

47310
MFN 14324

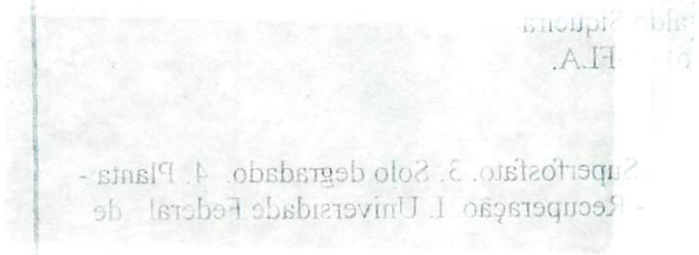
MARCO AURÉLIO CARBONE CARNEIRO

FUNGOS MICORRIZICOS E SUPERFOSFATO NO CRESCIMENTO E ACÚMULO
DE NUTRIENTES EM PLANTAS HERBÁCEAS EM SOLO DEGRADADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso
de Mestrado em Agronomia, área de
concentração em Solos e Nutrição de Plantas,
para a obtenção do título de "Mestre"

Orientador

Prof. José Oswaldo Siqueira



LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1997

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

Carneiro, Marco Aurélio Carbone

Fungos micorrízicos e superfosfato no crescimento e acúmulo de
nutrientes em plantas herbáceas em solo degradado / Marco Aurélio
Carbone Carneiro. - - Lavras: UFLA, 1997.

72 p. : il.

Orientador: José Oswaldo Siqueira

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Fungo micorrízicos. 2. Superfosfato. 3. Solo degradado. 4. Planta -
nutrição. 5. Área degradada - Recuperação. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

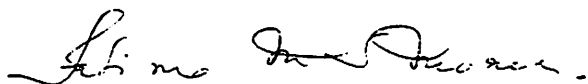
CDD - 631.42

MARCO AURÉLIO CARBONE CARNEIRO

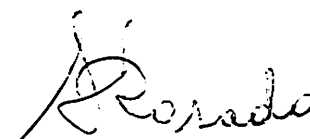
**FUNGOS MICORRIZICOS E SUPERFOSFATO NO CRESCIMENTO E ACÚMULO
DE NUTRIENTES EM PLANTAS HERBÁCEAS EM SOLO DEGRADADO**

**Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do Curso
de Mestrado em Agronomia, área de
concentração em Solos e Nutrição de Plantas,
para a obtenção do título de “Mestre”**

APROVADA em 21 de Fevereiro de 1997



Prof. Fatima M.S. Moreira



Prof. Sebastião C. da Silva Rosado



Prof. José Oswaldo Siqueira

(Orientador)

A minha esposa,

Andrea Marta

OFEREÇO

Eu te amo

porque tu tens feito

mais do que qualquer crença

poderia fazer para tornar-me bom;

e, mais do que qualquer destino poderia ter

feito para tornar-me cada vez mais feliz, obrigado

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, ao Departamento de Ciência do Solo e a seus professores e funcionários pelo apoio, incentivos e informações prestadas,

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo,

A CEMIG e FAPEMIG, pelo financiamento parcial deste projeto,

Ao Professor e sempre amigo José Oswaldo Siqueira pela oportunidade e incansável orientação na elaboração deste trabalho,

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia do DCS/UFLA e ao laboratorista Manoel Aparecido da Silva pelo incentivo, apoio e confiança,

A minha querida mãe e irmãos que sempre acreditaram no meu trabalho,

meus sinceros agradecimentos

SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Solo.....	12
3.2 Tratamentos e delineamento.....	14
3.3 Condução e avaliação.....	16
3.4 Análise estatística.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1 Matéria seca da parte aérea.....	19
4.2 Matéria seca de raízes.....	24
4.3 Colonização micorrízica e nodulação.....	28
4.4 Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea.....	31

4.5 Quantidades acumuladas de nutrientes na matéria seca parte aérea.....	45
4.6 Esporos.....	55
4.7 Considerações finais.....	59
5 CONCLUSÃO.....	56
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
7 ANEXOS.....	63

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1 Características químicas do solo original e apos tratamentos com doses de P.....	13
2 Equações de regressão de melhor ajuste para respostas das plantas estudadas inoculado (I) e não inoculado (NI) com fungos micorrizicos, doses de P, coeficientes de determinação e nivel de significancia pelo teste de F dos parâmetros avaliados.....	22
3 Equações de regressões para teor de fósforo (g/kg) na matéria seca parte aérea de cada planta em função das doses de fósforo e dos cortes.....	33
4 Equações de regressões para teor de nitrogênio (g/kg) na matéria seca parte aérea de cada planta em função das doses de fósforo e dos cortes.....	36
5 Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do primeiro corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.....	39
6 Teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea do primeiro corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.....	40
7 Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do segundo corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.....	41
8 Teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea do segundo corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.....	42
9 Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do terceiro corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.....	43
10 Teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea do terceiro corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.....	44

- 11 Equações de regressões para acumulado de fósforo (mg/vasog) na planta em função das doses de fósforo aplicado..... 47
- 12 Equações de regressão de melhor ajuste para respostas das plantas estudadas inoculado (I) e não inoculado (NI) com fungos micorrízicos, doses de P, coeficientes de determinação e nível de significancia pelo teste de F para acúmulo de nitrogênio da matéria seca parte aérea..... 51
- 13 Matéria seca da parte aérea (MSPA) correspondente a 90% da produção máxima (PM), dose de P necessária para atingir esta e contribuição da inoculação com FMAs na redução do requerimento externo de P (REP)..... 60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página	
1	Fósforo recuperado pelo extrator Mehlich I após a incubação do solo submetido a doses de P.....	15
2	Matéria seca da parte aérea dos três cortes realizados nas diferentes plantas estudadas em função da inoculação e dose de P aplicado. Est.= estilosantes; Bd.= braquiária; CG= capim gordura e E+CG= estilosantes com capim gordura.....	20
3	Matéria seca da parte aérea total nas diferentes plantas em função da inoculação e doses de P aplicadas. I = Inoculado; N. I. = Não inoculado; a) Estilosantes; b) Braquiária; c) Capim gordura e d) Estilosantes com capim gordura. Equação de regressão na tabela 2.....	21
4	Matéria seca da raiz nas diferentes plantas e dose de P aplicado e o efeito da inoculação. a) Estilosantes; b) Braquiária; c) Capim gordura e d) Estilosantes com capim gordura. I = Inoculado e NI não inoculado. *,** significativo a 1 e 5% pelo teste F, respectivamente.....	26
5	Efeito da aplicação de fósforo na resposta micorrízicas das plantas estudadas. ECG - estilosantes + capim gordura.....	27
6	Colonização micorrízicas das plantas estudadas.....	29
7	Efeito da aplicação de P e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares na nodulação do estilosantes. **, * efeito significativo pelo teste de Tukey ao nível de 1 e 5%, respectivamente.....	30
8	Efeito da inoculação e das doses de P aplicado nos teores de P na matéria seca parte aérea nos três cortes. a) Estilosantes; b) Braquiária; c) Capim gordura e d) Estilosantes com capim gordura. Equações de regressão tabela 3.....	32

9	Efeito da inoculação e das doses de P aplicado nos teores de N na matéria seca parte aérea nos três cortes. a) Estilosantes; b) Braquiária; c) Capim gordura e d) Estilosantes com capim gordura. Equações de regressão tabela 4.....	35
10	Acúmulo de fósforo em cada corte e total em função das doses de fósforo aplicado nas diferentes plantas estudadas. a) Estilosantes; b) Braquiária; c) Capim gordura e d) Estilosantes com capim gordura. Equações de regressão tabela 5.....	46
11	Acúmulo de nitrogênio nos três cortes e total acumulado da parte aérea das plantas estudadas em função da inoculação e doses de P aplicadas. a) Estilosantes; b) Braquiária; c) Capim gordura e d) Estilosantes com capim gordura. Equações de regressão tabela 6.....	50
12	Correlação de Pearson entre as quantidades de P e N acumulados na matéria seca parte aérea do estilosantes (a), braquiária (b), capim gordura (c) e estilosantes com capim gordura (d)	53
13	Efeito da inoculação com FMAs no acúmulo total dos nutrientes na matéria seca acumulada da parte aérea das plantas estudadas. * Efeito significativo ao nível de 5% pelo teste Tukey.....	54
14	Densidade de esporos nas diversas plantas e doses de P. I inoculadas, NI não inoculadas, ** significativo a 1% pelo teste de F e S.A. sem ajuste.....	56
15	Distribuição da porcentagem de espécies em relação ao numero total de esporos extraído em plantas não inoculadas.....	57
16	Distribuição da porcentagem de espécies em relação ao numero total de esporos extraído em plantas inoculadas.....	58

RESUMO

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone. **Fungos micorrízicos e superfosfato no crescimento e acúmulo de nutrientes em plantas herbáceas em solo degradado.** Lavras: UFLA, 1997. 72 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

Avaliaram-se através de três cortes em casa de vegetação os efeitos de doses crescentes de fósforo (0, 50, 100, 200 e 400 mg P/kg) aplicados na forma de superfosfato triplo e da inoculação com uma mistura de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no acúmulo de nutrientes e crescimento da braquiária, capim gordura, estilosantes e capim gordura consorciado com estilosantes, em solo degradado pela retirada de seu solum (horizonte A+B) para a construção de barragem de hidrelétrica. A produção de massa seca total da parte aérea e da raízes foram beneficiadas pela inoculação e pelas doses de superfosfato aplicada, porém estes efeitos são diferenciados entre as espécies. A inoculação com FMAs reduziu o requerimento externo de P para 90 % da máxima produção (MP) na matéria seca total da parte aérea em >400 para 90 mg P/kg de solo no estilosantes, de 90 para 20 mg P/kg de solo para a braquiária, de >400 para 215 mg P/kg de solo para o consorcio entre capim gordura e estilosantes e não teve efeito no capim gordura. Considerando a dose para 90 % MP, verificou-se que a inoculação aumentou em 129, 38, 160 e 168 % a produção de matéria seca da parte aérea, das raízes, o acúmulo de N e de P no estilosantes, respectivamente; na braquiária estes valores foram respectivamente de 30, 63, 5 e 24 na. O capim gordura foi a espécie que apresentou maior requerimento de P, 335 mg P/kg de solo, teve a maior produção de massa seca e não apresentou resposta à inoculação. O estilosantes foi a espécie estudada que apresentou maior capacidade multiplicadora de fungos MAs. A inoculação com FMAs selecionados e aplicação de P facilitam o crescimento da cobertura vegetal em solos degradados e com deficiência acentuada de nutrientes.

SUMMARY

Mycorrhizal fungi and superphosphate on growth and nutrients accumulation of herbaceous plants in a degraded soil.

The effects of increasing P rates (0, 50, 100, 200 and 400 mg.kg⁻¹ supplied as triple superphosphate) and inoculation with a mixture of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on plant growth and N and P accumulation were studied during three cuttings in a degraded soil under glasshouse conditions. Soil material was collected from a borrow pit site and plant species studied were: braquiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf), stylosanthes (*Stylosanthes guianensis* (Aubl. sw.)), capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv) and a mixture of capim gordura and stylosanthes. Shoot and root matter total dry yield and accumulated N and P in three cuttings were enhanced by AMF inoculation and by P application. Treatment effects were highly differentiated among species. AMF inoculation reduced the external P-requirement from >400 to 90 mg.kg⁻¹ for stylosanthes, from 90 to 20 mg.kg⁻¹ for braquiária, from >400 to 215 mg.kg⁻¹ for mixture of capim gordura and stylosanthes, and had no effect on capim gordura. Considering P doses for 90 % of maximum shoot yield, it was found that AM inoculation enhanced shoot and root yields, N and P accumulations by 129, 38, 160 and 168 %, respectively over control for stylosanthes and by 30, 63, 5 and 24 % for braquiaria grass. Capim gordura did not respond to AMF inoculation, gave the highest dry matter yield and exhibited high external P-requirement (335 mg.kg⁻¹ soil). Spore density in the soil was more abundant after stylosanthes than after any other plant species. Inoculation with selected AMF and application of the appropriated amount of soluble P may enhance growth and nutrition of cover plants in degraded low-fertility soils.

1. INTRODUÇÃO

A degradação do solo pode ser provocada por diversos fatores, em especial pelo manejo inadequado, atividades de mineração e construção civil, como a construção de barragens em usinas hidrelétricas, que provoca grandes alterações em extensas áreas de terra, exercendo grande impacto no meio ambiente. Na construção de barragens, as camadas superficiais são retiradas e o solo remanescente apresenta sérias limitações físicas, químicas e biológicas, as quais dificultam o crescimento vegetal e a atividade de microrganismos do solo, principalmente daqueles benéficos como os fungos micorrízicos e as bactérias fixadoras de nitrogênio. Solos assim degradados perdem sua capacidade de regeneração natural e como sua reabilitação é de grande importância ambiental, tornam-se necessárias ações antrópicas para a recuperação do mesmo.

A ausência de vegetação em solos de áreas marginais aos rios ou reservatórios d'água contribui para a degradação do solo por favorecer a erosão e conseqüentemente o assoreamento dos rios e reservatórios, empobrecimento do solo e diminuição da biodiversidade. Nesse caso o restabelecimento da vegetação além de contribuir para a estabilização do terreno facilita a regeneração e recuperação do ecossistema perturbado. O estabelecimento de espécies vegetais capazes de produzir grande quantidade de raízes e sementes, ser rústicas e tolerantes a períodos secos e a baixa fertilidade é uma estratégia antrópica de grande importância para a recuperação de áreas degradadas. A braquiária, capim gordura e o estilosantes são espécies com estas

características. Estas podem apresentar rápido estabelecimento garantindo uma boa cobertura ao solo degradado contribuindo para sua recuperação. Entretanto, o estabelecimento destas pode ser severamente limitado por problemas físicos e deficiências minerais no solo, em especial de nitrogênio e fósforo.

A maioria das espécies vegetais formam associações mutualistas denominadas micorrizas, que influenciam o crescimento e na absorção de nutrientes, em especial de P, e a tolerância das plantas a diversos tipos de estresse exercendo enorme influência no crescimento e reprodução. Além disto, leguminosas como estilosantes, formam também simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, contribuindo assim para seu estabelecimento o enriquecimento de nitrogênio no solo tornando-se, estas simbioses de grande interesse tecnológico na revegetação do solo.

No presente trabalho avaliaram-se em casa de vegetação os efeitos e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento e crescimento da braquiária, capim gordura, estilosantes e capim gordura com estilosantes em solo degradado pela construção de barragem hidrelétrica, adubado com doses crescentes de superfosfato triplo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Estimativas do GLASOD (Global assessment of soil degradation) indicam existir quase 4 bilhões de ha de terras degradadas em todo mundo, sendo 1,2 bilhão degradado por ações antropogênicas, desde a última guerra mundial (World Resources, citado por Siqueira et al., 1994). Dados como este não foram encontrados para o Brasil, mas a vasta extensão geográfica e atividade econômica com muita ênfase no extrativismo, o coloca dentre aqueles com extensas áreas degradadas. Além dos impactos econômicos e sociais, a degradação do solo exerce efeito negativo sobre o meio ambiente e sobre os recursos naturais, influenciando a quantidade e qualidade da água e a biodiversidade e conseqüentemente a qualidade de vida.

Solo degradado é aquele que apresenta declínio da sua qualidade ou capacidade produtiva, causada pelo uso incorreto, que resulta em mudanças adversas na fertilidade, no teor de matéria orgânica, nos atributos físicos e estruturais ou na concentração de materiais ou produtos tóxicos no solo. De acordo com Lal e Stewart (1989) as causas da degradação podem ser física (compactação e erosão), químicas (diminuição de nutrientes e acúmulo de produtos tóxicos) e biológicas (diminuição da atividade e diversidade da microfauna e flora do solo) as quais resultam principalmente de ações antropogênicas como o desmatamento, monocultura intensiva, uso indiscriminado de produtos químicos, mineração e construção civil.

Grandes esforços tem sido feitos no sentido de integralizar conhecimentos que facilitem a formação de “ecossistemas tecnogênicos” funcionalmente ativos e estabilizados, em áreas degradadas pela mineração e construção civil. Garantir o restabelecimento da vegetação de cobertura, é a primeira etapa do processo de estabilização física e reabilitação biológica do sistema (Perry e Amaranthus, 1990). O estabelecimento de plantas protege o solo do impacto e ação erosiva da chuva, restabelece os processos de troca entre o solo e a atmosfera e facilita a atividade biológica que melhora a nutrição e aumenta a tolerância das plantas a estresses diversos (Siqueira et al., 1994; Luchesi et al., 1992 e Griffith, 1994). As condições físicas e baixa fertilidade, são os principais problemas na revegetação artificial de solos em áreas degradadas exigindo-se preparo adequado do solo, adição de nutrientes e a introdução de espécie adaptada às condições edáficas estressantes do local.

A utilização de espécies forrageiras para o recobrimento de áreas perturbadas é muito promissora. Estudos em áreas de empréstimo mostram que o manejo destas áreas com pastagem conduz a uma melhoria na interação entre os fatores químicos, físicos e biológicos do solo. Estas espécies, devido seu grande volume de raízes, protegem o solo contra o impacto das chuvas, evitando a desestruturação do solo, aumentam a taxa de infiltração de água reduzindo o escoamento superficial e diminuindo o assoreamento dos rios e barragens, e aumentam o teor de matéria orgânica fixando carbono no solo incrementando a atividade microbiana (Luchesi et al., 1992 e Fisher et al., 1994). A utilização de gramíneas de sistema radicular abundante, associada à leguminosas representa uma estratégia interessante na recuperação de áreas degradadas. Plantas de leguminosas e ou gramíneas/leguminosas proporcionam ganhos de nitrogênio ao solo devido a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, o qual, quando incorporado ao solo favorece

(Dobereiner 1984 e Franco et al., 1992) o ciclo deste nutriente limitante e aumenta a atividade microbiológica do sistema solo (Botrel et al., 1994 e Fisher et al., 1994).

A utilização de espécies vegetais produtoras de grande massa de raízes, que tenham baixa exigência nutricional, favorece as características físicas, químicas e biológicas do solo (Medeiros, Mielniczuk e Pedo, 1987). Por exemplo, a braquiária, capim gordura e o estilosantes apresentam rápido estabelecimento, boa cobertura de solo, são tolerantes a solos ácidos e apresentam baixa exigência nutricional (Alves, 1988; Lambais, 1987 e Botrel, 1983). As duas gramíneas possuem um sistema radicular que produzem grande quantidade de raízes, garantindo uma boa proteção do solo (Botrel, 1983). De fato, nas encostas da serra do mar em Cubatão, verificou-se que a braquiária foi a melhor opção para a revegetação devido principalmente ao seu sistema radicular (Silva-Filho, 1988). O capim gordura, tem grande potencial para colonizar áreas degradadas pois além de ser bem adaptadas às condições de baixa fertilidade, boa cobertura do solo, produz grande quantidade de matéria orgânica (Davide, 1994), isto favorece a retenção de nutrientes no ecossistema, e no processo de sucessão secundária esta gramínea é facilmente substituída por espécies arbóreas, como verificado por Reichmann Neto (1992) na barragem de Governador Parigot de Souza-PR.

Em estudos realizados com a formação de pastagem em solos de baixa fertilidade natural do Campo das Vertentes em Minas Gerais, Botrel (1994) verificou-se que a braquiária, capim gordura, estilosantes e consorcio entre estilosantes e capim gordura apresentaram boa cobertura do solo, sendo que o consorcio alcançou uma aumento na matéria seca parte aérea e aumento na percentagem de proteína bruta. Isto evidencia o grande potencial destas espécies para a recuperação de solos degradados, principalmente os solos com limitações nutricionais, conforme já preconizado (Barea citado por Lambais, 1987).

O estilozantes apesar de não ter sistema radicular muito abundante, produz raízes mais profundas e tem como principal característica a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico em simbiose com rizóbio, podendo fixar até 220 kg de N.ha⁻¹.ano⁻¹ ou ciclo conforme citado em Siqueira (1993) o que demonstra seu grande potencial para incorporação de nitrogênio nestes solos. Pelo menos parte do nitrogênio fixado na leguminosa pode ser transferida para a gramínea como Oliveira et al., (1996) verificou que através de estudo com diluição isotópica ¹⁵N no consórcio entre estilozantes e capim rhodes e estilozantes e capim sempre verde: cerca de 16 a 23 % de N fixado pela leguminosa foram transferido para as gramíneas rhodes e capim sempre verde, respectivamente evidenciando o potencial deste consórcio em solos deficientes em nitrogênio, uma constante em áreas degradadas.

Solos degradados geralmente apresentam severas limitações nutricionais, especialmente no que diz respeito à disponibilidade de nitrogênio e fósforo (Franco et al., 1992) principalmente aqueles decapitados e que são originados de rochas pobres em nutrientes (Carneiro et al., 1995). Apesar destes nutrientes serem facilmente fornecidos via fertilização, a adoção de uma maciça correção com fertilizantes além de encarecer o processo de revegetação pode levar a situações de desbalanceamento nutricional e possibilidades de contaminação das águas com estes elementos. O uso de plantas que formam simbioses radiculares com microrganismos como bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e fungos micorrízicos que são componentes essenciais do ecossistema (Reeves et al., 1979), é muito vantajoso tanto do ponto de vista econômico quanto nestas situações (Miller e Jastrow, 1992; Franco et al., 1994 e Jasper, 1994).

A maioria das espécies vegetais formam associações mutualística denominadas micorrizas, que são associações entre raízes de plantas e certos fungos, que influenciam o crescimento, nutrição e tolerância das plantas a diversos tipos de estresse (Siqueira e Franco, 1988). Estes

fungos são de fundamental importância para quase todas as espécies de plantas, cerca de 90 % das plantas vasculares. O estabelecimento desta simbiose resulta da perfeita integração morfológica, fisiológica e funcional, a planta beneficia-se pela aumento da absorção de nutrientes, principalmente P, proporcionado pelo fungo e em troca a planta fornece fotossintatos para o fungo (Siqueira, 1991).

