288563 | 877,1790786** |
| Resíduo | 1170,2077881 | 7,3727152 | 389,7773296 | 0,5591835 | 98,699544 |
| cv (%) | 36,254 | 15,772 | 29,45 | 29,724 | 20,094 |
| média | 94,357597 | 17,215799 | 67,037598 | 2,5158 | 49,441399 |
| Ipe | | | | | |
| MA | 1644,0592492 | 4,8171484 | 581,8925187* | 4,7493204* | 136,9154009 |
| P | 409,9375004 | 180,7200489 | 841,9319051** | 2,7621534 | 373,5816079** |
| MAxP | 471,6971164 | 75,0522374 | 216,1905643 | 2,450016 | 220,5293867* |
| Resíduo | 454,648718 | 44,4794721 | 132,8243619 | 1,1014163 | 61,1417285 |
| cv (%) | 12,332 | 20,514 | 18,14 | 16,897 | 19,748 |
| média | 172,9086 | 32,510799 | 63,5322 | 6,211 | 39,594799 |

*,** - Significativo pelo teste f a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 23 - Resumo das análises de variância e quadrado médio dos teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea de 3 espécies arbóreas estudadas em função da pré-colonização (MA) e fósforo (P).

| | Fe | Zn | Mn | Cu | B |
|------------------|----------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Cassia | | | | | |
| MA | 47020,169208** | 538,6418629** | 358,5313787** | 47,414337** | 1309,6060364** |
| P | 3471,0464529 | 65,3106039 | 151,2306254* | 1,5532372** | 151,8398557 |
| MAxP | 6613,7997237* | 68,3633594 | 206,5883214** | 4,1147553** | 372,0338102* |
| Resíduo | 1855,6717104 | 41,1816823 | 46,1993002 | 0,3929706 | 108,6355137 |
| cv (%) | 43,981 | 36,93 | 19,694 | 16,901 | 16,944 |
| média | 97,945999 | 17,377 | 34,513802 | 3,709 | 61,513802 |
| Jacaranda | | | | | |
| MA | 3073,2544225 | 121,9294697 | 520,4189253** | 10,7740819** | 2,8423405 |
| P | 3904,486328 | 112,5637022* | 235,3897509** | 1,0482067 | 17,6813611* |
| MAxP | 5279,9831815 | 34,2761958 | 12,444758 | 0,9053376 | 7,0814929 |
| Resíduo | 2276,4699252 | 32,0678439 | 27,1626775 | 0,7836619 | 6,1166925 |
| cv (%) | 29,570 | 26,979 | 14,619 | 22,141 | 15,566 |
| média | 161,352402 | 20,99 | 35,65182 | 3,9982 | 15,8884 |
| Cinamomo | | | | | |
| MA | 13129,422790* | 3584,3323884** | 202,9712784** | 2,7705885** | 1,623946 |
| P | 7087,8913764* | 155,54457** | 66,52432252** | 0,3652052 | 202,7786003 |
| MAxP | 2358,7367489 | 65,9305628* | 17,9450113 | 0,2081503 | 9,3014179 |
| Resíduo | 2131,8884675 | 23,8449228 | 13,1330892 | 0,2552538 | 85,2522542 |
| cv (%) | 24,694 | 15,503 | 17,69 | 9,107 | 21,115 |
| média | 186,981003 | 31,4988 | 20,4856 | 5,5474 | 43,727798 |

*,** - Significativo pelo teste f a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 24 - Resumo dos ajustes de regressão dos teores de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) na matéria seca da parte aérea da Acacia e Cassia em função da pré-colonização (MA) e doses de P no solo.

| Espécie | Nutriente | MA | Equação | r ² |
|---------|-----------|------------|---|------------------|
| Acacia | N | s.e. | $Y=17,33381+0,090107X-0,0002382X^2$ | 0,74** |
| | P | s.e. | $Y=0,55945+0,006633X-0,0000133X^2$ | 0,83** |
| | K | s.e. | s.a. | - |
| | Ca | s.e. | $Y=11,25882+0,036958X-0,0000771X^2$ | 1,00** |
| | Mg | s.e. | $Y=2,37802+0,001384X$ | 0,61** |
| | S | s.e. | $Y=1,707+0,005941X-0,000016X^2$ | 0,67** |
| | Zn | +MA -MA | $Y=20,778815+0,0531780X-0,0001815X^2$ $Y=23,585832-0,0487702X+0,00015959X^2$ | 0,72* 0,91* |
| | Mn | s.e. | $Y=47,468422-0,1181448X+0,00025441X^2$ | 0,98* |
| | B | s.e. | $Y=19,948734+0,0782632X-0,00019429X^2$ | 0,80** |
| Cassia | N | s.e. | $Y=11,3651-0,023688X-0,0000526X^2$ | 0,88* |
| | P | +MA -MA | $Y=0,58416+0,004199X-0,0000091X^2$ $Y=0,60955+0,004746X-0,0000067X^2$ | 0,95** 0,94** |
| | Mg | s.e. | $Y=1,75095-0,000853X$ | 0,69** |
| | S | s.e. | s.a. | - |
| | Mn | +MA -MA | $Y=41,223396-0,1468324X+0,00034038X^2$ s.a. | 0,82* - |
| | B | +MA -MA | $Y=67,434488-0,2204217X+0,00061812X^2$ s.a. | 0,88* - |
| | Cu | +MA -MA | s.a. $Y=3,263629+0,0231555X-0,00005583X^2$ | - 0,83** |
| | Fe | +MA -MA | s.a. $Y=66,231732+1,3447983X-0,00394539X^2$ | - 0,99** |