As micorrizas são agrupados em ectomicorrizas, ectendomicorrizas e endomicorrizas, diferindo nas suas características funcionais e ecológicas. As ectomicorrizas predominam em clima temperado colonizando principalmente árvores e arbustos, ocorrendo a penetração apenas intracelular (rede Hartig) formando um manto que pode ser visto sem auxílio de aparelhos microscópios. As ectendomicorrizas e as endomicorrizas (ericoides e orquidoides) são de ocorrência limitada e possuem alta especificidade para com seu hospedeiro. Micorrizas arbusculares (FMAs) são compostas por fungos pertencentes da classe Zigomicetos, ordem Glomales e compreende as famílias Glomaceae, Acaulosporaceae e Gigasporaceae.

Devido FMAs terem ampla distribuição, pouca especificidade de hospedeiro e de reduzir o estresse causado por fator biótico ou abiótico, assumem importante papel na recuperação de áreas degradadas, pois aceleram o processo de revegetação inicial (Perry, Molina e Amaranthus, 1987), aumentam a estabilidade do ambiente em recuperação (Parrota, 1992), pelos seus efeitos benéficos nutricionais, em particular os de baixa mobilidade na solução do solo como P, Zn e Cu (Siqueira, 1994), contribuindo eficientemente na reciclagem de nutrientes (Jasper, 1994), na diminuição dos efeitos da compactação do solo (Sylvia e Williams, 1992), na formação e estabilidade de agregados (Tisdall e Oades, 1979) e aumentando o estabelecimento da planta nestes solos degradados (Jasper 1994).

O maior benefício nutricional promovido pelas FMAs é a maior absorção de fósforo (Barea, 1991 e Siqueira e Saggin Junior, 1995). Isto ocorre devido ao maior volume de solo explorado pelas raízes micorrizadas, maior capacidade absorvitiva das raízes, imobilização temporária de nutrientes na biomassa fúngica, maior capacidade de absorção de cátions e ânions e diminuição do nível crítico do solo, principalmente de P.

As hifas fúngicas crescem por todo solo explorando microsítios onde as raízes não conseguiriam explorar (Siqueira, 1994), além deste fato as hifas possuem pequeno diâmetro aumentando a superfície de contato e produzem e exsudam fosfatases extracelulares que catalisam e liberam o P complexado no solo (Marschner e Dell, 1994). Outro fator que afeta a absorção de P pelas plantas micorrizadas é a taxa de crescimento das raízes e o volume de solo explorado alterando a cinética da absorção (K_m e V_m) ou seja uma maior velocidade de absorção inicial pelas plantas micorrizadas (Smith, Robson e Abbott, 1992).

A imobilização temporária de nutrientes na biomassa dos fungos micorrizicos é um processo importante para conservação deste nutrientes no ecossistema, principalmente na ciclagem de nutrientes, entre eles incluem C, N, S e P, diminuindo assim a perda por volatilização ou lixiviação (Sims, 1989). Além disto a inoculação estimula o acúmulo de N, S, Ca, Mg, Zn e Cu (Koide, 1991) e a diminuição do nível crítico do solo, principalmente P, em relação a plantas não micorrizadas (Siqueira e Franco, 1988; Alves, 1988; Howeler, Sieverding e Saif, 1987 e Siqueira, 1994). Estudos realizados com técnica de diluição isotópica com ^{32}P evidenciou que raízes de plantas micorrizadas utilizam mais eficientemente o P disponível na solução do solo (Gianinazzi citado por Siqueira, 1991). Estas características tornam as FMAs importante na revegetação de solos degradado.

Em condições sub-ótimas de nutrientes, especialmente de P, o envolvimento das micorrizas na absorção de fósforo é evidente. Diversos estudos demonstram uma resposta quadrática a aplicação de P em plantas micorrizadas, como por exemplo no café (Saggin Junior et al., 1991) em plantas de *Cajanus cajans* (Paulino, Costa e Cardelli, 1991), plantas de *Panicum miliaceum* (Lira-Junior et al., 1994), plantas de milho e soja (Fernandes et al., 1987) e em várias espécies de gramíneas e leguminosas estudadas por Saif (1987), todos estes estudos indicam uma maior utilização de P e conseqüentemente uma maior produção de biomassa quanto estas plantas são inoculadas. Verificaram-se também nestes estudos, que em solos com elevada disponibilidade de P a colonização e a contribuição das MAs para a aquisição de P é reduzido, portanto o nível de P no solo interfere na colonização, na esporulação e no funcionamento da simbiose fungo/planta, podendo esta associação pode tornar-se parasítica diminuindo o crescimento (Koide, 1991 e Siqueira e Saggin Junior, 1995). Plantas não micotróficas possuem estratégias para aquisição de nutrientes que inclui num sistema radicular complexo e grande e possivelmente a produção de ácidos e quelantes.

Solos degradados, por exemplo áreas de empréstimo ou erodidas pelo mau manejo, geralmente apresentam-se sem a camada superficial, ou possuem algum impedimento químico, como áreas de mineração, tendo uma baixa população de microrganismo no solo remanescente, principalmente FMAs, necessitando a reintrodução destes microrganismos para que o processo de revegetação inicie, sendo que a demora para a recuperação destes solos está na eliminação ou redução do número de propágulos de fungos micorrizicos (Reeves et al., 1979) e o restabelecimento da atividade microbiana facilita a recuperação de ecossistema degradado (Perry e Amaranthus, 1990). Em estudos realizados em minas de minério de ferro na Pennsylvania e Minnesota no EUA verificaram-se que devido ao baixo teor de P no solo e pela dificuldade de

aplicação deste nutriente, uma vez que o mesmo pode ser fixado pelo Fe, o estabelecimento de gramíneas forrageiras somente foi possível com a inoculação de FMAs (Lambert e Cole, 1980 e Noyd et al., 1995). Áreas estéreis ou com rejeito da mineração de bauxita, em Porto Trombetas - PA, são revegetadas com espécies arbóreas micorrizadas (Franco, 1994) mostrando o importante papel que FMAs possuem no estabelecimento da vegetação destes solos.

Estudos realizados em casa de vegetação utilizando solo degradado pela retirada da camada superficial da represa da hidrelétrica de Camargos/Itutinga- MG, verificaram que a inoculação aumentou em 35 % a produção de matéria seca da parte aérea da braquiária e que nestes solos o pré-cultivo da braquiária juntamente com a inoculação aumentou pelo menos 5 vezes a produção de matéria seca parte aérea de duas espécies arbóreas, isto demonstra o papel das FMAs no estabelecimento da revegetação nestes solos degradados (Carneiro et al., 1995)

Devido ao seu sistema radicular pouco desenvolvido e com poucos pêlos absorventes, o estilosantes é muito dependente de fungos micorrízicos tanto para o crescimento quanto para a nodulação (Mosse, 1977; Mosse, 1981; Lambais, 1987; Alves, 1988; Siqueira e Franco, 1988 e Marscher e Dell, 1994). Saif (1987) trabalhando com espécies forrageiras tropicais verificou que a inoculação aumentou 2,5 vezes a matéria seca da parte aérea do estilosantes e que este apresentou uma alta resposta micorrízicas demonstrando ser altamente micotrófico. Resultados semelhante foram encontrado por Lambais e Cardoso (1990). A inoculação com FMAs reduz o requerimento externo de P sendo que esta redução depende da resposta da planta ao micotrofismo, por exemplo, em braquiária a inoculação FMAs só foi benéfica em solos pobres em P enquanto que no estilosantes a inoculação com FMAs foi benéfica tanto em baixo como também em altos níveis de P (Siqueira, 1990), resultados semelhantes foram encontrado com Saif (1987) e Mosse (1977).

Portanto, em ambientes degradados, a aplicação de doses moderadas de P e a inoculação podem favorecer o estabelecimento da vegetação e a recuperação da diversidade e atividade biológica do solo, contribuindo para o enriquecimento gradual do solo em termos físicos e da fertilidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se solo degradado oriundo de área de construção da hidrelétrica de Itutinga/Camargos (MG), localizada no município de Itutinga (MG). Avaliou-se a resposta de três espécies herbáceas sendo estilosantes, braquiária, capim gordura e consorcio entre estilosantes e capim gordura à doses crescente de fósforo combinado com presença e ausência de fungos micorrizicos em solo degradado.

3.1. Solo

Utilizou-se material superficial (0-20 cm) coletado de um solo degradado, remanescente de um Latossolo Vermelho-Escuro (LE), o qual foi decapitado, sendo retirado os horizontes A e B, durante a construção da hidrelétrica. Determinações químicas em amostras deste encontram-se na Tabela 1. O P e o K foram extraídos pelo Mehlich I e os demais pelo KCl 1N. Os teores de P foram determinados por colorimetria, de K por fotometria de chama e de Ca, Mg e Al por titulometria (Vettori citado por EMBRAPA, 1979) e o teor de matéria orgânica foi calculada de forma indireta pelo teor de carbono orgânico extraído com $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4N + H_2SO_4 10N e determinado por colorimetria (Rajj e Quaggio, 1983). As determinações físicas foram realizadas

conforme Camargo et al., (1986) e o solo apresentou 610, 240 e 150 g/kg de areia, silte e argila respectivamente. O solo apresentou 3 de esporos, em uma amostra de 50 ml de solo.

TABELA 1: Características químicas do solo original e após tratamentos com doses de P.

Variáveis	Doses de P mg/kg de solo				
	0	50	100	200	400
pH em H ₂ O	6,5	7,0	7,1	7,1	7,0
P (mg/dm ³)	6	15	22	63	155
K (mg/dm ³)	16	14	16	17	19
Ca (mmol _c /dm ³)	13	17	18	21	25
Mg (mmol _c /dm ³)	7	6	5	4	5
Al (mmol _c /dm ³)	0	0	0	0	0
H+Al (mmol _c /dm ³)	12	12	13	13	17
S (mmol _c /dm ³)	20	23	23	25	30
t (mmol _c /dm ³)	20	23	23	25	30
T (mmol _c /dm ³)	32	35	36	38	47
Mat. orgânica (g/kg)	11	8	9	11	9
V (%)	63	66	64	66	64
m (%)	0	0	0	0	0

S= Soma de bases trocáveis= $Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} + (Na^{+})$; t= CTC efetiva= $Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} + (Na^{+}) + Al^{+3}$; T= CTC a pH 7,0 = $S + (H^{+} + Al^{+3})$; V= $(100 \times S)/T$ e m= $(100 \times Al^{+3})/t$.

O solo foi seco ao ar e peneirado (malha 2mm), recebeu calcário dolomítico, com 95% PRNT, sendo a necessidade de calagem calculada pelo método de saturação de bases (Raij, 1991), considerando $V_2 = 65\%$. Após a calagem o solo ficou incubado por um período de 15 dias, sendo seco e armazenado até sua utilização.

3.2 Tratamentos e delineamento

O estudo foi desenvolvido em vasos construídos a partir de tubos de PVC, com capacidade para 1,8 kg de solo, sendo os tubos revestidos com sacos plásticos e cada vaso contendo duas plantas. As espécies de plantas estudadas foram estilosantes (*Stylosanthes guianensis* (Aubl. sw.)), capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv), braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) e o consórcio entre estilosantes e capim gordura. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, distribuído em esquema fatorial 5x2 com cinco repetições sendo: cinco níveis de P (0; 50; 100; 200 e 400 mg P/ kg de solo aplicado na forma de superfosfato triplo e sua dosagem calculada considerando-se o teor total de 40 % P₂O₅) e na ausência e presença da inoculação com fungos micorrízicos. Após incorporação e homogeneização dos tratamentos, o solo foi incubado por um período de 15 dias e os resultados estão apresentados na Tabela 1. Nas amostras de solo retiradas dos vasos após a incubação e antes do plantio, analisou-se o P disponível no solo, utilizando-se o método Mehlich I (Figura 1).

A inoculação foi realizada no momento da semeadura e utilizou-se como inóculo uma mistura de fungos MAs composta de *Glomus etunicatum* (Becker e Gerdermann), *Glomus clarum* (Nicolson e Schenck), *Gigaspora margarita* (Becker e Hall) e *Acaulospora scrobiculata* (Trappe), obtidos de vasos de cultivos com *B. decumbens* como planta hospedeira cultivada em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo - UFLA. O inóculo de cada fungo foi misturado e homogeneizado contendo raízes picadas, propágulos (hifas) e uma quantidade equivalente de esporo de cada fungo. O inóculo apresentou uma densidade média de 54 esporos/ml de solo. Aplicaram-se 5 ml de inóculo por vaso, fornecendo aproximadamente um total de 270 esporos/vaso. Os tratamentos sem inoculação receberam 5ml de um filtrado do inóculo

isento de propágulos de fungos MAs, obtido da suspensão de 50 cm³ de substrato dos vasos de cultivo em 15 litros de água e tamisação em peneiras com malhas de 0,710 e 0,053 mm e filtragem em papel filtro, visando equilibrar a microbiota entre os tratamentos inoculado dos sem inoculação. No tratamento com estilosantes e estilosantes + capim gordura procedeu-se a inoculação com *Bradyrhizobium* sp utilizando 5 ml/vaso de uma suspensão em meio Norris líquido contendo concentração equivalente a $1,4 \times 10^5$ bactérias/ml das estirpes BR 446 e BR 502 multiplicadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Biologia da UFLA.

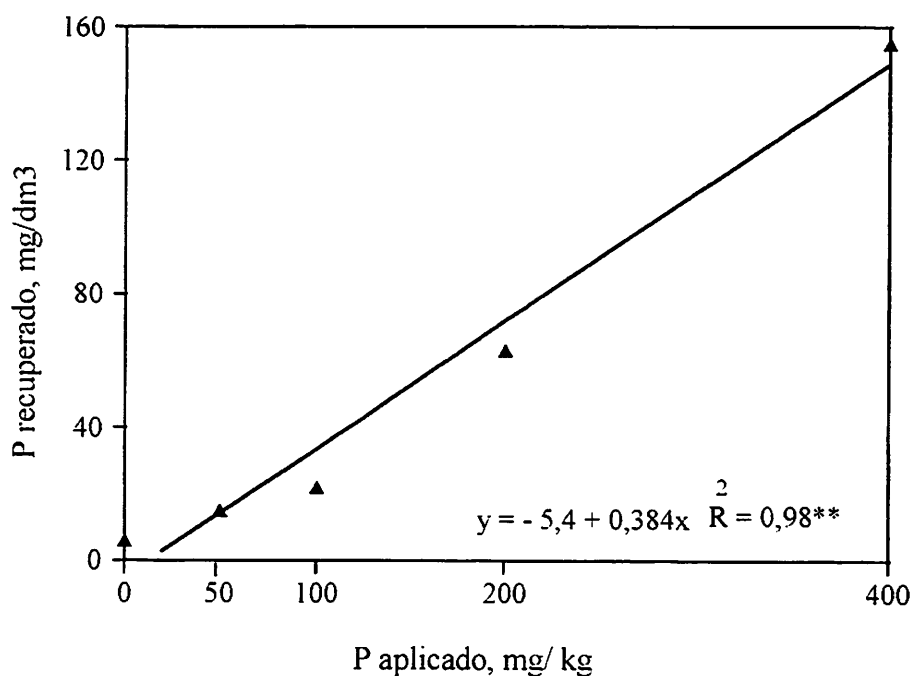


FIGURA 1: Fósforo recuperado pelo extrator Mehlich 1, após a incubação do solo submetido a doses de P. ** significativo a 1% pelo teste de F.

As sementes de estilosantes, provenientes da EMBRAPA (CNPGL) de Coronel Pacheco, foram obtidas no Departamento de Zootecnia da UFLA. As sementes de braquiária e capim gordura foram coletadas no campus da UFLA. Realizou-se semeadura direta, sendo todas sementes previamente desinfetadas com hipoclorito a 2%. As espécies vegetais foram semeadas diretamente nos vasos com os tratamentos e após a germinação das sementes procedeu-se um desbaste, para 2 plantas/vaso, sendo que no tratamento consorcio cada espécie teve 1 planta/vaso.

3.3 Condução e avaliação

A umidade do solo foi ajustada para 60% VTP e mantida durante todo experimento através de pesagens periódicas. Foram realizadas três aplicações de N, sendo a primeira aplicação no início do experimento e as demais após cada corte, com nitrato de amônio totalizando 150 mg N/vaso, somente para as espécies braquiária e capim gordura. O experimento foi conduzido por 450 dias, sendo realizado três cortes com intervalo de 150 dias cada corte, os cortes foram realizados a 4 cm do solo.

O material da parte aérea dos três cortes foi lavado, sendo a seguir seco em estufa a 80 °C até peso constante, sendo obtido o peso da matéria seca da parte aérea de cada corte e o total acumulado, ou seja, a soma dos 3 cortes. A resposta micorrízica foi obtida a partir da matéria seca parte aérea total (MSPAT) sendo calculada a relação (MSPAT inoculada-MSPAT não inoculada)/MSPAT inoculada dentro de cada dose de P aplicado conforme Plenchette, Fortin e Furlan (1983). Estimaram-se as doses de P correspondentes à 90% da produção máxima através das equações de regressões para produção matéria seca da parte aérea do primeiro, segundo e terceiro corte e a soma de todos cortes (matéria seca acumulada da parte aérea).

Em seguida o material da parte aérea foi moído e utilizado para determinações do teor de nutrientes. O material vegetal após seco em estufa foi moído em moinho tipo Wiley, e utilizado para análises dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Fe, Mn e Zn nos extratos dos tecidos (Hunter, 1975). Os teores de P foram determinados por colorimetria (azul de molibdênio), K por fotometria de chama, B e S por espectrofotometria, N pôr digestão com H_2SO_4 , destilação e titulação com HCl e Ca, Mg, Cu, Zn e Fe por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge e Haag, 1974).

As raízes foram separadas do solo, no último corte, com o auxílio de uma peneira sendo lavadas e retiradas 1g das raízes mais finas para posterior avaliação da colonização e em seguida as raízes foram secas em estufas e pesadas para obter o peso de matéria seca de raízes. Subamostras para obtenção da densidade e identificação dos esporos também foram coletadas. Devido os nódulos apresentaram-se muito pequenos e numerosos, estes foram avaliados através de nota sendo que de 0 a 1 baixa nodulação quanto as plantas apresentavam menos de 20 nódulos/planta, 1,1 a 2,0 média nodulação entre 20 - 50 nódulos/planta e 2,1 a 3 alta nodulação quanto as plantas apresentavam mais de 50 nódulos/planta .

Para a colonização, amostra de 1g de raízes finas foi clarificada com KOH a 10%, por 12 horas, sendo aquecidas à 90 °C por 10 minutos. Em seguida, estas foram lavadas em água e coloridas em fúcsina ácida 0,2% com aquecimento até a fervura e mantida por 15 minutos (Kormanik e McGraw, 1982) e procedeu-se a avaliação com auxílio microscópio estereoscópio em placa quadriculada (Giovannetti e Mosse, 1980). A extração de esporos foi realizada conforme técnica de Gerdemann e Nicolson (1963) que segue de peneiramento úmido do solo seguido de centrifugações em água e sacarose a 50% durante 3 minuto, e o número de esporos assim como

sua identificação (Schenck e Perez, 1987) foi realizado com auxílio de um microscópio estereoscópio (40x).

Os nutrientes acumulados nos tecidos da parte aérea das plantas em estudos foram obtidos em função da quantidade de matéria seca da parte aérea produzida e o teor de cada nutriente no tecido. O acumulado total obtido pela soma dos nutrientes acumulados em cada corte .

3.4 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias pelo programa estatístico Sanest (Zonta, Machado e Silveira Junior, 1984) e as regressões foram obtidas pelo programa TableCurve (Jandel Scientific Corporation) obtendo as equações de melhor ajuste e que possuem teste de F significativo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Matéria seca da parte aérea

Os efeitos dos tratamentos na produção da matéria seca parte aérea (MSPA) nos diversos cortes e MSPA acumulada (MSPAT) nestes cortes encontram-se na Figura 2 e 3, respectivamente. Os efeitos da inoculação e doses de P aplicadas foram observados em todas as espécies, porém de modo diferenciado entre as mesmas, com exceção do cultivo misto no terceiro corte onde não houve efeito significativo para a interação dose P x inoculação (Tabela 1a).

O estilosantes apresentou elevada resposta positiva a P e a inoculação com FMAs em todos cortes (Figura 2a-c). Observa-se que na máxima produção de MSPA do primeiro corte a inoculação propiciou um aumento de 307% na MSPA e que apesar de aumentar MSPA no segundo corte este foi de menor magnitude, cerca de 22%. No terceiro corte, plantas inoculadas apresentaram aumento na MSPA até a dose 270 mg de P sendo que em doses superiores a inoculação apresentou-se efeito depressivo na produção de matéria seca parte aérea. Para matéria seca da parte aérea total do estilosantes (MSPAT) houve efeito benéfico tanto da inoculação quanto das doses de P aplicadas (Figura 3a), verifica-se aumento acentuado da MSPAT nas doses mais baixas de P, onde as plantas inoculadas aumentaram a MSPAT em 50% indicando sinergismo entre estes tratamentos (FMAs x doses P). Este fato permite concluir que a aplicação de pequenas

doses de P, entre 50 a 100 mg P/kg de solo, juntamente com a inoculação com FMAs oferece condições favoráveis para o estabelecimento inicial do estilósantes confirmando os resultados de outros estudos com esta espécie (Saif, 1987; Lambais, 1987; Alves, 1988 e Lambais e Cardoso, 1990).

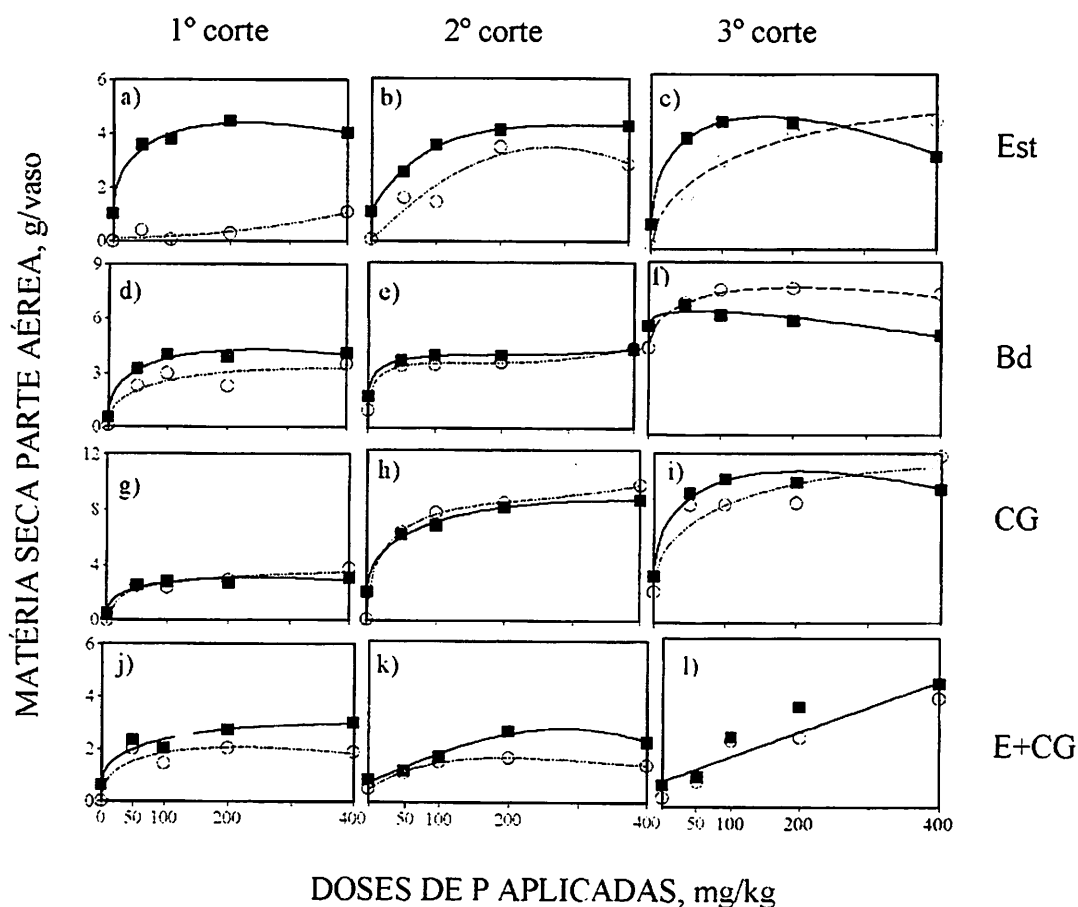


FIGURA 2 : Matéria seca da parte aérea nos três cortes realizados nas diferentes plantas estudadas em função da inoculação e dose de P aplicado. Est.= estilósantes; Bd.= braquiária ; CG= capim gordura e E+CG= estilósantes com capim gordura. ■ Inoculado e ○ não inoculado. Equações de regressão estão na tabela 2.

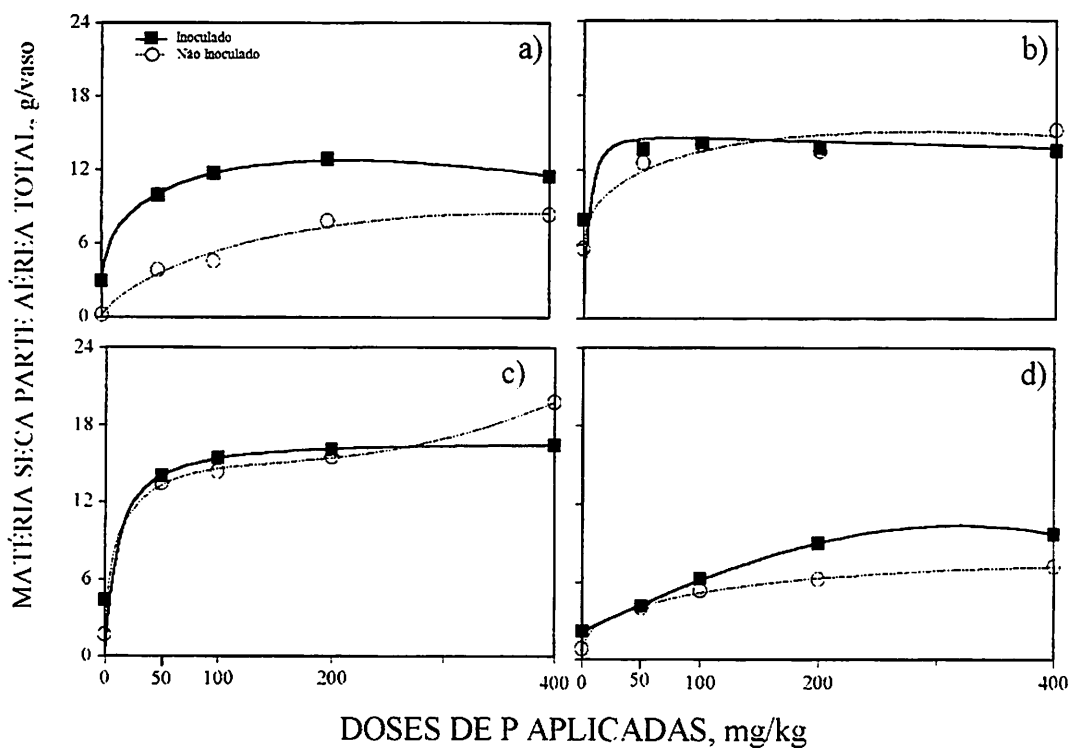


FIGURA 3: Matéria seca da parte aérea total nas diferentes plantas em função da inoculação e doses de P aplicado. I = Inoculado; N.I. = Não inoculado; a) Estilosantes; b) Braquiária; c) Capim gordura e d) Estilosantes com Capim gordura. Equação de regressão tabela 2.

TABELA 2: Equações de regressão de melhor ajuste para respostas das plantas estudadas inoculado (I) e não inoculado (NI) com fungos micorrízicos, doses de P, coeficientes de determinação e nível de significância pelo teste de F dos parâmetros avaliados.

Parâmetros	Inoc	Equação de regressão	R ²
Estilosantes			
M.S. parte aérea 1º corte	I	$y = 0.98 - 0.014x - 0.45.x^{0.5}$	0.98**
	NI	$y = 0.122 + 6.01.10^{-6}.x^2$	0.86**
M.S. parte aérea 2º corte	I	$y = 1.06 - 0.06x - 0.004.x.x^{0.5} + 8.28.10^{-5}.x^2$	0.99*
	NI	$y = 0.15 - 0.01.x.lnx - 0.003.x.x^{0.5}$	0.90*
M.S. parte aérea 3º corte	I	$y = 0.68 - 0.024.x - 0.61.x^{0.5}$	0.99**
	NI	$y = -0.104 - 0.007.x + 0.379.x^{0.5}$	0.98*
M.S. parte aérea total	I	$y = 2.76 - 0.05.x + 1.36.x^{0.5}$	0.99**
	NI	$y = 0.18 - 0.15.x - 0.02.x.ln.x$	0.99**
Braquiária			
M.S. parte aérea 1º corte	I	$y = 0.58 - 0.015.x - 0.47.x^{0.5}$	0.97**
	NI	$y = 0.21 - 0.01.x + 0.32.x^{0.5}$	0.86**
M.S. parte aérea 2º corte	I	$y = 1.70 - 0.04.x + 0.001.x.x^{0.5} + 0.49.x^{0.5}$	0.99*
	NI	$y = 0.93 - 0.06.x + 0.002.x.x^{0.5} + 0.66.x^{0.5}$	0.99*
M.S. parte aérea 3º corte	I	$y = 5.704 - 0.01.x + 0.17.x^{0.5}$	0.84**
	NI	$y = 4.415 - 0.016.x + 0.458.x^{0.5}$	0.99**
M.S. parte aérea total	I	$y = 15.44 - 0.09.x^{0.5} - 54.20'.x - 5.41.x.x$	0.99*
	NI	$y = 5.81 - 0.03.x + 1.09.x^{0.5}$	0.98*
Capim gordura			
M.S. parte aérea 1º corte	I	$y = 0.55 - 0.01.x + 0.32.x^{0.5}$	0.94**
	NI	$y = 1.37 - 0.46.lnx - 3.54.lnx$	0.96**
M.S. parte aérea 2º corte	I	$y = 1.47 - 0.012.x + 0.5.x^{0.5}$	0.99*
	NI	$y = -0.04 - 0.04.x + 3.27.10^{-5}.x^2 + 0.97.x^{0.5}$	0.99*
M.S. parte aérea 3º corte	I	$y = 2.343 - 0.028.x + 0.799.x^{0.5}$	0.98**
	NI	$y = 1.827 - 0.012.x + 0.563.x^{0.5}$	0.90*
M.S. parte aérea total	I	$y = 20.25 - 0.09.x^{0.5} - 40.01.x^{0.5} - 3.84.x.x$	0.99*
	NI	$y = 1.43 - 0.24.x + 0.07.x.x^{0.5} + 3.04.x^{0.5}$	0.99**
Estilosantes - Capim gordura			
M.S. parte aérea 1º corte	I	$y = 0.67 - 0.0053.x + 0.22.x^{0.5}$	0.93**
	NI	$y = 0.095 - 0.009.x + 0.27.x^{0.5}$	0.86**
M.S. parte aérea 2º corte	I	$y = 0.72 - 0.012.x - 0.000001.x^2 + x^{0.5}$	0.98*
	NI	$y = 0.50 - 0.02.x - 0.001.x.x^{0.5} + 2.53.10^{-8}.x^3$	0.99*
M.S. parte aérea 3º corte	X	$y = 0.89 - 0.0088.x$	0.90**
M.S. parte aérea total	I	$y = 2.19 - 0.04.x - 2.98.10^{-6}.x^2 + x^{0.5}$	0.99*
	NI	$y = 0.78 - 0.012.x + 1.07.10^{-5}.x.x^{0.5} + 0.56.x^{0.5}$	0.99*

*, ** regressão significativa pelo teste de F a 5 e 1 %, respectivamente.

Na braquiária verifica-se aumento na MSPA em todas as doses de P aplicadas nos três cortes e efeito positivo da inoculação com FMAs somente nos dois primeiros cortes sendo que no terceiro corte a inoculação foi depressiva a partir da dose 27 mg de P/kg de solo (Figura 2d-f). Esta recuperação das plantas sem inoculação ao longo dos cortes deve-se principalmente ao fato do solo não ter sido fumigado e que apesar de possuir baixa densidade de esporos, 3 esporos/50 ml de solo, foi suficiente para que ao longo do tempo não houvesse diferença entre os tratamentos com e sem inoculação, isto é evidenciado na colonização micorrizica que será discutido mais adiante. Considerando-se a máxima produção de MSPA, verifica-se que a inoculação aumentou MSPA em 30 e 23% no primeiro e segundo corte, respectivamente na. É interessante notar a maior produção de MSPA no terceiro corte em relação aos outros cortes (Figura 2f). Na MSPAT observa-se aumento devido ao P, nas doses iniciais, até 50 mg de P, estabilizando-se em doses superiores (Figura 3b). A inoculação com FMAs propiciou aumento de 50% na MSPAT na produção máxima de matéria seca da parte aérea na dose 50 mg de P, sendo que a partir da 155 mg P aplicado houve um efeito depressivo da inoculação na produção de MSPA. A aplicação de 50 mg de P/kg de solo e a inoculação com fungos micorrizicos (FMAs) favorecem o crescimento tornando-se de fundamental importância para a revegetação de solos degradados.

A aplicação de P causou também aumento na MSPA do capim gordura nos três cortes (Figura 2g-i). Verifica-se pequeno efeito da inoculação com FMAs na produção de matéria seca da parte aérea no primeiro corte, praticamente nenhum efeito no segundo corte e no terceiro corte quando verificou-se maior produção de MSPA em relação aos demais (Figura 2i). Na MSPAT observa-se uma elevada resposta positiva a aplicação de P e nenhum efeito da inoculação sendo que a partir de 265 mg de P/kg a MSPAT foi menor em plantas inoculadas (Figura 3c). Este resultados indicam que o capim gordura é uma espécie pouco micotrófica.

No cultivo misto estilosantes com capim gordura observa-se respostas positivas tanto para aplicação de P quanto para a inoculação com FMAs (Figura 2j-l). No primeiro e no segundo cortes houve um incremento na produção de MSPA tanto para inoculação quanto para doses de P (Figura 2j e 2k), e que no terceiro cultivo a resposta a aplicação de P foi linear e não houve efeito da inoculação com FMAs (Figura 2.l). Na produção de MSPA acumulada verifica-se efeito benéfico tanto para a aplicação de P quanto para a inoculação com FMAs (Figura 3d). Verifica-se menor produção de MSPAT em relação ao estilosantes e capim gordura cultivados separadamente. Este cultivo beneficiou-se da inoculação com FMAs, que teve o efeito aumentado com incremento da aplicação de P no solo, sendo que na ausência da inoculação a produção de MSPAT foi menor e a aplicação de P no solo a partir de 50 mg P/kg de solo proporcionou pouco efeito na mesma.

4.2 Matéria seca de raízes

Na produção de matéria seca de raiz (MSR) não houve efeito significativo das doses de P e da interação dose P x Inoculação, havendo apenas efeito da inoculação no estilosantes e braquiária sendo que no cultivo misto houve apenas da dose de P e no capim gordura todos tratamentos apresentaram efeito significativo (Tabela 2A).

O estilosantes foi a espécie vegetal que apresentou menor produção de matéria seca de raízes (Figura 4a) confirmando dados da literatura (Lambais, 1987 e Alves, 1988). Para esta espécie a inoculação aumentou a MSR em 90% (Figura 4a). Na braquiária verifica-se que a inoculação aumentou em 26% a produção de MSR. (Figura 4b). Apesar destas espécies não apresentarem efeito de dose de P verifica-se que na dose 50 mg de P/kg de solo ocorre maior

produção de MSR, nesta dose a inoculação incrementou a produção de raízes em 67 e 53% para braquiária e estilosantes, respectivamente.

O capim gordura foi a espécie com maior produção de massa de raízes (Figura 4c). A inoculação com FMAs proporcionou aumento na produção MSR até a dose de 165 mg P/kg de solo, proporcionando efeito supressivo em doses mais elevadas. No cultivo misto houve resposta positiva para aplicação de P e nenhum efeito para inoculação em todas as doses de P aplicada (Figura 4d).

A inoculação com FMAs juntamente com a aplicação de pequenas doses de P, até 50 mg P, maximizaram a produção de raízes no estilosantes e braquiária sendo que no cultivo misto e capim gordura somente a aplicação de doses mais elevada, 260 e 400 mg de P/kg de solo, respectivamente, proporcionaram a máxima produção de MSR. As raízes além de favorecer a atividade de microrganismos heterotróficos, contribuindo assim para aumentar a biomassa microbiana e recuperar a atividade biológica do solo e do ecossistema tem papel fundamental na estruturação de solo, que contribui para aumentar a infiltração de água e reduzir a erosão do solo. (Crowell e Boerner, 1988; Siqueira et al., 1994 e Siqueira e Saggin Junior, 1995).

O efeito da aplicação de P na resposta micorrízica (RM) das plantas encontra-se na figura 5. Verifica-se que, quanto maior a disponibilidade de P no solo, menor a RM, mesmo para o estilosantes que possui um sistema radicular pouco eficiente na absorção deste nutriente do solo. Na ausência de P observa-se que todos cultivos apresentaram alta RM demonstrando que a planta pode utilizar desta associação em caso de estresse nutricional. O estilosantes foi a espécie que apresentou a maior RM em todas as doses de P o que confirma seu elevado caráter micotrófico (Alves, 1988; Lambais, 1987 e Siqueira, 1990).

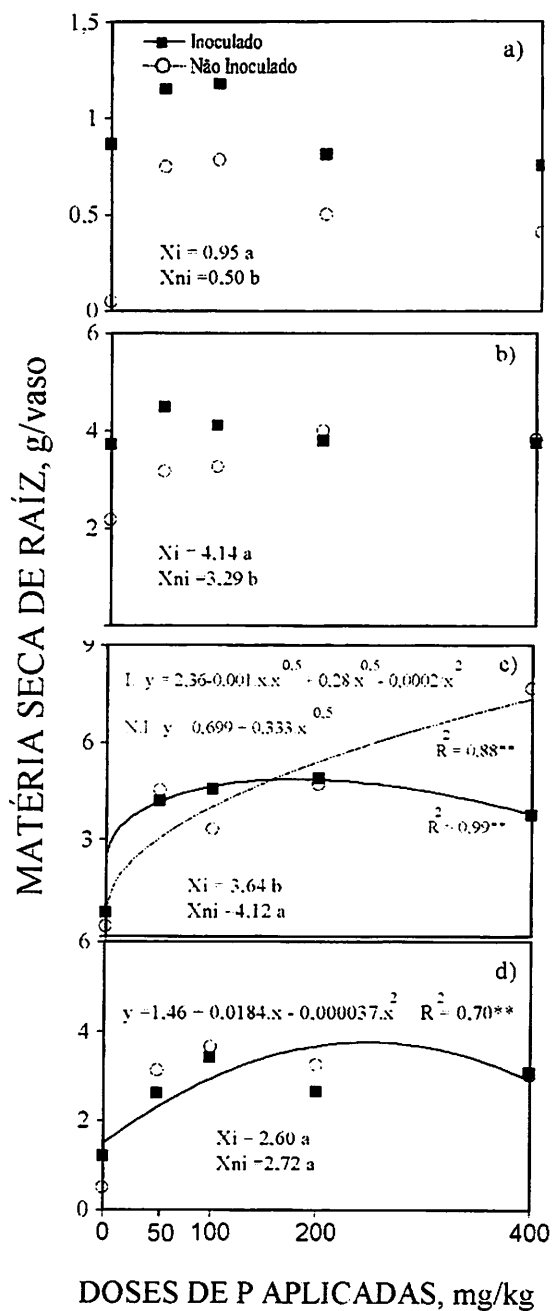


FIGURA 4: Matéria seca da raiz nas diferentes plantas e doses de P aplicado e o efeito da inoculação. a) estilosantes; b) braquiária; c) capim gordura e d) estilosantes com capim gordura. I - Inoculado e N.I. não inoculado. X_i =média geral do tratamento inoculado, X_{ni} = média do tratamento sem inoculação. média seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%. *,** significativo a 1 e 5 % pelo teste de F, respectivamente.

Na braquiária e capim gordura verificaram-se que somente na ausência da aplicação de P houve resposta micorrízica sendo que nas demais doses a RM foi baixa. O cultivo misto comportou-se diferentemente do estilosantes e do capim gordura cultivados separadamente. Na ausência de P e na dose 50 mg P o cultivo misto comportou-se semelhante ao capim gordura sendo que nas demais doses houve um aumento na RM como ocorreu no cultivo com estilosantes isolado.

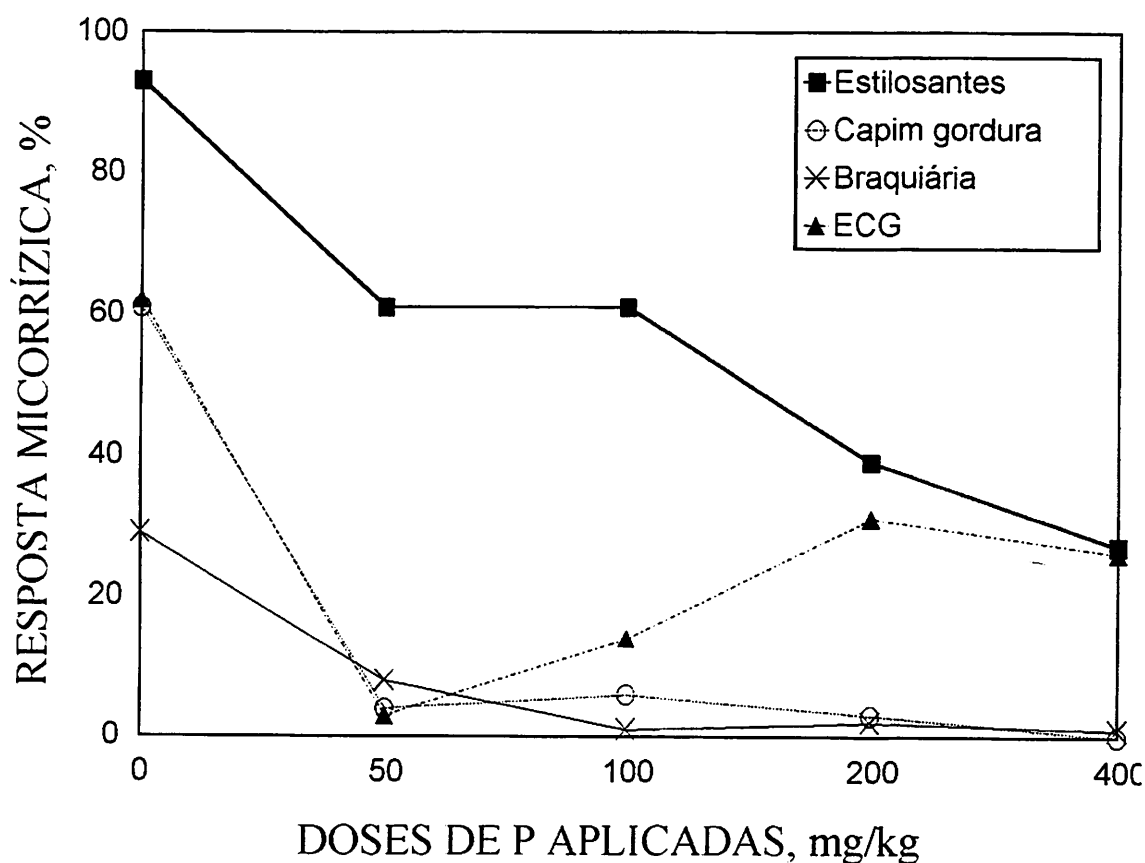


FIGURA 5: Efeito da aplicação de fósforo na resposta micorrízica das plantas estudadas. ECG - estilosantes + capim gordura.. (MSPAT inoculada - MSPAT não inoculada)/MSPAT inoculada .