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.
*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 25 - Resumo dos ajustes de regressão dos teores de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) na matéria seca da parte aérea do Ipe e Cinamomo em função da pré-colonização (MA) e doses de P no solo.

| Espécie | Nutriente | MA | Equação | r ² |
|----------|-----------|---|------------------------------------|----------------|
| Ipe | P | +MA | s.a. | |
| | | -MA | $Y=0,72241+0,002628X$ | 0,98** |
| | K | +MA | s.a. | |
| | | -MA | $Y=9,64486+0,020583X-0,0000828X^2$ | 0,76** |
| | Ca | +MA | s.a. | |
| | | -MA | $Y=8,74483+0,013655X$ | 0,93** |
| | Mg | +MA | $Y=2,98448-0,005663X+0,0000149X^2$ | 0,56* |
| | | -MA | s.a. | |
| | S | +MA | $Y=1,23948+0,001666X$ | 0,78** |
| | | -MA | $Y=1,69166-0,0027X+0,000008X^2$ | 0,75* |
| | Zn | s.e. | s.a. | - |
| | Mn | s.e. | s.a. | - |
| | B | +MA | s.a. | |
| -MA | | $Y=31,087654+0,0527104X$ | 0,52** | |
| Cinamomo | P | s.e. | $Y=0,8934+0,005008X-0,0000116X^2$ | 0,93** |
| | Ca | s.e. | $Y=18,82879+0,009486X$ | 0,39* |
| | Mg | +MA | $Y=1,70998+0,002297X-0,0000101X^2$ | 0,86* |
| | | -MA | s.a. | - |
| | S | +MA | s.a. | |
| | | -MA | $Y=3,95516-0,031581+0,000079X^2$ | 0,65** |
| | Zn | +MA | $Y=46,221601-0,0481231X$ | 0,89** |
| | | -MA | s.a. | - |
| Mn | s.e. | $Y=17,447180+0,0782515X0,00025033X^2$ | 0,96** | |
| Fe | s.e. | $Y=187,697154+0,3862286X-0,00178687X^2$ | 0,95* | |

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.
*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 26 - Resumo dos ajustes de regressão dos teores de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) na matéria seca da parte aérea do Jacaranda e Fedegoso em função da pré-colonização (MA) e doses de P no solo.

| Espécie | Nutriente | MA | Equação | r ² |
|-----------|-----------|--|---|----------------|
| Jacaranda | N | +MA | Y=10,07862-0,007159X | 0,68** |
| | | -MA | s.a. | - |
| | P | s.e. | Y=0,56116+0,005489X-0,000012X ² | 0,93** |
| | K | +MA | Y=8,03904-0,033215X+0,0000562X ² | 0,94** |
| | | -MA | s.a. | - |
| | Ca | s.e. | Y=5,9969+0,002593X | 0,72** |
| | Mg | s.e. | s.a. | - |
| | Zn | s.e. | Y=24,292796-0,0820944X+0,00025858X ² | 0,62** |
| Mn | s.e. | Y=42,305759-0,1350492X+0,00038254X ² | 0,85** | |
| B | s.e. | s.a. | - | |
| Fedegoso | N | s.e. | Y=9,87988-0,024764X+0,0000703X ² | 0,99** |
| | P | s.e. | Y=0,37151+0,004732X-0,0000059X ² | 0,99* |
| | Ca | +MA | s.a. | - |
| | | -MA | s.a. | - |
| | S | +MA | Y=1,69897+0,002931X | 0,78* |
| | | -MA | Y=1,65015-0,000082X+0,0000309X ² | 0,95* |
| | Zn | +MA | s.a. | - |
| | | -MA | Y=19,815861-0,0506666X+0,00013857X ² | 0,93* |
| | Mn | s.e. | Y=81,563286-0,111736X | 0,92** |
| | B | +MA | s.a. | - |
| -MA | | Y=69,830955-0,446569X+0,00228976X ² | 0,93** | |
| Fe | +MA | s.a. | - | |
| | -MA | Y=108,451147-0,3908932X+0,00163944X ² | 0,77* | |

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.
*,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Tabela 27 - Resumo dos ajustes de regressão dos teores de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) na matéria seca da parte aérea do Angico em função da pré-colonização (MA) e doses de P no solo.

| Espécie | Nutriente | MA | Equação | r ² |
|---------|-----------|------|--|----------------|
| Angico | N | +MA | s.a. | - |
| | | -MA | $Y=17,77697-0,098463X+0,0002158X^2$ | 0,67** |
| | P | +MA | $Y=0,3381+0,001307X$ | 0,77* |
| | | -MA | $Y=0,42399+0,006578X-0,0000181X^2$ | 0,59** |
| | Ca | s.e. | $Y=7,92845+0,009397X$ | 0,96** |
| | S | s.e. | $Y=0,9794+0,000543X$ | 0,48* |
| | Mn | s.e. | $Y=51,793035-0,0393510X$ | 0,66** |
| | B | +MA | s.a. | - |
| | | -MA | $Y=41,468308-0,1801432X+0,00044144X^2$ | 0,83** |

s.a. = sem ajuste; s.e.= sem efeito significativo para pré-colonização.
 *,**= significativo à nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.