Houve correlações negativas ($P \leq 0,05$) entre resposta micorrízica e produção de matéria seca de raízes na braquiária ($R^2 = -0,77$), no capim gordura ($R^2 = -0,97$) e no cultivo misto ($R^2 = -0,85$), não sendo isto verificado para o estilosantes. O P favorece o crescimento da planta e conseqüentemente a produção de MSR no entanto reduz a colonização e a contribuição de FMAs, portanto em solos com deficiência deste nutriente a associação micorrízica pode auxiliar no estabelecimento da vegetação principalmente por aumentar a área de solo explorado pelas hifas fúngicas.

4.3 Colonização micorrízica e nodulação

A colonização micorrízica ao término do experimento, não foi influenciada ($P \leq 0,05$) por nenhum dos fatores estudados no estilosantes, braquiária e capim gordura sendo que no cultivo misto as doses de P influenciaram a colonização (Tabela 3A).

A ausência de diferença entre os tratamentos com e sem inoculação deve-se ao fato do solo não ser fumigado. Mesmo apresentando apenas 3 esporos/50 ml de solo no início do experimento, estes e outros propágulos foram suficientes para promover, durante 450 dias de duração do experimento, colonização igual à daquelas plantas em solo infestado artificialmente com FMAs. A braquiária foi a espécie que teve maior colonização e o estilosantes a menor (Figura 6).

Como verificado por vários autores (Griffith, 1994; Seitz, 1994 e Siqueira e Franco, 1988), as espécies que formam associações micorrízicas possuem maior facilidade de estabelecimento em áreas degradadas pois esta associação contribui para a absorção de água e nutrientes além de outros efeitos. O efeito inibitório de elevadas doses de P no solo na colonização das raízes são

amplamente documentados (Siqueira, 1990; Miranda, 1981 e Lambais, 1987) e não foram observados no presente estudo.

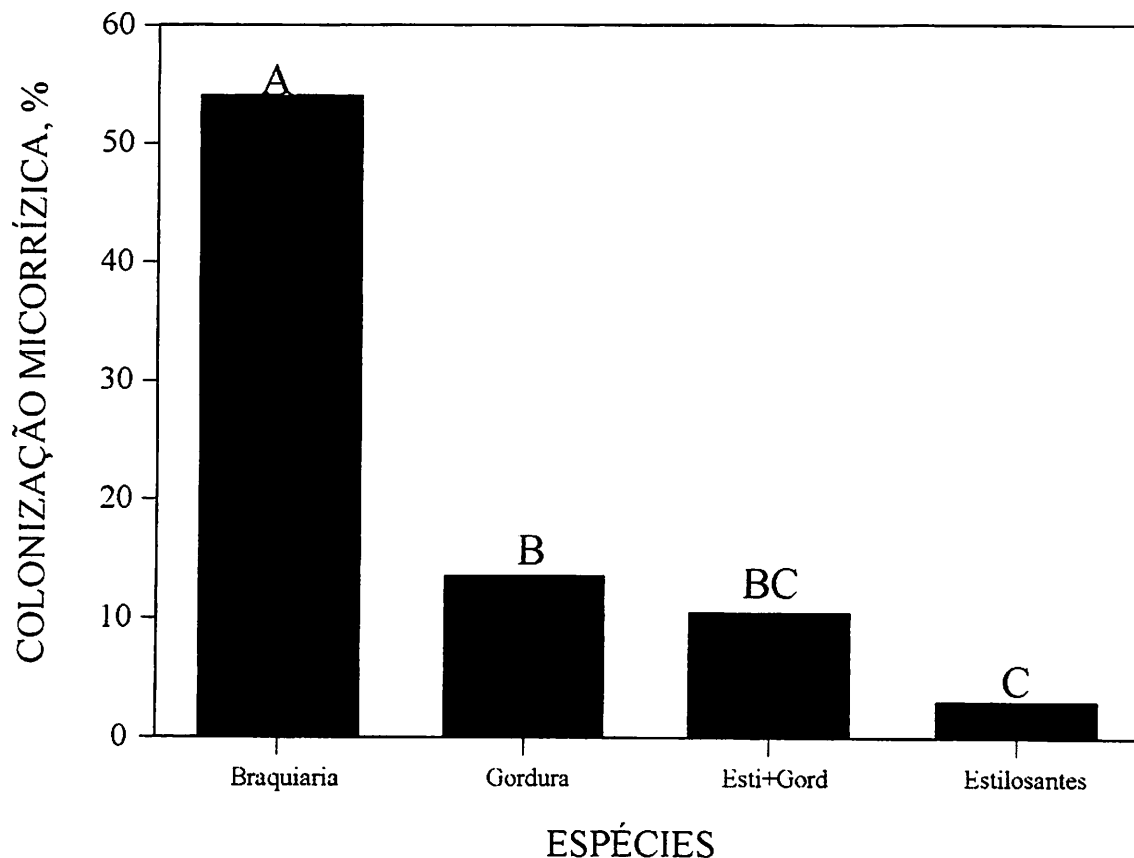


FIGURA 6: Colonização micorrízica nas plantas estudadas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A nodulação do estilosantes variou diferentemente com as doses de P e com a inoculação com FMAs (Figura 7). Em plantas inoculadas verificou-se que a aplicação de 50 mg P/kg de solo proporcionou uma máxima nodulação aumentando em 200% a nodulação em relação a plantas não inoculadas nesta dose. Observa-se que plantas sem inoculação apresentaram-se com baixa

nodulação. No consorcio verificou-se uma baixa nodulação, apresentando diferença significativa somente na inoculação com FMAs (Tabela 3A), sendo que quando inoculado com FMAs as plantas apresentaram um acréscimo de 89% de nódulos em relação às plantas não inoculadas. Como será discutido mais adiante, a deficiência de P é um dos fatores limitantes para o crescimento e nodulação em leguminosas e a simbiose mutualística com FMAs permite que estas plantas tenham bom desenvolvimento e nodulação em solos com deficiência deste nutriente (Mosse, 1977; Lambais, 1987; Alves, 1988 e Siqueira e Franco, 1988).

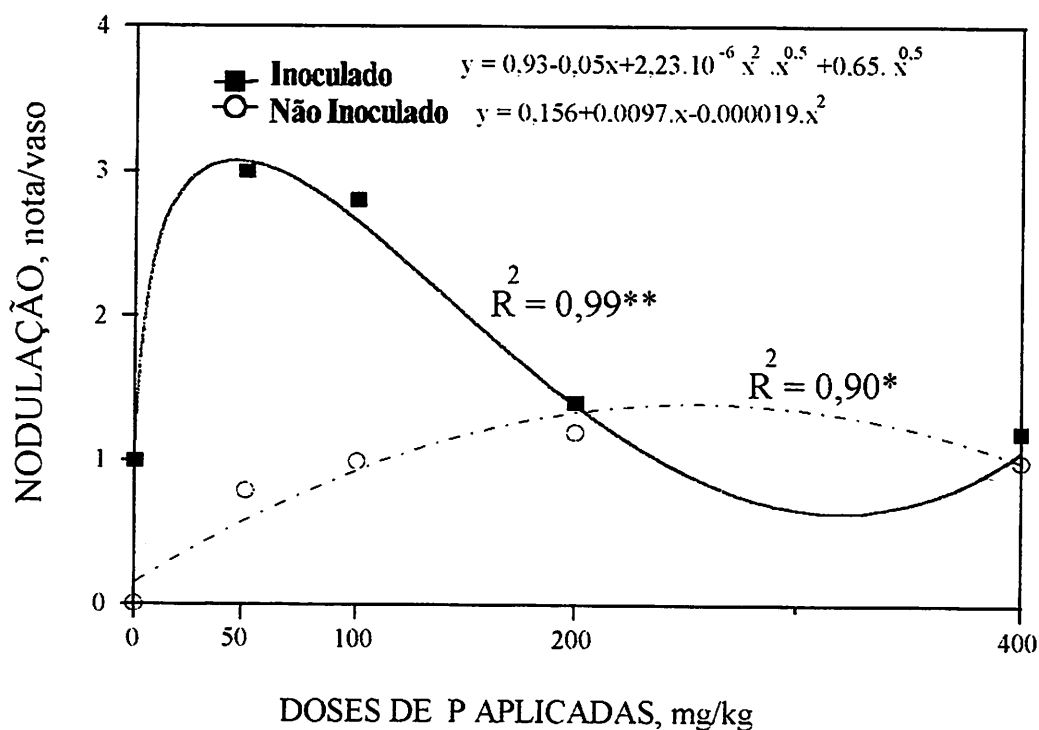


FIGURA 7. Efeito da aplicação de P e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares na nodulação do estilozantes. Notas variando de 0 (ausente) a 3 (nodulação abundante). **, * efeito significativo pelo teste de Tukey ao nível de 1 e 5 %, respectivamente.

4.4 Teores de nutriente na matéria seca da parte aérea

Todas as plantas responderam à P e a inoculação com FMAs quanto aos teores deste elemento na MSPA das plantas (Figura 8). Verifica-se que em todas plantas ocorreu uma aumento no teor de P na MSPA a medida que aumentava o P aplicado no solo.

No estilosantes houve um incremento nos teores de P na MSPA com a aplicação de P em todos cortes e pouco efeito da inoculação nos dois primeiros cortes e no terceiro a inoculação aumentou a concentração de P em todas as doses de P aplicadas.

Na braquiária observa-se que a aplicação de P aumentou a concentração de P em todos cortes e a inoculação apresentou pequeno efeito no primeiro corte sendo que no segundo e terceiro corte a inoculação contribuiu para o aumento das concentrações de P em todas as doses de P.

O capim gordura mostrou-se bastante responsivo à aplicação de P e pouco à inoculação, havendo um efeito depressivo no segundo e terceiro corte (Figura 8h-i). O cultivo misto apresentou a resposta crescente aplicação de P em todo cortes e a inoculação só foi benéfica no primeiro corte sendo que no segundo e terceiro corte houve um efeito depressivo na absorção de P em plantas inoculadas (Figura 8j-l).

Plantas micorrizadas de modo geral apresentam-se com maior teor de P na matéria seca da parte aérea em relação à plantas não micorrizadas (Siqueira, 1990). O maior teor de P nos tecidos da parte aérea e o maior crescimento das plantas inoculadas indica a elevada eficiência da inoculação com FMAs para o estilosantes, braquiária e cultivo misto, sendo no primeiro corte máximo e mínimo no terceiro corte.

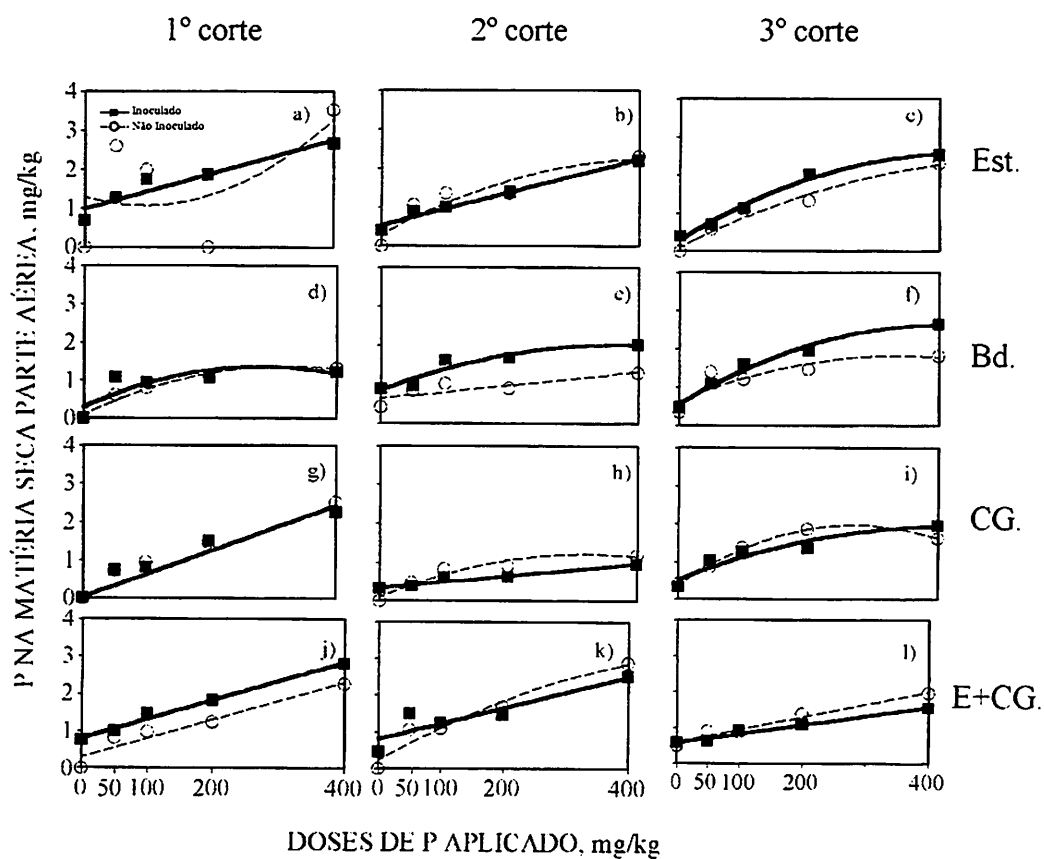


FIGURA 8: Efeito da inoculação e das doses de P aplicado nos teores de P na matéria seca da parte aérea nos três cortes. Est = estilosantes; Bd = braquiária; CG = capim gordura e E+CG = estilosantes com capim gordura. Equações de regressão tabela 3.

TABELA 3: Equações de regressões para teor de fósforo (g/kg) na matéria seca parte aérea de cada planta em função das doses de fósforo aplicado e dos cortes.

Espécie	Inoc.	Equação de regressão	R ²
1º Corte			
Estilosantes	I.	$y = 0,0991 + 0,00438x$	0,91 *
	N.I.	$y = 0,131 - 0,000466x + 0,0000024x^2$	0,35 **
Braquiária	I.	$y = 0,0298 + 0,000752x - 0,00000133x^2$	0,66 **
	N.I.	$y = 0,0111 + 0,00078x - 0,0000012x^2$	0,96 **
Gordura	X	$y = 0,027 + 0,0006x$	0,96**
Estilosantes + Gordura	I.	$y = 0,082 + 0,000503x$	0,99 **
	N.I.	$y = 0,032 + 0,000495x$	0,93 **
2º Corte			
Estilosantes	I.	$y = 0,054 + 0,000421x$	0,98 **
	N.I.	$y = 0,031 + 0,0009x - 0,00000104x^2$	0,86 *
Braquiária	I.	$y = 0,085 + 0,00063x - 0,00000086x^2$	0,91 *
	N.I.	$y = 0,064 + 0,00017x$	0,72 **
Gordura	I.	$y = 0,034 + 0,000155x$	0,95 **
	N.I.	$y = 0,0098 + 0,000698x - 0,0000011x^2$	0,93 **
Estilosantes + Gordura	I.	$y = 0,0803 + 0,000422x$	0,82 **
	N.I.	$y = 0,0234 + 0,000959x - 0,000000764x^2$	0,95 *
3º Corte			
Estilosantes	I.	$y = 0,0301 + 0,00104x - 0,00000120x^2$	0,99 **
	N.I.	$y = 0,0117 + 0,000848x - 0,00000078x^2$	0,97 *
Braquiária	I.	$y = 0,0549 + 0,00103x - 0,00000128x^2$	0,98 **
	N.I.	$y = 0,0621 + 0,000719x - 0,00000107x^2$	0,75 **
Gordura	I.	$y = 0,0525 + 0,000686x - 0,00000084x^2$	0,90 *
	N.I.	$y = 0,0394 + 0,00116x - 0,00000213x^2$	0,99 **
Estilosantes + Gordura	I.	$y = 0,0585 + 0,000245x$	0,97 **
	N.I.	$y = 0,0599 + 0,00035x$	0,97 **

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

Os teores de N na matéria seca da parte aérea nas plantas estudadas encontra-se na Figura 9. Verifica-se pequeno efeito da adição de P e da inoculação nas plantas estudadas. O estilosantes foi a planta que apresentou maior concentração de N nos tecidos foliares sendo que a inoculação com FMAs incrementou os teores deste nutrientes somente no segundo corte enquanto nos outros corte verificou-se pequeno efeito.

A braquiária e o capim gordura apresentaram pequeno efeito a aplicação de P e inoculação com FMAs na concentração de N nos tecidos foliares (Figura 9d-i). Verifica-se que a concentração de N manteve-se constante em todas dose de P aplicado nas duas gramíneas, apresentando um efeito desprezível da inoculação. No cultivo misto a aplicação de P apresentou-se um pequeno efeito sendo que plantas inoculadas com FMAs incrementaram teores de N nos tecidos.

As concentrações de K, Ca, Mg e micronutrientes e os efeitos dos tratamentos sobre estes encontram-se nas tabelas 5 a 10. Todos os macro e micronutrientes avaliados tiveram variações de seus teores em função das doses de P e da inoculação (Tabela 3A).

No estilosantes a concentração de K foi menor nas plantas inoculadas nos três cortes realizados, com exceção do terceiro corte nas doses mais elevadas onde não houve diferenças significativas entre plantas inoculadas das não inoculadas (Tabela 5, 7 e 9). Fato também verificado para a braquiária e cultivo misto.

No capim gordura verifica-se que os teores de K apresentaram efeito da inoculação somente no segundo corte nas doses 100 e 200 mg de P e no terceiro corte na ausência de aplicação de P onde plantas inoculadas apresentaram menores concentrações deste nutriente, sendo que nas demais doses e cortes não houve diferença significativa (Tabela 5, 7 e 9).

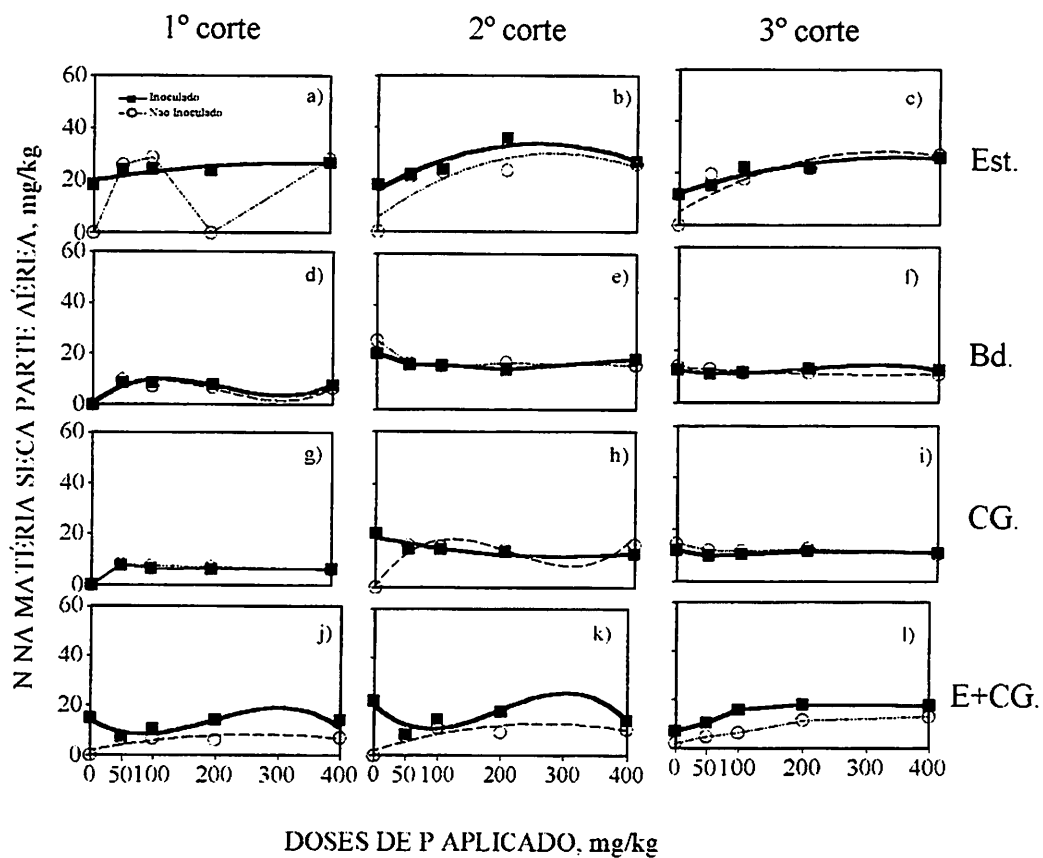


FIGURA 9: Efeito da inoculação e das doses de P aplicado nos teores de N na matéria seca parte aérea nos três cortes. Est = estilosantes; Bd = braquiária; CG = capim gordura e E+CG = estilosantes com capim gordura. Equações de regressão tabela 4.

TABELA 4: Equações de regressões para teor de nitrogênio (g/kg) na matéria seca parte aérea de cada planta em função das doses de fósforo aplicado e dos cortes.

Espécie	Inoc.	Equação de regressão	R ²
1º Corte			
Estilosantes	I.	$y = 1,986 + 0,0038x - 0,000006x^2$	0,70 *
	N.I.	S.A.	
Braquiária	I.	$y = 0,05 + 0,018x - 0,00011x^2 + 0,00000016x^3$	0,93 **
	N.I.	$y = 0,08 + 0,018x - 0,000112x^2 + 0,00000018x^3$	0,78 **
Gordura		N.S.	
Estilosantes + Gordura	I.	$y = 1,424 - 0,0152x + 0,00012x^2 - 0,0000002x^3$	0,81 **
	N.I.	$y = 0,199 + 0,00481x - 0,000009x^2$	0,60 **
2º Corte			
Estilosantes	I.	$y = 1,59 + 0,0142x - 0,000028x^2$	0,86*
	N.I.	$y = 0,563 + 0,0179x - 0,000033x^2$	0,74*
Braquiária		N.S.	
Gordura	I.	$y = 1,92 - 0,0051x + 0,000009x^2$	0,79 **
	N.I.	$y = 0,093 + 0,0343x - 0,000202x^2 + 0,00000032x^3$	0,92 **
Estilosantes + Gordura	I.	$y = 2,072 - 0,024x + 0,00017x^2 - 0,0000003x^3$	0,67 **
	N.I.	$y = 0,23 + 0,0081x - 0,000015x^2$	0,95 *
3º Corte			
Estilosantes	I.	$y = 1,22 + 0,0082x - 0,0000121x^2$	0,90 **
	N.I.	$y = 0,501 + 0,0149x - 0,000024x^2$	0,77 *
Braquiária	I.	$y = 1,26 - 0,0036x + 0,0000298x^2 - 0,00000005x^3$	0,98 **
	N.I.	$y = 1,384 - 0,00198x + 0,00000323x^2$	0,91 **
Gordura		N.S.	
Estilosantes + Gordura		N.S.	

*, ** significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste de F. N.S. não significativo. S.A. sem ajuste.

Plantas de estilosantes inoculadas apresentam maior concentração de Ca no primeiro corte, no segundo nas doses superiores a 50 mg P e não apresentou efeito no terceiro corte. Na braquiária as concentrações de Ca no tecido não apresentaram diferença entre plantas inoculadas de não inoculadas no primeiro e segundo corte (Tabela 5 e 7). No terceiro corte não houve efeito da inoculação nas doses até 50 mg de P sendo que em doses superiores plantas inoculadas apresentaram maiores concentrações de Ca (Tabela 9)

Plantas inoculadas do capim gordura apresentaram maiores concentrações de Ca no primeiro corte nas doses 50 e 100 mg de P, no segundo corte em todas as doses de P aplicadas e no terceiro corte somente na ausência da aplicação de P enquanto que na dose máxima do primeiro corte, 200 e 400 mg de P do terceiro corte houve efeito depressivo da inoculação nas concentrações de Ca (Tabela 5, 7 e 9). No cultivo misto os teores de Ca foram influenciados pela inoculação sendo que plantas inoculadas apresentaram maiores concentrações deste nutriente em todas as doses de P no primeiro corte e nas doses mais elevadas no segundo corte e no terceiro corte não houve influência da inoculação (Tabela 5, 7 e 9).

Os teores de Mg foram maiores em plantas de estilosantes inoculadas nas doses de 50 e 400 mg de P no primeiro corte, em todas as doses de P no segundo corte e não houve efeito significativo da inoculação no terceiro corte (Tabela 5, 7 e 9). Na braquiária a inoculação aumentou os teores de Mg nos tecidos da braquiária na ausência de aplicação de P no primeiro corte e na dose 50 mg de P no terceiro corte sendo que nas demais doses e no segundo corte não houve diferença significativa (Tabela 5, 7 e 9).

No capim gordura as maiores concentrações de Mg também foram verificados em plantas inoculadas na dose 100 mg de P no primeiro corte, na ausência de aplicação de P no terceiro corte, sendo que nas doses superiores destes cortes plantas inoculadas apresentaram menores

concentrações de Mg enquanto que no segundo corte não houve efeito da inoculação (Tabela 5, 7 e 9). A inoculação também aumentou a concentração de Mg na parte aérea do cultivo misto nas doses de P mais altas no segundo corte sendo que na dose 100 mg de P do primeiro e segundo corte, a inoculação suprimiu a concentração deste nutriente enquanto que no terceiro corte não verificou-se diferença significativa da inoculação (Tabela 5, 7 e 9).

As concentrações de micronutrientes na parte aérea das plantas estudadas nos três cortes realizados encontram-se nas tabelas 6, 8 e 10.

No estíloso verifica-se que não houve efeito significativo na concentração de Zn em todas as doses aplicadas no primeiro e terceiro corte sendo que no segundo corte nas doses superiores a 100 mg P a inoculação diminuiu a concentração deste nutriente na planta. Verifica-se ainda que a concentração de Fe foi beneficiada pela inoculação nas doses 50 e 400 mg de P no primeiro corte, 100 e 200 mg de P no segundo corte e não apresentou efeito em nenhuma dose no terceiro corte enquanto que a concentração de Cu diminuiu em plantas inoculadas nas doses 50 e 400 mg de P no primeiro corte, na dose 50 mg de P no segundo corte e nas doses 100, 200 e 400 mg de P no terceiro corte (Tabela 6, 8 e 10).

Na braquiária a inoculação aumentou os teores de Zn nas doses 50, 100 e 400 mg de P no primeiro corte, na dose 100 mg de P no segundo corte e nas doses superiores a 100 mg de P no terceiro corte sendo verificado efeito depressivo da inoculação quando não se aplicou P no segundo e terceiro corte. A concentração de Fe e Cu, independentemente das doses, não apresentaram efeito da inoculação (Tabela 6, 8 e 10).

TABELA 5: Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do primeiro corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.,

Nutriente (g/kg)	Inoculação	P aplicado. mg/kg					Regressão R ²
		0	50	100	200	400	
Estilosantes							
K	Com	9,30	3,84 b	4,46 b	4,08	4,46 b	C (0,85**)
	Sem	---	11,60 a	6,20 a	---	6,98 a	C (0,81**)
Ca	Com	31,00	37,64 a	38,62 a	39,20	38,90 a	Q (0,80**)
	Sem	---	36,20 a	39,90 a	---	34,70 b	C (0,99**)
Mg	Com	3,90	5,78 b	6,16 a	6,96	7,18 a	Q (0,93**)
	Sem	---	6,40 a	6,60 a	--	5,68 b	C (0,99**)
Braquiária							
K	Com	---	3,32 b	3,12 a	3,22 b	3,12 b	C (0,90**)
	Sem	---	5,44 a	3,74 a	4,62 a	4,18 a	C (0,72**)
Ca	Com	---	7,82 a	7,36 a	7,34 a	7,22 a	NS
	Sem	---	7,42 a	7,56 a	7,78 a	7,86 a	NS
Mg	Com	---	13,02 a	12,86 a	11,62 a	10,50 b	C (0,93**)
	Sem	---	11,76 b	11,92 a	10,70 a	12,66 a	C (0,94**)
Capim gordura							
K	Com	---	3,56 a	3,94 a	2,82 a	3,06 a	NS
	Sem	---	3,94 a	4,10 a	3,58 a	3,34 a	NS
Ca	Com	---	7,12 a	6,80 a	6,50 a	5,86 b	C (0,91**)
	Sem	---	6,14 b	5,84 b	6,02 a	6,94 a	C (0,92**)
Mg	Com	---	6,06 a	6,04 a	5,54 b	5,34 b	C (0,93**)
	Sem	---	5,80 a	5,40 b	6,16 a	6,40 a	Q (0,71**)
Estilosantes + capim gordura							
K	Com	10,46	3,68 a	2,98 a	2,88 b	2,54 b	Q (0,73**)
	Sem	---	3,84 a	3,84 a	3,96 a	4,36 a	C (0,93**)
Ca	Com	18,60	11,74 a	14,78 a	23,36 a	20,18 a	C (0,96**)
	Sem	---	7,02 b	9,40 b	7,54 b	8,54 b	C (0,99**)
Mg	Com	3,76	5,86 a	5,80 b	6,72 a	6,42 a	Q (0,87**)
	Sem	---	5,42 a	6,66 a	6,28 a	6,40 a	Q (0,74**)

Letras iguais na coluna não diferem entre si, para inoculação, pelo teste de Tukey a 5 %, --- dados não coletados, amostra insuficiente, NS = não significativo, Q = quadrática e C = cúbica, *, ** regressão significativa pelo teste de F a 5 e 1 %, respectivamente.

TABELA 6: Teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea do primeiro corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.

Nutriente ($\mu\text{g/g}$)	Inoculação	P aplicado, mg/kg					Regressão R^2
		0	50	100	200	400	
Estilosantes							
Zn	Com	42,20	18,67 a	17,72 a	19,37	18,86 a	C (0,95**)
	Sem	---	18,57 a	19,20 a	---	21,17 a	C (0,99**)
Fe	Com	1392	329 a	302 a	344	324 a	C (0,89**)
	Sem	---	193 b	324 a	---	254 b	C (0,95**)
Cu	Com	5,12	2,77 b	3,88 a	3,79	3,63 a	C (0,60**)
	Sem	---	3,84 a	3,84 a	---	3,20 b	C (0,99**)
Braquiária							
Zn	Com	---	15,07 a	15,57 a	14,58 a	15,27 a	C (0,94**)
	Sem	---	10,25 b	10,17 b	13,47 a	11,90 b	Q (0,83**)
Fe	Com	---	184 a	185 a	216 a	218 a	NS
	Sem	---	185 a	220 a	236 a	216 a	NS
Cu	Com	---	4,48 a	4,06 a	3,46 a	3,84 a	NS
	Sem	---	4,14 a	3,84 a	3,69 a	3,71 a	NS
Capim gordura							
Zn	Com	---	22,83 a	16,00 a	20,17 a	18,98 a	NS
	Sem	---	17,18 a	24,09 a	17,78 a	15,38 a	NS
Fe	Com	---	288 a	251 a	288 a	338 a	NS
	Sem	---	284 a	285 a	269 a	303 a	NS
Cu	Com	---	3,54 a	3,76 a	4,66 a	4,75 a	NS
	Sem	---	5,27 a	4,97 a	5,05 a	5,49 a	NS
Estilosantes + capim gordura							
Zn	Com	44,10	17,52 a	19,62 a	22,27 a	23,22 a	C (0,90**)
	Sem	---	17,63 a	20,79 a	22,07 a	15,18 b	Q (0,81**)
Fe	Com	189	386 a	291 a	348 a	423 a	C (0,70*)
	Sem	---	327 a	352 a	335 a	308 b	C (0,95**)
Cu	Com	5,53	4,71 a	4,37 a	4,28 a	4,20 a	Q (0,88*)
	Sem	---	4,33 a	5,14 a	5,52 b	4,79 a	Q (0,81**)

Letras iguais na coluna não diferem entre si, para inoculação, pelo teste de Tukey a 5 %, --- dados não coletados, amostra insuficiente, NS = não significativo, Q = quadrática e C = cúbica, *, ** regressão significativa pelo teste de F a 5 e 1 %, respectivamente.

TABELA 7: Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do segundo corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.

Nutriente (g/kg)	Inoculação	P aplicado, mg/kg					Regressão R ²
		0	50	100	200	400	
Estilosantes							
K	Com	5,3	2,4 b	2,2 b	1,9 b	1,8 b	Q (0,78**)
	Sem	---	4,7 a	3,9 a	3,3 a	4,8 a	C (0,88**)
Ca	Com	37,3	44,2 a	43,5 a	46,1 a	43,2 a	Q (0,80**)
	Sem	---	45,9 a	36,1 b	40,9 b	38,8 b	C (0,80**)
Mg	Com	3,3	8,7 a	9,7 a	10,4 a	10,1 a	Q (0,84**)
	Sem	---	6,3 b	6,3 b	6,8 b	6,9 b	Q (0,71**)
Braquiária							
K	Com	5,2 b	2,2 a	1,9 a	2,0 a	2,0 a	C (0,97**)
	Sem	7,0 a	2,3 a	1,9 a	1,9 a	1,3 b	Q (0,73**)
Ca	Com	11,7 a	12,6 a	13,1 a	13,6 a	14,2 a	NS
	Sem	11,6 a	12,5 a	13,4 a	13,4 a	14,2 a	NS
Mg	Com	8,1 a	8,6 a	8,7 a	8,6 a	8,5 a	C (0,96*)
	Sem	7,2 a	8,8 a	8,9 a	8,3 a	8,8 a	C (0,96**)
Capim gordura							
K	Com	4,2	1,8 a	2,0 a	1,5 a	1,6 a	Q (0,73**)
	Sem	---	1,9 a	1,0 b	0,9 b	1,1 a	C (0,60*)
Ca	Com	13,4	12,0 a	12,2 a	11,9 a	11,9 a	Q (0,73*)
	Sem	---	9,0 b	6,3 b	6,9 b	8,1 b	C (0,76**)
Mg	Com	7,3	6,6 a	6,9 a	6,4 a	6,3 a	L (0,60*)
	Sem	---	6,4 a	5,9 a	6,3 a	5,3 a	Q (0,64**)
Estilosantes + capim gordura							
K	Com	4,0	3,7 a	3,4 b	3,2 a	3,2 b	L (0,72*)
	Sem	---	3,5 a	4,1 a	3,7 a	4,2 a	C (0,98**)
Ca	Com	18,4	17,0 a	27,8 a	36,7 a	32,7 a	Q (0,87**)
	Sem	---	12,7 a	29,5 a	21,1 b	17,7 b	C (0,91**)
Mg	Com	6,0	6,2 a	5,9 b	7,5 a	6,9 a	C (0,89**)
	Sem	---	5,6 b	6,8 a	6,8 b	6,4 b	Q (0,78**)

Letras iguais na coluna não diferem entre si, para inoculação, pelo teste de Tukey a 5 %, --- dados não coletados, amostra insuficiente, NS = não significativo, L = linear, Q = quadrática e C = cúbica, *, ** regressão significativa pelo teste de F a 5 e 1 %, respectivamente.

TABELA 8: Teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea do segundo corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.

Nutriente ($\mu\text{g/g}$)	Inoculação	P aplicado, mg/kg					Regressão R^2
		0	50	100	200	400	
Estilosantes							
Zn	Com	29,2	27,2 a	35,3 b	27,4 b	25,5 a	NS
	Sem	---	36,1 a	71,3 a	65,1 a	36,6 a	Q (0,87**)
Fe	Com	212	360 a	387 a	375 a	314 a	Q (0,79**)
	Sem	---	356 a	343 b	325 b	323 a	C (0,92**)
Cu	Com	5,0	3,4 b	3,6 a	3,1 a	4,2 a	Q (0,80**)
	Sem	---	4,5 a	3,7 a	3,0 a	3,0 b	C (0,84**)
Braquiária							
Zn	Com	24,5 b	25,7 a	31,3 a	28,3 a	26,1 a	Q (0,58*)
	Sem	37,9 a	27,5 a	23,3 b	25,7 a	23,9 a	Q (0,71**)
Fe	Com	198 a	173 a	189 a	165 a	206 a	NS
	Sem	195 a	187 a	178 a	183 a	232 a	NS
Cu	Com	5,6 a	5,4 a	8,9 a	5,9 a	7,0 a	NS
	Sem	6,9 a	6,5 a	6,1 a	6,2 a	6,5 a	NS
Capim gordura							
Zn	Com	74,4	35,1 a	32,3 b	30,5 b	22,5 b	Q (0,75**)
	Sem	---	39,9 a	40,9 a	42,2 a	35,3 a	Q (0,70**)
Fe	Com	299	295 a	279 a	277 a	273 a	L (0,71*)
	Sem	---	277 a	279 a	260 a	260 a	C (0,93**)
Cu	Com	8,9	6,1 a	7,9 a	6,4 a	6,6 a	NS
	Sem	---	5,4 a	6,2 a	6,2 a	5,8 a	Q (0,75**)
Estilosantes + capim gordura							
Zn	Com	54,0	47,6 a	43,6 a	42,5 a	52,1 a	Q (0,97**)
	Sem	---	42,5 a	37,2 a	40,4 a	45,9 a	C (0,88**)
Fe	Com	310	327 a	329 a	343 a	317 a	Q (0,95**)
	Sem	---	293 b	284 b	318 b	336 a	Q (0,72**)
Cu	Com	5,8	6,4 a	4,9 a	5,3 b	5,6 b	NS
	Sem	---	5,3 b	5,4 a	7,1 a	9,1 a	C (0,95**)

Letras iguais na coluna não diferem entre si, para inoculação, pelo teste de Tukey a 5 %, --- dados não coletados, amostra insuficiente, NS = não significativo, L = linear, Q = quadrática e C = cúbica, *, ** regressão significativa pelo teste de F a 5 e 1 %, respectivamente.

TABELA 9: Teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do terceiro corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.

Nutriente (g/kg)	Inoculação	P aplicado, mg/kg					Regressão R ²
		0	50	100	200	400	
Estilosantes							
K	Com	4,6	1,6 b	1,6 b	1,9 a	1,9 a	C (0,94**)
	Sem	---	3,1 a	3,0 a	1,8 a	1,7 a	C (0,94**)
Ca	Com	21	40 a	39 a	41 a	38 a	Q (0,69*)
	Sem	---	46 a	45 a	45 a	32 a	C (0,91**)
Mg	Com	3	10 a	11 a	13 a	12 a	NS
	Sem	---	7 a	8 a	14 a	10 a	NS
Braquiária							
K	Com	0,7 b	0,4 a	0,3 b	0,5 b	0,5 b	C (0,99**)
	Sem	1,5 a	0,5 a	0,8 a	0,9 a	0,9 a	C (0,74**)
Ca	Com	8 a	8 a	10 a	11 a	12 a	L (0,87**)
	Sem	8 a	9 a	8 b	8 b	8 b	NS
Mg	Com	17 a	9 b	11 a	11 a	11 a	C (0,85**)
	Sem	17 a	12 a	11 a	09 a	09 a	Q (0,93**)
Capim gordura							
K	Com	1,7 b	0,6 a	1,1 a	0,9 a	1,1 a	NS
	Sem	6,5 a	1,3 a	1,5 a	1,7 a	1,4 a	C (0,92**)
Ca	Com	8,3 a	6,6 a	6,5 a	6,8 b	5,8 b	C (0,97**)
	Sem	6,2 b	7,2 a	7,1 a	8,1 a	7,5 a	Q (0,89**)
Mg	Com	9,2 a	7,9 b	8,2 b	8,2 b	7,1 b	L (0,67**)
	Sem	8,1 b	11,0 a	11,2 a	12,0 a	8,7 a	Q (0,91**)
Estilosantes + capim gordura							
K	Com	5,1 a	5,1 a	5,0 a	3,3 a	1,3 b	L (0,95**)
	Sem	4,8 a	3,5 b	3,3 b	2,7 b	2,4 a	Q (0,94**)
Ca	Com	10 a	14 a	29 a	28 a	33 a	NS
	Sem	12 a	24 a	34 a	35 a	34 a	NS
Mg	Com	3,9 a	3,9 a	6,9 a	9,9 a	6,4 a	NS
	Sem	3,9 a	4,7 a	5,1 a	6,6 a	2,7 a	NS

Letras iguais na coluna não diferem entre si, para inoculação, pelo teste de Tukey a 5 %, --- dados não coletados, amostra insuficiente, NS = não significativo, L = linear, Q = quadrática e C = cúbica, *, ** regressão significativa pelo teste de F a 5 e 1 %, respectivamente.

TABELA 10: Teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea do terceiro corte nas diferentes doses de P e nas plantas estudadas.

Nutriente ($\mu\text{g/g}$)	Inoculação	P aplicado, mg/kg					Regressão R^2
		0	50	100	200	400	
Estilosantes							
Zn	Com	30	35 a	34 a	42 a	41 a	L (0,69**)
	Sem	---	41 a	43 a	44 a	34 a	Q (0,72**)
Fe	Com	503	916 a	902 a	683 a	964 a	C (0,97*)
	Sem	---	919 a	1105 a	874 a	624 a	C (0,99**)
Cu	Com	3,8	3,1 a	1,9 b	3,9 b	2,8 b	NS
	Sem	---	1,4 a	5,1 a	7,6 a	6,2 a	Q (0,97**)
Braquiária							
Zn	Com	37 b	39 a	43 a	44 a	46 a	L (0,82**)
	Sem	46 a	42 a	36 b	34 b	33 b	Q (0,94*)
Fe	Com	181 a	168 a	225 a	304 a	416 a	NS
	Sem	147 a	257 a	274 a	423 a	498 a	NS
Cu	Com	5,8 a	5,7 a	6,9 a	9,1 a	6,1 a	NS
	Sem	5,4 a	4,9 a	4,5 a	4,9 a	5,0 a	NS
Capim gordura							
Zn	Com	60 a	37 a	48 a	46 a	47 a	NS
	Sem	71 a	56 a	68 a	62 a	54 a	NS
Fe	Com	1441 a	710 a	493 a	584 a	1094 a	NS
	Sem	562 a	424 a	436 a	418 a	495 a	NS
Cu	Com	6,0 a	6,1 b	6,2 a	5,3 b	5,7 a	NS
	Sem	6,8 a	7,5 a	7,0 a	7,8 a	5,4 a	Q (0,89**)
Estilosantes + capim gordura							
Zn	Com	31 a	20 a	30 a	29 a	39 a	NS
	Sem	58 a	48 a	38 a	45 a	38 a	NS
Fe	Com	646 a	529 a	707 a	610 a	669 a	NS
	Sem	657 a	570 a	603 a	525 a	565 a	NS
Cu	Com	3,5 a	3,2 a	3,6 b	4,0 a	13,6 a	Q (0,99**)
	Sem	4,6 a	5,9 a	8,1 a	5,3 a	8,6 b	NS

Letras iguais na coluna não diferem entre si, para inoculação, pelo teste de Tukey a 5 %, --- dados não coletados, amostra insuficiente, NS = não significativo, L = linear, Q = quadrática e C = cúbica, *, ** regressão significativa pelo teste de F a 5 e 1 %, respectivamente.

O capim gordura não apresentou efeito da inoculação nos teores de Zn, Fe e Cu no primeiro corte. Verificou-se resposta negativo da inoculação no teor de Zn nas doses superiores 100 mg de P no segundo corte e do teor de Cu nas doses 50 e 200 mg de P do terceiro corte (Tabela 6, 8 e 10).

No cultivo misto a inoculação aumentou o teor de Zn na dose 400 mg de P no primeiro corte sendo que nos demais cortes não apresentou efeito. O teor de Fe também foi beneficiada pela inoculação na dose 400 mg de P no primeiro corte e nas doses 50, 100 e 200 mg de P no segundo corte não verificando efeito no terceiro corte, enquanto que a concentração de Cu foi aumentada pela inoculação somente na dose 200 mg de P no primeiro corte, nas doses 50 e 200 mg de P no segundo corte e na dose 400 mg de P no terceiro corte (Tabela 6, 8 e 10).

Os teores de nutrientes foram de uma maneira geral, bastante variáveis em função dos tratamentos, ocorrendo em vários casos redução destes com a inoculação, tal fato é atribuído à diluição destes no tecido, em virtude do maior crescimento destas plantas

4.5 Quantidades acumuladas de nutrientes na matéria seca da parte aérea

O acúmulo de fósforo na MSPA nos diversos cultivos e total acumulado nos três cortes encontra-se na Figura 10. Todas as espécies o acumularam mais P em função das doses, sendo o este efeito maior no estilosantes no primeiro corte e decréscimo deste efeito nos corte subsequentes. No último corte houve ainda efeito de P, porem não houve para a inoculação (Figura 10a c). O acúmulo máximo de P total ocorreu na dose mais alta deste elemento no solo quando as plantas inoculadas apresentaram um aumento de 37% em relação a plantas não inoculadas (Figura 10d).

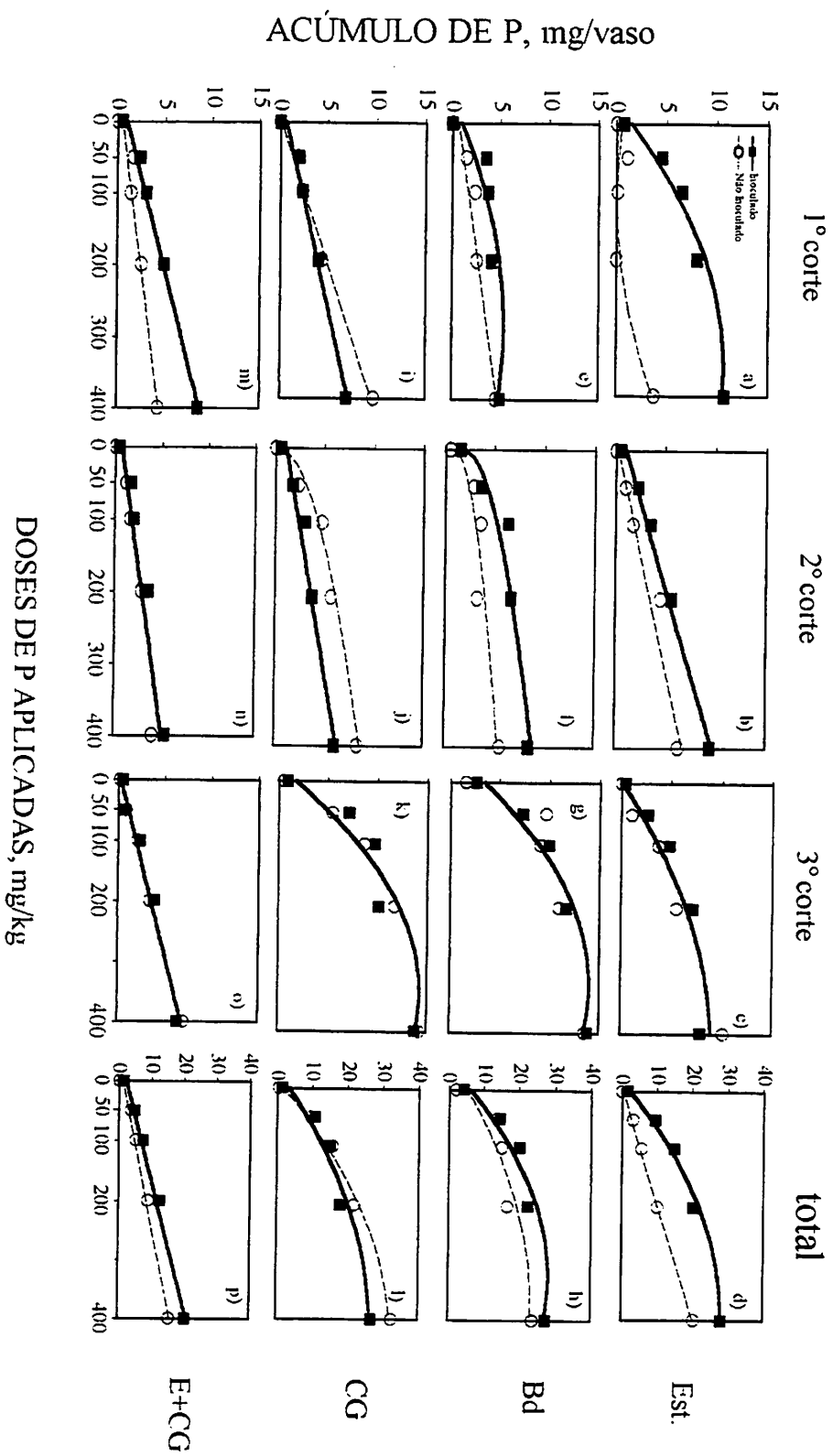


FIGURA 10: Acúmulo de fósforo em cada corte e total em função das doses de P aplicado nas diferentes plantas estudadas Est. = Estilosantes; Bd= braquiária; CG. = capim gordura e Est+CG= estilosantes com capim gordura. Equações de regressão na tabela 11.

TABELA 11: Equações de regressões para acumulado de fósforo (mg/vaso) na planta em função das doses de fósforo aplicado.

Espécie	Inoc.	Equação de regressão	R ²
1° Corte			
Estilosantes	I.	$y = 1,43 + 0,0514x - 0,0000717x^2$	0,96 **
	N.I.	$y = 0,588 - 0,00956x + 0,0000435x^2$	0,88 **
Braquiária	I.	$y = 0,926 + 0,0297x - 0,0000499x^2$	0,79 **
	N.I.	$y = 0,669 + 0,0102x$	0,91 **
Gordura	I.	$y = 0,5978 + 0,01611x$	0,97 **
	N.I.	$y = 0,131 + 0,02334x$	0,99**
Estilosantes + Gordura	I.	$y = 0,97 + 0,0191x$	0,99 **
	N.I.	$y = 0,542 + 0,00969x$	0,93 **
2° Corte			
Estilosantes	I.	$y = 0,994 + 0,02172x$	0,98 **
	N.I.	$y = 0,286 + 0,0163x$	0,95 **
Braquiária	I.	$y = 1,604 + 0,3633x^{0,5}$	0,94 **
	N.I.	$y = 0,7106 + 0,2374x^{0,5}$	0,91**
Gordura	I.	$y = 1,0298 + 0,0132x$	0,96 **
	N.I.	$y = 0,1424 + 0,427x^{0,5}$	0,98 **
Estilosantes + Gordura	X	$y = 0,657 + 0,011x$	0,96**
3° Corte			
Estilosantes	X	$y = 0,166 + 0,0413x - 0,000048x^2$	0,99**
Braquiária	X	$y = 3,52 + 0,065x - 0,000099x^2$	0,90**
Gordura	X	$y = 1,76 + 0,074x - 0,00011x^2$	0,95**
Estilosantes+ Gordura+	X	$y = 0,26 + 0,016x$	0,99**
Total acumulado			
Estilosantes	I.	$y = 2,434 + 0,13,096x - 0,0001688x^2$	0,99 **
	N.I.	$y = 0,335 + 0,4999x$	0,99 **
Braquiária	I.	$y = 6,194 + 0,1362x - 0,000211x^2$	0,94 **
	N.I.	$y = 5,206 + 0,9781x - 0,000132x^2$	0,85 **
Gordura	I.	$y = 3,427 + 0,1102x - 0,000132x^2$	0,95 **
	N.I.	$y = 1,796 + 0,1403x - 0,000162x^2$	0,99 **
Estilosantes + Gordura	I.	$y = 2,178 + 0,0464x$	0,99 **
	N.I.	$y = 1,165 + 0,0365x$	0,98 **

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

A braquiária também apresentou resposta positiva a doses de P, porém em menor magnitude, sendo observado maior acúmulo de P no terceiro corte em relação aos outros cortes. Houve resposta positiva à inoculação no primeiro e segundo cortes, sendo este ausente no terceiro corte (Figura 10e-g). No total acumulado verifica-se resposta positiva a P e a inoculação em todas as doses, sendo a dose requerida para acúmulo máximo de P de 320 mg de P. Nesta dose a inoculação propiciou um incremento no acúmulo de P da ordem de 25% em relação a plantas não inoculadas (Figura 10h)

O capim gordura apresentou resposta positiva ao P, porém não houve resposta a inoculação (Figura 10i-l). Verifica-se um efeito depressivo da inoculação em doses acima de 100 mg P/kg no primeiro corte e em todas as doses no segundo corte, sendo que no terceiro corte não verificou-se diferença entre plantas inoculadas das sem inoculação. No total acumulado observa-se um aumento no acúmulo de P com as doses de P aplicado e pequeno efeito da inoculação. A partir de 100 mg de P/kg de solo a inoculação diminuiu o acúmulo de P, evidenciando a baixa contribuição dos FMAs para esta espécie (Figura 10 l). O capim gordura é adaptado aos solos de baixa fertilidade, devendo possuir algum mecanismo auxiliar na sua nutrição em comparação com outras aqui testadas. Por isto, pode ser utilizada para revegetação de solos degradados onde a população de microrganismos é baixa.

No cultivo misto observa-se uma resposta linear para a aplicação de P e um efeito benéfico da inoculação no aumento do acúmulo de P na MSPA no primeiro cultivo (Figura 10m). No acúmulo total verifica-se um aumento do acúmulo de P tanto para doses de P quanto para inoculação sendo que o máxima de acúmulo de P ocorreu na dose 400 mg de P e nesta dose a inoculação aumentou em 34% o acúmulo de P (Figura 10.16).

O acúmulo de N na matéria seca parte aérea em todos cortes e no total acumulado de todas plantas encontra-se na Figura 11. Os efeitos dos tratamentos sobre o N acumulado na MSPAT foram muito acentuado para estilosantes e pouco expressivos nas demais espécies (Figura 11). O estilosantes apresentou uma elevada resposta tanto para P quanto para inoculação, (Figura 11 a-d). Nesta espécie de planta verifica-se um elevado efeito de P em todos cortes e da inoculação, no primeiro corte e no total acumulado. Observa-se que em todas as doses de P no primeiro corte houve um enorme aumento do acúmulo de N em plantas inoculadas (Figura 11a). O acúmulo máximo de N ocorreu na dose de P de 280 mg de P. Nesta dose plantas inoculadas com FMAs aumentaram em 89% o acúmulo de N em relação a plantas não inoculadas (Figura 11d). Isto evidencia os efeitos benéficos da inoculação com FMAs no acúmulo de N nesta leguminosa em solos de baixa fertilidade, fato este já bem documentado (Mosse, 1977; Saif, 1987; Lambais, 1987 e Alves, 1988)

Nas duas gramíneas verificam-se pouco efeito da aplicação de P e da inoculação com FMAs no acúmulo de N. Na braquiária percebe-se um maior acúmulo de N até a dose 50 mg P/kg em todos os cortes e pouca alteração nas demais doses de P. Verifica-se que a inoculação incrementou o acúmulo de N na MSPA somente no primeiro (Figura 11e-g). No total acumulado não houve efeito da inoculação com FMAs, porém verifica-se, apesar de pequeno, um aumento no acúmulo de N com a aplicação de P no solo (Figura 11h). No capim gordura, verifica-se resposta positiva a aplicação de P e ausência de resposta à inoculação (Figura 11i-k). Observa-se no total acumulado um aumento no acúmulo de N com a aplicação de P no solo e um pequeno efeito depressivo no acúmulo de N em plantas inoculadas com FMAs a partir de 100 mg de P (Figura 11-l).

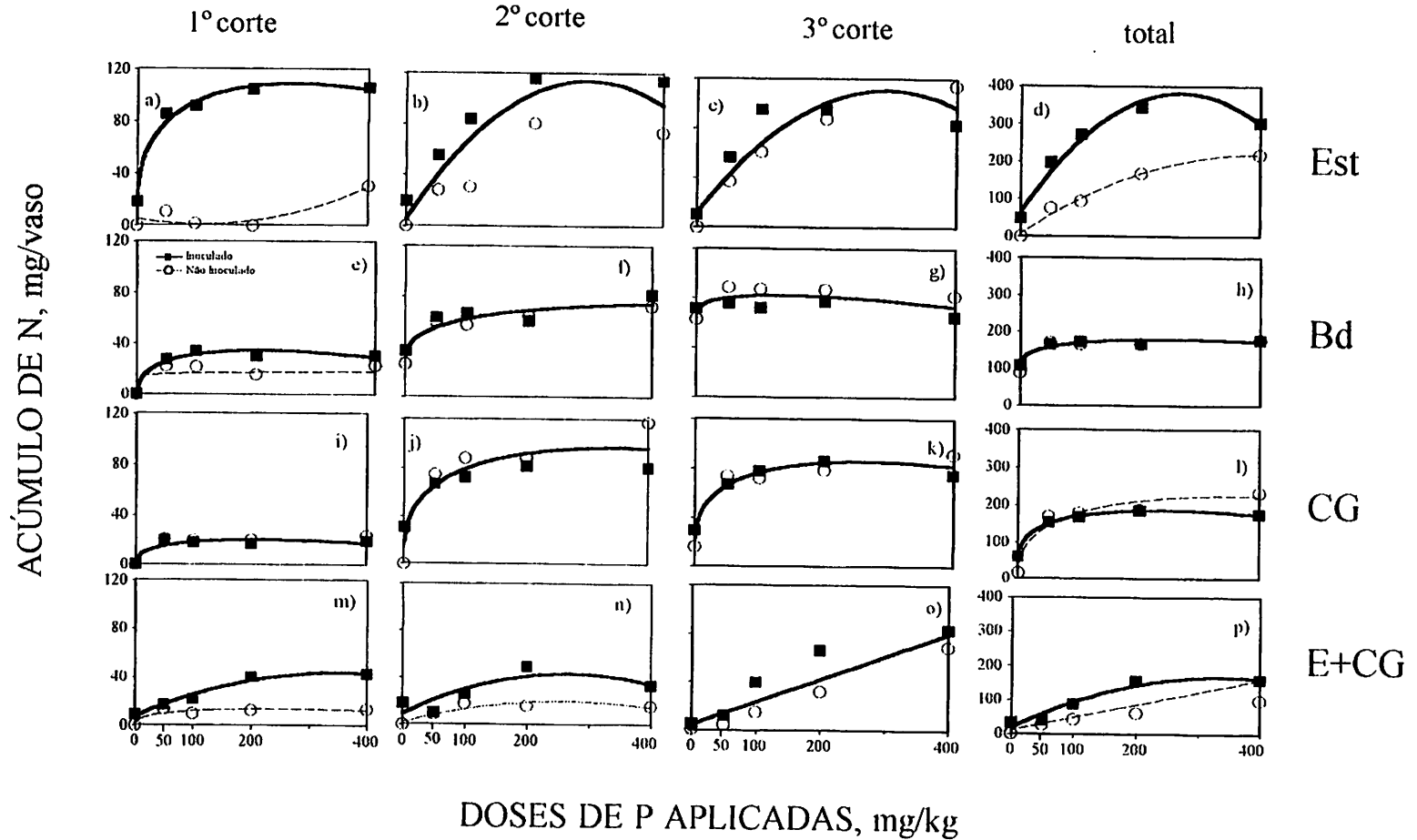


FIGURA 11: Acúmulo de nitrogênio nos três corte e total acumulado da parte aérea das plantas estudadas em função da inoculação e doses de P aplicada, Est = estilosantes; Bd= braquiária; CG= capim gordura e E+CG= estilosantes com capim gordura. Equações de regressão na tabela 12.

TABELA 12: Equações de regressão de melhor ajuste para respostas das plantas estudadas inoculado (I) e não inoculado (NI) com fungos micorrízicos, doses de P, coeficientes de determinação e nível de significância pelo teste de F para acúmulo de nitrogênio na matéria seca parte aérea.

Acúmulo de N	Inoc	Equação de regressão	R ²
Estilosantes			
1º corte	I	$y = 18,698 - 0,332x + 10,94x^{0,5}$	0,98**
	NI	$y = 5,54 - 0,077x + 0,00034x^2$	0,83**
2º corte	X	$y = 5,85 + 0,76x - 0,00135x^2$	0,97**
3º corte	X	$y = 11,51 + 0,6x - 0,0011x^2$	0,96**
total	I.	$y = 27,55 - 1,02x + 34,8x^{0,5}$	0,80**
	N.I.	$y = 4,7 + 1,47X - 0,05x \cdot x^{0,5}$	0,98**
Braquiária			
1º corte	I	$y = 0,4011 - 0,167x + 4,79x^{0,5}$	0,96*
	NI	$y = 10,286 + 2,092 \ln x$	0,86*
2º corte	X	$y = 32,93 - 0,083x + 3,75x^{0,5}$	0,92*
3º corte	X	$y = 67,19 - 0,117x + 2,663x^{0,5}$	0,93**
total	X	$y = 101,134 - 0,332x + 10,235x^2$	0,93**
Capim gordura			
1º corte	X	$y = 1,103 - 0,091x + 2,64x^{0,5}$	0,85**
2º corte	X	$y = 16,29 - 0,23x + 8,63x^{0,5}$	0,98*
3º corte	X	$y = 22,89 - 0,243x + 7,823x^{0,5}$	0,99**
total	I.	$y = 55,55 - 0,56x + 17,21x^{0,5}$	0,99**
	N.I.	$y = 16,9 - 0,60x + 22,3x^{0,5}$	0,95**
Estilosantes + Capim gordura			
1º corte	I	$y = 7,46 + 0,21x - 0,00029x^2$	0,97**
	NI	$y = 0,681 - 0,054x + 1,678x^{0,5}$	0,84**
2º corte	I	$y = 9,36 + 0,256x - 0,00047x^2$	0,70**
	NI	$y = 1,94 + 0,142x - 0,00028x^2$	0,84**
3º corte	X	$y = 4,44 + 0,188x$	0,97**
total	I	$y = 11,65 - 0,00000029x^3 + 8,45x^{0,5}$	0,85**
	N.I.	$y = 0,08 + 0,083x + 3,22x^{0,5}$	0,99**

*, ** regressão significativa pelo teste de F a 5 e 1 %, respectivamente.

O cultivo misto apresentou aumento no acúmulo de N com a aplicação de P no solo (Figura 11m-o). Houve um efeito benéfico da inoculação no primeiro e segundo cortes sendo este ausente no terceiro corte. No total acumulado a inoculação incrementou o acúmulo de N em todas as doses de P, sendo que na dose de máximo acúmulo de N foi 340 mg de P plantas inoculadas aumentaram em 21% o acúmulo deste nutriente (Figura 11 p). Portanto, o cultivo misto oferece vantagens ao processo de recuperação do solo por acumular mais N.

Verificou-se relação entre o total acumulado de N e P na parte aérea das plantas (Figura 12). No estilosantes houve acentuado efeito do acúmulo de P no acúmulo de N, indicando a forte influência do P na FBN desta espécie (Mosse, 1977). Ao contrário na braquiária houve pequeno efeito do acúmulo de P no acúmulo de N. Esta relação é mais intensa no capim gordura do que na braquiária (Figura 12b c). No cultivo misto verifica-se efeito da inoculação nesta relação. Portanto, em condições de deficiência de P, a micorriza beneficia o crescimento não somente devido a maior absorção deste elemento, mas também devido ao efeito deste no acúmulo de N, o que é muito vantajoso na revegetação do solo.

O acúmulo de outros nutrientes na matéria seca total da parte aérea dos três cortes foi também influenciado pelos tratamentos, especialmente da inoculação (Figura 13). No estilosantes a inoculação aumentou o acúmulo de todos os nutrientes da ordem de 227, 97, 69, 58 e 56% para Cu, K, Fe, Mg, Ca e Zn, respectivamente. Na braquiária houve aumento da ordem de 9% para acúmulo de Zn e Ca enquanto que no acúmulo de K e Fe houve em efeito depressivo em plantas inoculadas. No capim gordura houve efeito da inoculação no acúmulo de Cu (55% maior) e efeito depressivo no acúmulo de Zn. No cultivo misto a inoculação aumentou o acúmulo de K, Ca, Fe, Zn e Cu da ordem de 30, 51, 51, 36 e 86% respectivamente.

A retenção de nutrientes na matéria seca da parte aérea é uma estratégia importante na recuperação deste solo degradado e neste contexto a inoculação com FMAs tem papel de destaque, pois estimula o acúmulo de nutrientes (Sims, 1989 e Siqueira et al., 1994), isto é evidente no estilosantes, no cultivo misto e em menor magnitude na braquiária e capim gordura, que mostrou-se indiferente à micorrização. Portanto a utilização desta gramínea em áreas degradadas e com baixo densidade de propágulos de FMAs pode ser uma estratégia interessante.

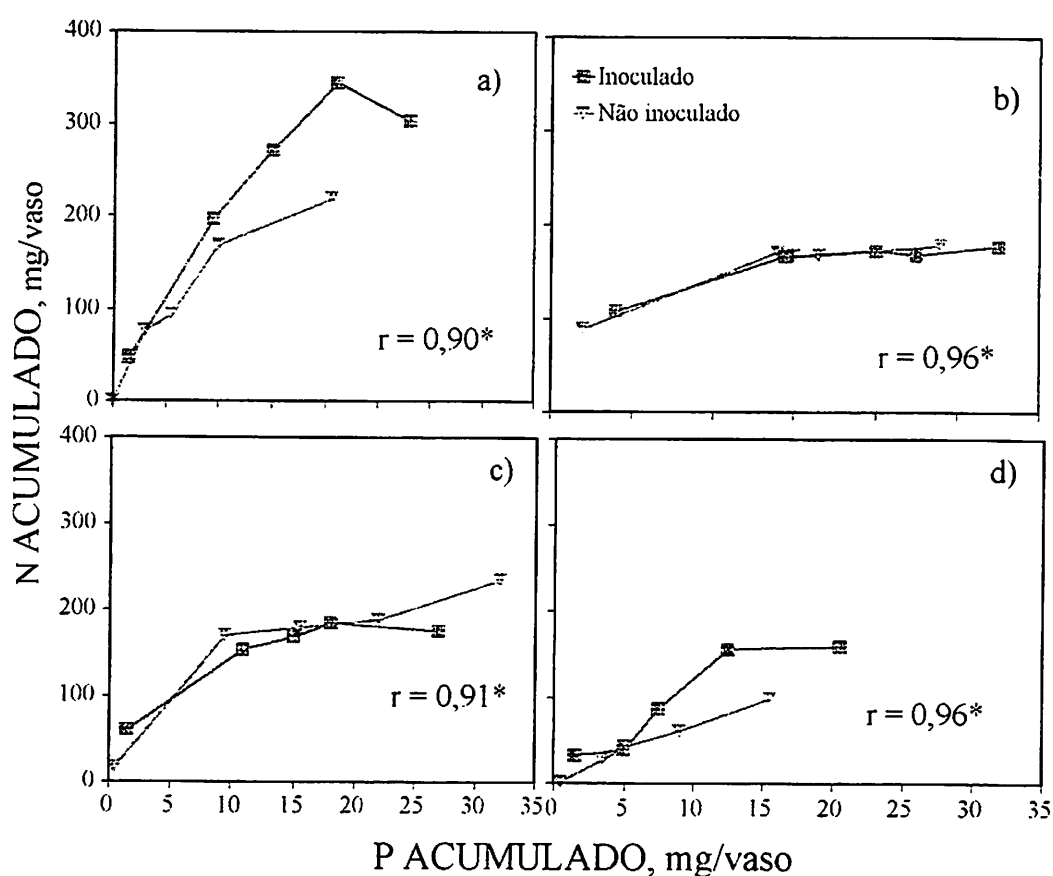


FIGURA 12. Correlação de Pearson entre as quantidades de P e N acumulados na matéria seca da parte aérea do estilosantes (a); braquiária (b); capim gordura (c) e estilosantes com capim gordura (d).

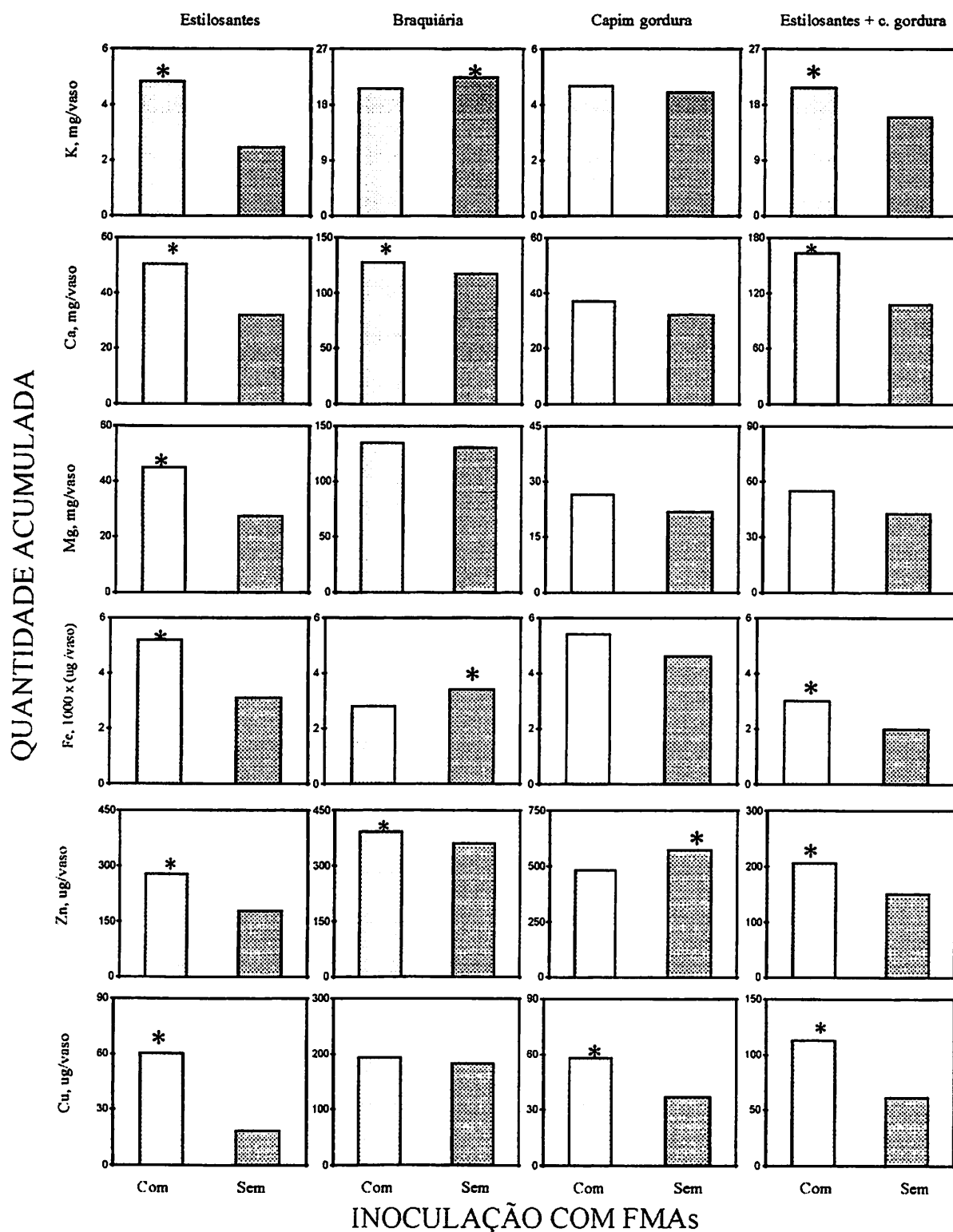


FIGURA 13: Efeito da inoculação com FMAs no acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea de três cultivos sucessivos. * efeito significativo ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Resumo da análise de variância na tabela 3A.

4.6 Esporos no solo

Os efeitos dos tratamentos na densidade de esporos no solo após o cultivo das plantas, encontram-se na Figura 14. Em plantas inoculadas de estilosantes e braquiária houve maior densidade de esporos em todas as doses de P, sendo o efeito da inoculação mais acentuado no primeiro, onde a esporulação atingiu 702 esporos/ 50 ml de solo, na dose de 100 mg P/kg de solo, correspondendo a um aumento de 485% em relação ao tratamento sem inoculação (Figura 14a). Densidades mais baixas e efeitos reduzidos dos tratamentos foram encontrados na braquiária (Figura 14b), que não apresentou efeito de P na ausência de inoculação. No capim gordura inoculado, houve resposta linear para doses de P, atingindo valores de densidade próximos ao obtido para o estilosantes. Plantas sem inoculação responderam às doses iniciais de P, sendo que a partir de 100 mg P/kg de solo o número de esporos foi reduzido (Figura 14c). No cultivo misto, a aplicação de P não teve efeito consistente no número de esporos (Figura 14d). Plantas inoculadas produziram uma maior quantidade de esporos que as sem inoculação. A esporulação foi máxima no estilosantes no solo com 100 mg P/kg de solo e capim gordura com 400 mg P/kg de solo, ambos inoculados. É de certo modo, surpreendente o fato do estilosantes que apresentou a menor colonização no final do experimento, tenha sido a espécie com maior densidade de esporo no solo.

Além dos efeitos sobre a quantidade de esporos recuperados do solo, os tratamentos influenciaram a composição de espécies da comunidade fúngica no solo (Figura 15 e 16). Nos solos que receberam inoculação verifica-se predominância de *Glomus etunicatum* (Ge) e melhor balanço entre as espécies, especialmente no gordura e cultivo misto (Figura 16). Este último favoreceu a esporulação da *Acaulospora scrobiculata* (As), enquanto na braquiária dominou *Glomus occutum* (Go) e no estilosantes há predomínio de Ge independente das doses de P

aplicado. No solo sem inoculação, verifica-se ampla variação na composição percentual das espécies, embora Ge ocorra com elevada frequência na maioria dos tratamentos.

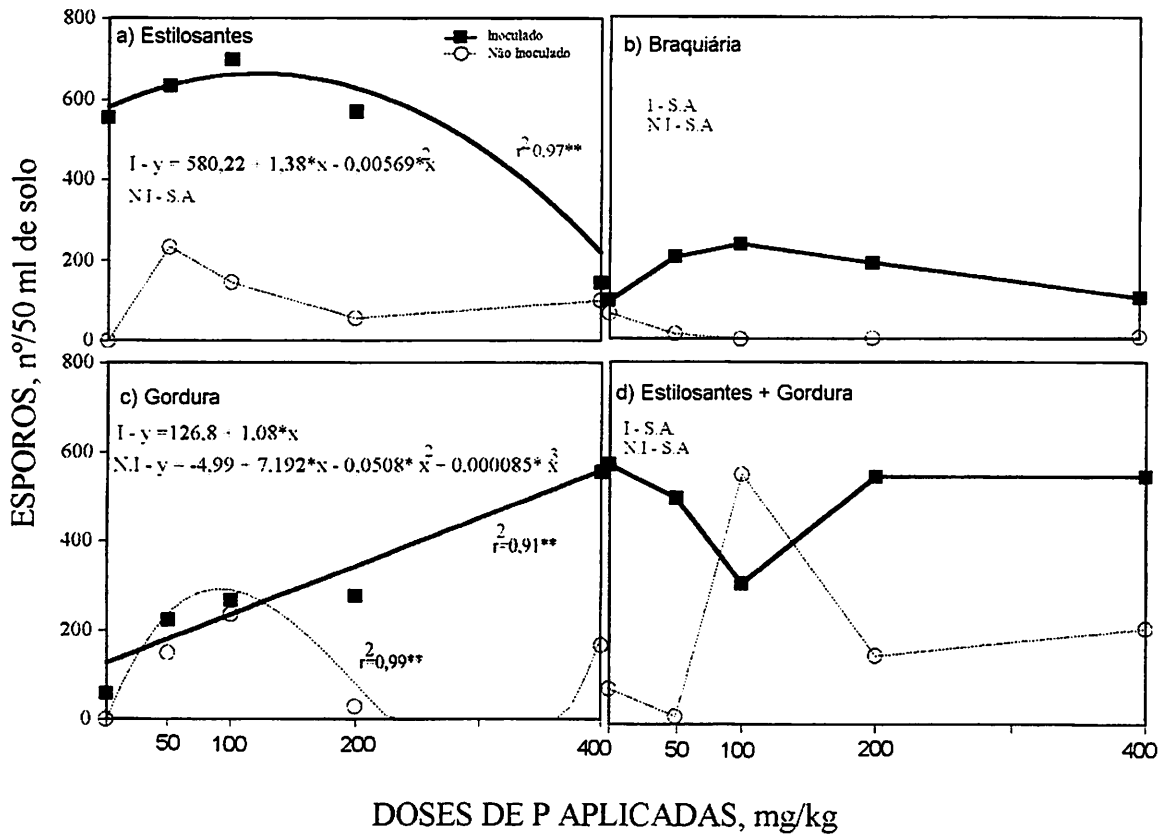


FIGURA 14: Densidade de esporos nas diversas plantas e doses de P. I - Inoculadas, N.I. - não inoculadas, ** significativo a 1% pelo teste de F. S.A sem ajuste.

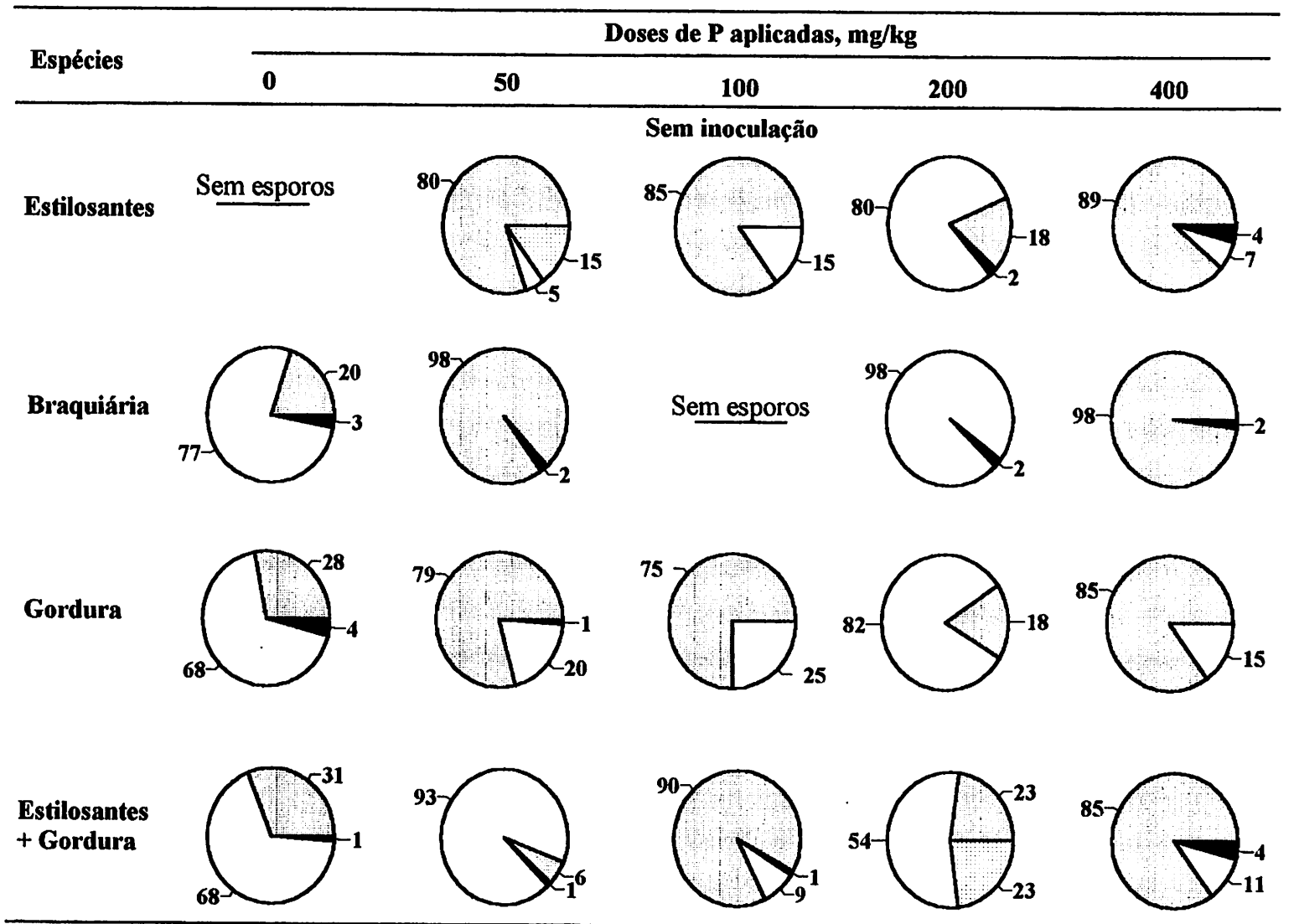


FIGURA 15 : Distribuição da representatividade percentual de cada espécie em relação ao número total de esporos

extraídos de solo com plantas não inoculadas. *G. occultum* *G. etunicatum* *A. scrubiculata* Outros

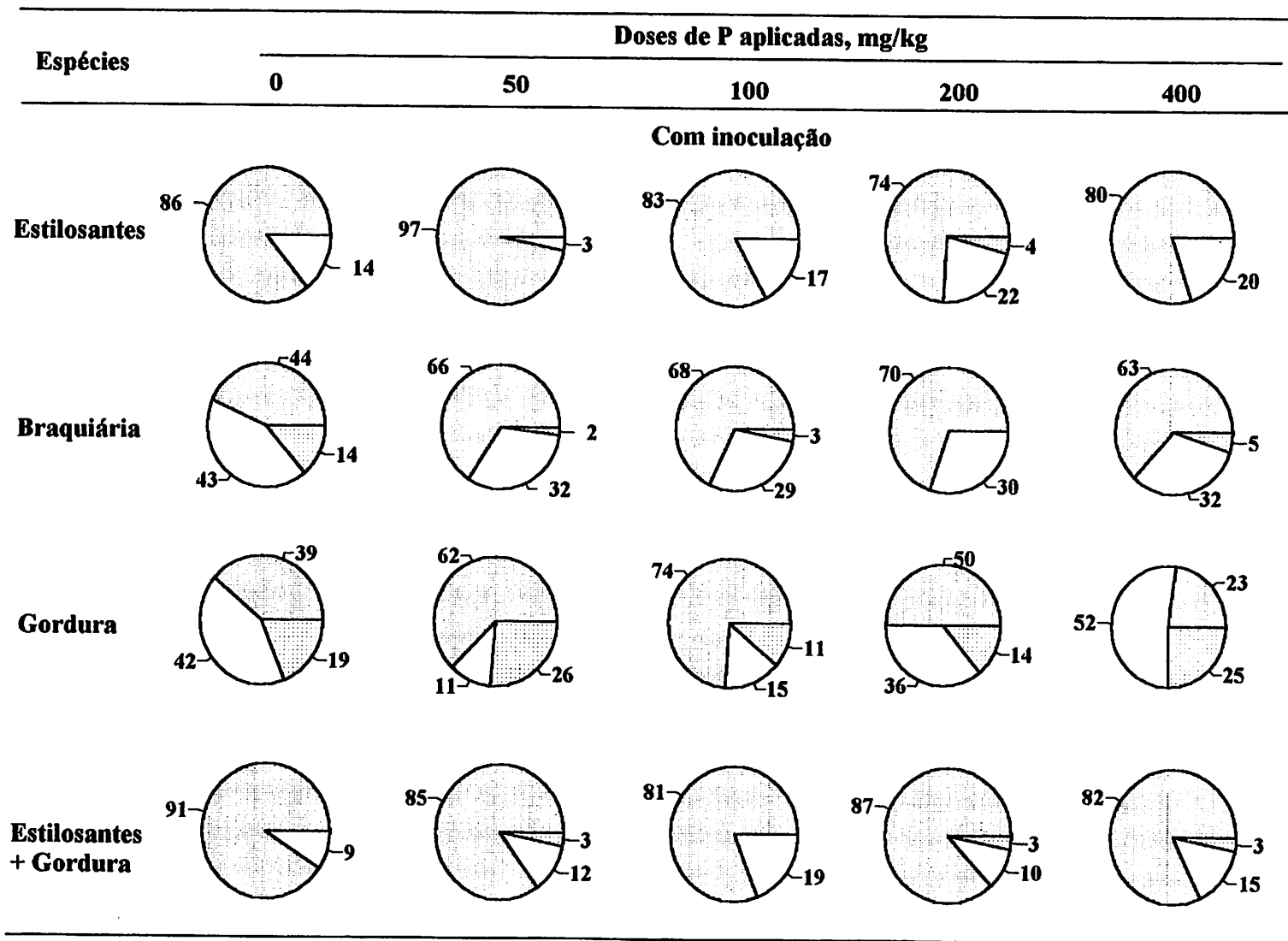


FIGURA 16 : Distribuição da representatividade percentual de cada espécie em relação ao número total de esporos

extraídos de solo com plantas inoculadas. *G. occultum* *G. etunicatum* *A. scrubiculata* Outros

Dos fungos introduzidos apenas o *Glomus etunicatum* e *Acaulospora scrobiculata* foram recuperados no período estudado. Isto indica melhor adaptação destes ao ambiente do solo degradado e a baixa adaptação do *Glomus clarum* (Gc) e *Gigaspora margarita* (Gm) a esta condição. O elevado pH deste solo (7,0) pode ter contribuído para o insucesso da Gm que prefere pH mais na faixa ácida (Siqueira, Mahmud e Hubbell, 1986), enquanto a elevada esporulação do Ge confirma a sua ocorrência generalizada nos solos da região (Siqueira, Colozzi-Filho e Oliveira, 1989).

4.7 Considerações Finais

A dose de P necessária para atingir 90% da produção máxima (PM) das plantas com e sem inoculação e respectivo efeito desta no requerimento externo de P (REP) encontram-se na Tabela 13. A inoculação proporcionou uma redução REP de >76, >73, 0 e >55% para estilosantes, braquiária, capim gordura e cultivo misto respectivamente no primeiro corte, sendo estes valores de >65, 65, 0 e >54 para estas mesma espécies no segundo corte; de 70, 52 e 0% no terceiro corte e no total acumulado de >78, 80, 0 e >46 para o total dos três cortes. Na matéria seca total da parte aérea para atingir 90% PM, as espécies requereram 90, 20, 215 e 335 mg P/kg de solo para o estilosantes, braquiária, cultivo misto e para capim gordura, respectivamente. Nestas doses, estimou-se a contribuição da inoculação com fungos micorrízicos na MSPAT, acúmulo de N e P e MSR. Estes valores foram: no estilosantes em 129, 160, 168 e 38 % do controle para o estilosantes, 30, 5, 24 e 63 % para a braquiária e 46, 60, 35 e 0 % para cultivo misto. O capim gordura foi a espécie que apresentou maior exigência de P para atingir 90 % da MSPAT, 335 mg P/kg de solo, e a inoculação com FMAs causou efeito depressivo nesta espécie.

TABELA 13: Matéria seca da parte aérea (MSPA) correspondente a 90% da produção máxima (PM), dose de P necessária para atingir esta e contribuição da inoculação com FMAs na redução do requerimento externo de P (REP).

Espécie	MSPA 90% da PM (g/vaso)	Dose P para atingir 90% PM		REP %
		I.	N.I	
		(mg/kg)		
1º corte				
Estilosantes.	3,94	95	+400	+76
Braquiária.	3,83	108	+400	+73
Capim gordura.	3,18	+400	220	0
Estilosantes + gordura	2,68	179	+400	+55
2º corte				
Estilosantes.	3,83	140	+400	+65
Braquiária.	3,92	79	322	65
Capim gordura.	6,42	+400	250	0
Estilosantes + gordura	2,48	188	+400	+54
3º corte				
Estilosantes.	4,21	80	267	70
Braquiária.	6,92	nd	58	nd
Capim gordura.	7,46	100	210	52
Estilosantes + gordura	3,99	350	350	0
Acumulada				
Estilosantes.	11,50	90	+400	+78
Braquiária.	13,57	20	101	80
Capim gordura.	17,85	+400	335	0
Estilosantes + gordura	9,30	215	+400	+46

REP.- Redução no requerimento de P pelas plantas micorrizadas em relação às não micorrizadas

I - Inoculadas; N.I. - Não inoculadas; nd - não determinado pela equação de regressão.

Ao mesmo tempo, esta espécie foi a que alcançou maior produção de matéria seca da parte aérea e de raízes, portanto caracterizando-se como uma espécie de grande potencial para revegetação de áreas degradadas onde a densidade de propágulos de fungos micorrízicos é pequena ou estes são totalmente ausentes. Ao contrário, o estilosantes semeado em solo sem propágulos destes fungos terá dificuldades para se estabelecer.

O solo em estudo apresenta severas limitações nutricionais, principalmente de nitrogênio e fósforo, como revelado em estudos anteriores (Carneiro et al., 1995). A aplicação destes e a utilização de plantas que possuem capacidade de acumular estes nutrientes são de grande importância para recuperação de solos com estas características (Sims, 1989), pois ao serem incorporados na matéria orgânica melhorará a atividade biológica do solo e aumenta gradualmente a fertilidade e as condições físicas do solo (Luchesi et al., 1992 e Fisher et al., 1994).

Neste contexto, a formação de micorrizas, pode facilitar o estabelecimento de espécies dependentes destas em áreas degradadas, facilitando assim a recuperação do solo. Como discutido por Griffith (1992), as estratégias de recuperação de solos degradados devem ser tratadas “caso a caso”. Os resultados do presente trabalho reforçam esta premissa, quando se trata da necessidade e benefícios da inoculação com fungos micorrízicos. Embora solos degradados geralmente apresentam baixa densidade de propágulos, existem espécies vegetais que poderão se estabelecer satisfatoriamente sem inoculação programada. O capim gordura é uma destas, pois apresenta baixo grau de micotrofismo, isto é, praticamente não depende desta simbiose para atingir crescimento satisfatório

5. CONCLUSÃO

A produção de massa seca da parte aérea e de raízes e o acúmulo de N e P na parte aérea das espécies, beneficiam-se da inoculação com fungos micorrizicos arbusculares (FMAs) e de doses de superfosfato triplo, sendo estes efeitos diferenciados entre as espécies e cortes da parte aérea das plantas.

A inoculação com FMAs e a aplicação de P atuam sinergisticamente no estabelecimento destas espécies no solo estudado, reduzindo-se o requerimento externo de P para estilosantes de >400 para 90 mg.kg⁻¹, para braquiária de 90 para 20 mg.kg⁻¹, para cultivo misto >400 para 215 mg.kg⁻¹, porem sem efeito no capim gordura.

Na dose de P para atingir 90 % da máxima produção, a inoculação com FMAs aumentou, em % sobre o controle, a matéria seca acumulada da parte aérea e de raízes, acúmulo de N e P do estilosantes em 129, 38, 160 e 168, respectivamente, para braquiária em 30, 63, 5 e 24 e do cultivo misto em 46, 0, 60 e 35.

Apesar de apresentar a menor colonização micorrizica ao final do experimento dentre as demais espécies estudadas, o estilosantes é a espécie com maior capacidade multiplicadora de esporos de FMAs no solo estudado.

Dos fungos introduzidos, *Glomus etunicatum* e *Acaulospora scrobiculata* foram as espécies que melhor se estabeleceram no solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, G.L.N. **Micorriza vesicular-arbuscular no crescimento e utilização do fósforo do solo pela braquiária e estilosantes**. Lavras: UFLA, 1988. 42 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- BAREA, J.M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. **Advances Soil Science**, New York, v. 15, p. 1-39, 1991.
- BOTREL, M. A. **Algumas considerações sobre gramíneas e leguminosas forrageiras**. Coronel Pacheco:Embrapa CNPGL, 1983. 51 p. (Série Documento, 9).
- BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; SALVATI, J.A. Avaliação de forrageiras em dois municípios na região do campo das vertentes de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.23, n.2, p. 189-196, mar./abr. 1994.
- BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems . **Advances in Ecological Research**, San Diego, v. 21, p. 171-313, 1991.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Metodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1986. 94 p. (Boletim Técnico).
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; CURI, N. Limitação nutricional e efeito do pré-cultivo do solo com *Brachiaria decumbens* e da inoculação com *Glomus etunicatum* no crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo degradado. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 281-288, jul./set. 1995.
- CROWELL, M.F. ; BOERNER, R.E.J. Influence of mycorrhizal and phosphorus on bellowground competition between two old-field annuals. **Environment and Experimental Botany**, Oxford, v. 28, p. 381-392, 1988.
- DAVIDE, A.C. Seleção de espécies vegetais para a recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1, SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1994. p. 111-122.

- DOBEREINER, J. Nodulação e fixação de nitrogênio em leguminosas florestais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 83-90, jun. 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. 247 p.
- FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O.; MENEZES, M.A.L.; GUEDES, G.A.A. Efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrizica em milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 101-108, 1987.
- FISHER, M.J.; RAO, I.M.; AYARZA, M.A; LASCANO, C.E.; SANZ, J.I; THOMAS, R.J.; VERA, R.R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American Savanas. **Nature**, London, v. 371, n. 15, p. 236-238, Sept. 1994.
- FRANCO, A.A. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas - PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1, ; SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1994. p. 145-154.
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.; SILVA, E.M.R.; FARIA, S.M. **Revegetação de solos degradado**. Itaguaí: Embrapa CNPDS, 1992. 11 p. (Comunicado técnico, n. 9).
- GERDERMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wit sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, London, v. 84, n. 3, p. 484-500, Mar. 1980.
- GRIFFITH, J.J. O estado da arte de recuperação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1, Curitiba, 1992. **Anais...** Curitiba:UFPR, 1992. p. 77-82.
- GRIFFITH, J.J. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil região sul do país. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1, ; SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1994. p. 31-44.
- HOWELER, R.H.; SIEVERDING, E.; SAIF, S. Pratical aspects of mycorrhizal tecnology in some tropical crops and pastures. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 100, p. 249-283, 1987.
- HUNTER, A.H. **Laboratory analysis of vegetal tissues samples**. Raleigh: International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, N.C.S.U., 1975. 5 p. (Normas de laboratório).

- JASPER, D.A. Management of mycorrhizas in revegetation. In: ROBSON, A.D.; ABBOTT, L. K.; MALAJACZUK, N. (eds.). **Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry**. London: Kluwer Academic Publishers, 1994. p. 211-220.
- 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.
- KORMANIK, P.P.; MCGRAW, A.C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plant roots. In: SCHENCK, N.C. (eds.). **Methods and principles of mycorrhizal research**. St. Paul: American Phytopathological Society, 1982. p. 37-46.
- LAL, R.; STEWART, B.A. Soil degradation: A global threat. **Advance Soil Science**, New York, v. 14, p. 289-330. 1989.
- LAMBAIS, M.R. **Condições edáficas que afetam o micotrofismo de *Stylosanthes guianensis* (AUBL.) SW**. Piracicaba: ESALq, 1987. 102 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LAMBAIS, M.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 129, p. 283-289, 1990.
- LAMBERT, D. M. ; COLE Jr, H. Effects of mycorrhizal on establishment and performance of forage species in mine spoil. **Agronomy Journal**, v. 72, p. 257-260, Mar./Apr. 1980.
- LIRA-JUNIOR, M. A. ; BURITY, H.A.; STAMFORD, N.P.; BEZERRA NETO, E.; SOUSA, E.S. Níveis de fósforo na solução nutritiva e a simbiose entre fungos MVA e painço (*Panicum miliaceum*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 3, Londrina, 1994. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1994. p. 100.
- LUCHESI, L.A.C.; MORAES, A.; SANTOS, H.R.; SOUZA, M.L.P. Pastagens: um sistema de produção para reabilitação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1, Curitiba, 1992. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1992. p. 83-92.
- MARSCHNER, H; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. In: ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K.; MALAJACZUK, N. (eds.). **Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry**. Netherlands: Klumer Academic Publishers, 1994. p. 89-102.
- MEDEIROS, J.C.; MIELNICZUK, J.; PEDO, F. Sistema de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 199-204, abr. 1987.
- MILLER, M.; JASTROW, J.D. The role of mycorrhizal fungi in soil consevation. In: **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 29-44.

- MIRANDA, J.C.C. Ocorrência de fungos endomicorrizicos nativos em um solo de cerrado do distrito federal e sua influência na absorção de fósforo por *Brachiaria decumbens* Stapf. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 102-105, set. 1981.
- MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. X Responses of *Stylosanthes* and Maize to inoculation in unsterile soil. **New Phytologist**, Oxford, v. 78, p. 277-288, 1977.
- MOSSE, B. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture**. Hawaii:University of Hawaii, 1981. 82 p. (Resarch Bulletin 194).
- NOYD, R.K.; PFLEGER, F.L.; NORLAND, M.R. ; SADOWSKY, M.I. Native prairie grasses and microbial community responses to reclamation of taconite iron ore tailing. **Canadian Journal Botany**, Canada, v. 73, p. 1645-1654, 1995.
- OLIVEIRA, J.P.; BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C.P. ; LIRA-JUNIOR. Avaliação da fixação e transferência de nitrogênio na associação gramíneas-leguminosas forrageiras tropicais, através da diluição isotópica do ¹⁵N. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 210-222, mar./abr. 1996
- PARROTA, J.A. The role of plantation forest in rehabilitating degraded ecosystems. **Agriculturae Ecosystems and Environments**, Amsterdam, v. 41, p. 115-133, 1992.
- PAULINO T.V.; COSTA, L.N. CARDELLI, M.A. Adubação fosfatada e micorrização em gandu *Cajanus cajan*s. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4 , Mendes, 1991. **Programas e resumos...** Mendes: EMBRAPA - CNPDS/UFRRJ, 1991. p. 179.
- PERRY, D.A.; AMARANTHUS, M.P. The Plant-Soil Bootstrap: Microorganisms and reclamation of degraded ecosystems. In: BERGER, J.J. (ed.) **Environmental restoration, science and strategies for restoring the earth**, Washington: Island Press, 1990. p. 94-102.
- 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.
- PLENCHETTE, C., FORTIN, J.A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderated P-fertility. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 70, p. 199-209, 1983.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubações**. Piracicaba: Cres/Potafos, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

- REEVES, B. F.; WAGNER, D. ; MOORMAN, T. ; KIEL, J. The role of endomycorrhizal in revegetation practices in the semi-arid west. II - A bioassay to determine the effect of land disturbance on endomycorrhizal populations. **American Journal Botany**, Kingston, v. 66, n. 1, p. 14-18, 1979.
- REICHMANN NETO, F. Recuperação de áreas degradadas pela construção de barragens na região sul do país. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1, Curitiba, 1992. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1992. p. 132-136.
- SAGGIN-JUNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O; GUIMARÃES, P.T.G. ; OLIVEIRA, E. Resposta do cafeeiro à pré-colonização com isolados de *Glomus etunicatum* em solo com diferentes doses de P em condições de campo. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRÍZAS, 4 , Mendes, 1991. **Programas e resumos...** Mendes: EMBRAPA - CNPBS/UFRRJ, 1991. p. 195.
- SAIF, S.R. Growth responses of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 97, p. 25-35. 1987.
- SARRUGE, J.R. ; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba:USP-ESALQ, 1974. 56p.
- SCHENCK, N.C.; PÉREZ, Y. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. Gainesville: INVAM, University of Florida, 1987. 245 p.
- SEITZ, R.A. A regeneração natural na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1, ; SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1994. p. 103-110.
- SILVA FILHO, N.L. **Recomposição da cobertura vegetal de um trecho degradado da serra do mar, Cubatão, SP**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 53 p.
- SIMS, G.K. Biological degradation of soil. **Advance Soil Science**, New York, v. 14, p. 331-339. 1989.
- SIQUEIRA, J.O. Eficiência de fertilizantes fosfatados em associações micorrízicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5, São Paulo, 1990, **Anais...** São Paulo: Ibrafos, 1990. p. 165-193.
- SIQUEIRA, J.O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos de relação fungo-planta e absorção de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRÍZAS, 4 , Mendes, 1991. **Programas e resumos...** Mendes: EMBRAPA - CNPBS/UFRRJ, 1991. p. 105-131.
- SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 230 p.
- SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA M. (eds.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p. 151-194.

- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1499-1506, 1989.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnologia do solo, fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS, ESAL/FAEPE, 1988. p. 236.
- SIQUEIRA, J.O.; MAHMUD, A.W.; HUBBELL, D.H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 11-16, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA, 1994. 142 p.
- SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JUNIOR, O. The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility soils. In: SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL STRESS: MAIZE IN PERSPECTIVE, 1, Sete Lagoas, 1995. **Proceedings...** Sete Lagoas: EMBRAPA, 1995. p. 240-280.
- SMITH, S.E.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 146, p. 169-179, 1992.
- SYLVIA, D.M.; WILLIAMS, S.E. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress. **Mycorrhizae in Sustainable Agriculture**, Madison, n. 54, p. 101-124, 1992. (Spec. Publ.)
- TISDALL, J.M. ; OADES, J.M. Stabilization of Soil aggregates by the root systems of ryegrass . **Australian Journal Soil Research**, Melbourne, v. 17, p. 429-441, 1979.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA-JUNIOR, P. **Sistemas de análises estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas:UFPEl, Dep. Mat. e Estatística, 1984. 151 p.

ANEXOS

TABELA IA: Resumo das análises de variação da matéria seca parte aérea (MSPA) e acúmulo de nutrientes.

Vantel				Primeiro corte				Segundo corte				Terceiro corte				Total (1+2+3)			
D	M	D*M	C.V.	D	M	D*M	C.V.	D	M	D*M	C.V.	D	M	D*M	C.V.	D	M	D*M	C.V.

MSPA	**	**	**	27	**	**	**	30	**	**	**	31	*	**	**	38	*	**	**
N	**	**	**	31	**	**	**	56	**	**	**	61	**	**	**	35	*	**	**
P	**	**	**	38	**	**	**	29	**	**	**	56	**	**	**	37	*	**	**
K	**	**	**	37	**	**	**	51	*	**	**	67	**	**	**	75	**	**	**
Ca	**	**	**	32	**	**	**	51	**	**	**	65	**	**	**	69	*	**	**
Mg	**	**	**	35	**	**	**	52	**	**	**	66	**	**	**	69	**	**	**
S	**	**	**	38	**	**	**	56	**	**	**	56	**	**	**	72	**	**	**
B	**	**	**	51	**	**	**	53	**	**	**	59	**	**	**	74	**	**	**
Fe	**	**	**	39	**	**	**	50	**	**	**	68	**	**	**	52	**	**	**
Mn	**	**	**	29	**	**	**	68	**	**	**	63	**	**	**	46	**	**	**
Cu	**	**	**	33	**	**	**	52	**	**	**	86	**	**	**	59	**	**	**
Zn	**	**	**	32	*	**	**	107	**	**	**	64	**	**	**	52	**	**	**

MSPA	**	**	**	13	**	**	**	11	**	**	**	12	**	**	**	7	**	**	**
N	**	**	**	13	**	**	**	28	**	**	**	15	**	**	**	14	**	**	**
P	**	**	**	22	**	**	**	18	**	**	**	24	**	**	**	16	*	**	**
K	**	**	**	17	**	**	**	26	**	**	**	30	**	**	**	12	**	**	**
Ca	**	**	**	14	**	**	**	12	**	**	**	13	**	**	**	8	**	**	**
Mg	**	**	**	15	**	**	**	20	**	**	**	15	**	**	**	9	**	**	**
S	**	**	**	18	**	**	**	23	**	**	**	21	**	**	**	12	**	**	**
B	**	**	**	23	**	**	**	21	**	**	**	21	**	**	**	12	**	**	**
Fe	**	**	**	16	**	**	**	21	**	**	**	35	**	**	**	25	**	**	**
Mn	**	**	**	18	**	**	**	16	**	**	**	14	**	**	**	9	**	**	**
Cu	**	**	**	19	**	**	**	40	**	**	**	33	**	**	**	13	**	**	**
Zn	**	**	**	22	**	**	**	20	**	**	**	15	**	**	**	12	**	**	**

MSPA	**	**	**	10	**	**	**	10	**	**	**	16	**	**	**	8	**	**	**
N	**	**	**	15	**	**	**	24	**	**	**	26	**	**	**	34	*	**	**
P	**	**	**	23	**	**	**	30	**	**	**	17	**	**	**	33	*	**	**
K	**	**	**	17	**	**	**	23	**	**	**	27	**	**	**	67	**	**	**
Ca	**	**	**	15	**	**	**	13	**	**	**	17	**	**	**	61	**	**	**
Mg	**	**	**	11	**	**	**	52	**	**	**	15	**	**	**	89	*	**	**
S	**	**	**	13	**	**	**	31	**	**	**	15	**	**	**	49	*	**	**
B	**	**	**	15	**	**	**	16	**	**	**	18	**	**	**	56	**	**	**
Fe	**	**	**	20	**	**	**	12	**	**	**	38	**	**	**	33	**	**	**
Mn	**	**	**	15	**	**	**	16	**	**	**	21	**	**	**	49	**	**	**
Cu	**	**	**	24	**	**	**	28	**	**	**	15	**	**	**	67	**	**	**
Zn	**	**	**	35	**	**	**	19	**	**	**	17	**	**	**	13	**	**	**

MSPA	**	**	**	19	**	**	**	43	**	**	**	61	**	**	**	34	**	**	**
N	**	**	**	36	**	**	**	59	**	**	**	90	**	**	**	55	*	**	**
P	**	**	**	24	**	**	**	40	**	**	**	70	**	**	**	30	*	**	**
K	**	**	**	20	**	**	**	40	**	**	**	59	**	**	**	32	**	**	**
Ca	**	**	**	49	**	**	**	64	**	**	**	82	**	**	**	54	**	**	**
Mg	**	**	**	21	**	**	**	52	**	**	**	100	**	**	**	197	**	**	**
S	**	**	**	27	**	**	**	56	**	**	**	79	**	**	**	41	**	**	**
B	**	**	**	33	**	**	**	52	**	**	**	66	**	**	**	33	*	**	**
Fe	**	**	**	36	**	**	**	46	**	**	**	78	**	**	**	50	**	**	**
Mn	**	**	**	22	**	**	**	40	**	**	**	64	**	**	**	31	**	**	**
Cu	**	**	**	27	**	**	**	42	**	**	**	102	**	**	**	48	**	**	**
Zn	**	**	**	24	**	**	**	46	**	**	**	58	**	**	**	36	**	**	**

** - Teste de F significativo a 1 e 5 %, respectivamente. NS - efeito não significativo. (D=doses de P e M= inoculação).

TABELA 2A: Resumo das análise de variância da matéria seca raiz (MSR), taxa de colonização (TXCOL), número de esporos (N.ESP) e nodulação (NOD).

Variável	D	M	D*M	C.V. %
Estilosantes				
MSR	NS	*	NS	73
TXCOL	NS	NS	NS	136
N.ESP	NS	**	NS	70
NOD.	**	**	**	42
Braquiária				
MSR	NS	*	NS	32
TXCOL	NS	NS	NS	43
N.ESP	NS	**	NS	106
Capim gordura				
MSR	**	*	**	18
TXCOL	NS	NS	NS	91
N.ESP	**	*	NS	74
Estilosantes + Capim gordura				
MSR	**	NS	NS	25
TXCOL	*	NS	NS	115
N.ESP	NS	**	*	72
NOD.	NS	*	NS	105

**, * Teste de F significativo a 1 e 5 %, respectivamente. NS - efeito não significativo. (D= doses de P e M= inoculação).

TABELA 3A: Resumo das análises de variância para concentrações de nutrientes encontrados na parte aérea das plantas estudadas.

Variável	Primeiro corte				Segundo corte				Terceiro corte			
	D	M	D*M	C.V. %	D	M	D*M	C.V. %	D	M	D*M	C.V. %
N	**	**	**	13	**	**	**	28	**	**	**	31
P	**	**	*	22	**	**	*	26	**	**	**	21
K	**	**	*	11	**	NS	*	29	**	**	*	38
Ca	**	**	**	6	**	**	**	6	**	NS	**	25
Mg	**	**	**	8	**	**	*	7	**	NS	**	27
S	**	**	**	2	**	NS	**	22	**	NS	*	25
B	**	**	**	39	**	NS	**	16	**	*	**	16
Fe	**	**	*	21	**	**	**	6	**	NS	**	30
Mn	**	**	**	8	**	NS	**	14	**	*	**	28
Cu	**	**	**	9	**	**	**	9	**	*	**	59
Zn	**	**	**	11	**	**	**	27	**	NS	**	27
Etilosantes												
N	**	**	*	10	**	NS	NS	23	NS	NS	*	12
P	**	**	**	22	**	**	*	26	**	**	**	21
K	**	**	**	18	**	*	*	15	**	**	**	30
Ca	**	NS	NS	11	**	NS	NS	5	**	**	**	10
Mg	**	NS	**	9	**	NS	*	3	**	NS	**	10
S	**	**	**	11	NS	**	*	21	**	**	**	9
B	**	**	**	24	*	NS	**	19	NS	**	**	19
Fe	**	*	**	13	**	NS	NS	15	**	*	NS	34
Mn	**	NS	NS	13	**	NS	*	11	**	**	NS	13
Cu	**	NS	NS	14	NS	NS	NS	34	**	**	NS	31
Zn	**	*	**	21	**	NS	**	13	NS	**	**	12
Capim gordura												
N	**	*	**	13	**	**	**	20	NS	NS	*	22
P	**	NS	NS	17	**	*	**	28	**	NS	**	17
K	**	NS	**	14	**	**	**	22	**	**	**	62
Ca	**	NS	**	12	**	**	**	10	**	*	**	8
Mg	**	NS	**	9	**	**	**	15	**	**	**	10
S	**	**	**	10	**	**	**	27	**	**	**	9
B	**	**	**	12	**	**	**	13	**	NS	**	12
Fe	**	NS	**	18	**	**	**	7	**	**	*	53
Mn	**	**	**	14	**	**	**	12	**	**	*	20
Cu	**	NS	**	22	**	**	**	23	*	**	*	15
Zn	**	NS	**	38	*	**	**	18	**	**	NS	11
Fstiosantes + Capim gordura												
N	**	**	**	23	*	**	**	35	**	**	**	42
P	**	**	**	16	**	NS	*	23	**	**	**	14
K	**	**	**	19	**	**	**	14	**	**	**	10
Ca	**	**	**	27	**	**	**	21	**	*	NS	32
Mg	**	**	**	9	**	**	**	5	**	NS	NS	183
S	**	**	**	27	**	NS	**	42	**	NS	NS	25
B	**	*	**	26	**	**	**	11	**	**	**	30
Fe	**	**	**	28	**	**	**	5	**	NS	NS	52
Mn	**	**	*	13	**	**	**	8	**	NS	NS	38
Cu	**	**	**	17	**	NS	**	15	**	NS	*	48
Zn	NS	**	**	22	**	**	**	14	NS	**	NS	40

** - Teste de F significativo a 1 e 5 %, respectivamente. NS - efeito não significativo. (D = doses de P e M = inoculação).