

Micorriza e fósforo no crescimento de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes guianensis* cultivados sob condições de estresse hídrico em um Latossolo Vermelho escuro distrófico*

R. Ferreira de Souza**, J. Cardoso Pinto***, J. Oswaldo Siqueira*** e L. Augusto Mendes*

Introdução

Na região de influência da represa de Camargos/Itutinga (MG, Brasil) a produtividade das pastagens é bastante baixa e marcadamente estacional, sendo os índices zootécnicos da exploração pecuária igualmente baixos. A capacidade de suporte dessas pastagens é causado pelo fato de cerca de 60% delas serem constituídas por campos nativos (Embrapa, 1987). Para a melhoria dessas pastagens torna-se necessária a introdução de espécies mais produtivas e nutritivas, dentre as quais destacam-se como mais promissoras para a região o *Andropogon gayanus* e o *Stylosanthes guianensis*. O sucesso no estabelecimento dessas espécies é freqüentemente limitado pelas condições adversas de clima e solo. O fósforo (P) é um nutriente essencial para o estabelecimento, perfilhamento e desenvolvimento radicular das plantas forrageiras (Saraiva et al., 1986). Diversos trabalhos evidenciam a importância do P na produção e qualidade de forrageiras tropicais. Assim, Fonseca et al. (1988) trabalhou com *A. gayanus* e *Brachiaria decumbens*; Costa et al. (1992) com *A. gayanus* e Lambais e Cardoso (1993) com *Stylosanthes guianensis*, verificaram que as adubação fosfatada promoveu aumentos significativos na produção de MS. O P desempenha um importante papel, pois proporcionando

um maior crescimento radicular, concorre para uma maior tolerância ao déficit hídrico. Para que haja um adequado desenvolvimento das pastagens na região se faz necessário a aplicação de altas doses de P e em algumas épocas o uso da irrigação, entretanto com o elevado custo desses insumos é de suma importância a busca de alternativas viáveis com o intuito de reduzir o custo de formação e manutenção das pastagens.

O aproveitamento dos fungos micorrizicos arbusculares para o aumento da produtividade das pastagens tropicais é uma alternativa bastante promissora. As micorrizas arbusculares são de ocorrência generalizada, em especial nos trópicos, onde infecta a maioria das plantas, aumentando o volume de solo explorada pelas raízes. A maior absorção de nutrientes, especialmente o P, é um dos principais benefícios das micorrizas, estimulando o crescimento das plantas, melhorando a qualidade da forragem e aumenta a resistência aos estresses ambientais (Siqueira, 1994). É bem sabido que a maior tolerância à seca das plantas micorrizadas pode ser devido a uma melhor nutrição em P (Nelsen e Safir, 1982) ou a uma maior absorção de água proporcionada pela hifa micorrízica (Osonubi et al., 1991; Osonubi, 1994). Uma substancial contribuição da hifa micorrízica na absorção de água pela planta não tem sido demonstrada de maneira convincente. Em experimentos em vasos, com baixos mas constantes suprimentos de água (Ibrahim et al., 1990) ou períodos intermitentes de seca (Michelsen e Rosendahl, 1990; Davies et al., 1992) demonstram que as plantas micorrizadas apresentam, freqüentemente, maior tolerância a seca.

O presente estudo objetivou avaliar a influência de fungos micorrízicos arbusculares e doses crescentes de

* Parte da Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo primeiro autor, para a obtenção do título de mestre em Zootecnia.

** Eng. Agrônomo, MSc. Zootecnia, R. José Claudino, 268, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil. E-mail: rfsouza@ufla.br

*** Professores da UFLA, Lavras, MG, Brasil.

Ψ Estudante de agronomia da UFLA.

P sobre o crescimento das espécies forrageiras *A. gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* (Hochst.) Hack cv. Planaltina e *S. guianensis* (Aubl.) Sw. var. *vulgaris* Souza Costa cv. Mineirão cultivadas em um solo de baixa fertilidade natural, sob condições de deficiência hídrica em casa de vegetação.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (MG, Brasil), localizada a 21° 15' latitude sul e 45° longitude oeste, em um Latossolo Vermelho escuro distrófico proveniente da região de influência da represa Camargos/Itutinga (MG), com as seguintes características químicas: pH em água = 5.1, P = 1 ppm (Mehlich 1), K = 25 ppm, Ca + Mg = 0.4 meq/100 g, e Al = 0.2 meq/100 g. O solo recebeu uma calagem para a obtenção de 50% de saturação de bases e uma adubação básica composta de 50 mg/kg de solo de N (sulfato de amônio) e 100 mg/kg de solo de K (cloreto de potássio).

Os tratamentos foram distribuídos em vasos com capacidade para 3.8 kg de solo seco de forma inteiramente casualizada, num esquema fatorial 5 x 3 com quatro repetições e constaram da combinação de cinco doses de P (0, 50, 100, 200, 300 mg/kg de solo) e três tratamentos de solo (com fungos micorrízicos nativos, isento de fungos nativos e inoculado com *Glomus etunicatum*, e solo sem micorriza) aplicados a *A. gayanus* e *S. guianensis* isolados e consorciados. As doses de P foram aplicadas sob a forma de superfosfato triplo e misturadas uniformemente ao solo. Os tratamentos com inoculação receberam 10 g de inóculo por vaso (raízes + solo + hifas), contendo 400 esporos do fungo. Com o objetivo de equilibrar a microbiota entre os tratamentos, adicionou-se em cada vaso 100 ml de um filtrado (peneiras com malhas de 0.71 e 0.153 mm e papel de filtro) composto pela mistura do solo natural e solo inóculo. As sementes de *S. guianensis* foram inoculadas com uma mistura constituída pelas estirpes BR 446 e 502 de *Rhizobium*, cedidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia da Embrapa.

Na semeadura foram usadas sementes desinfestadas em hipoclorito de sódio a 10%, conduzindo-se quatro plantas por vaso, sendo nos cultivos consorciados duas de cada espécie. O controle hídrico foi realizado diariamente com água desmineralizada mantendo o teor de umidade a 60% do volume total de poros. Durante o período de deficiência hídrica as irrigações foram realizadas a cada 10 dias ou quando as plantas apresentavam sintomas de murchamento.

Foram realizados três cortes da parte aérea das plantas, sendo os dois primeiros feitos a intervalos de aproximadamente 90 dias e o terceiro corte realizado com intervalo de 150 dias, após as plantas serem submetidas a um período de deficiência hídrica (90 dias com baixos e intermitentes suprimentos de água, seguidos por um período de 60 dias com irrigações normais). Após o terceiro corte, a parte aérea e as raízes das plantas foram secas em estufa com circulação de ar a 70 °C por 72 h para a obtenção de peso de matéria seca (MS).

Resultados e discussão

As produções de MS da parte aérea e raízes das espécies estudadas, em função das doses crescentes de P, foram altamente significativas e se ajustaram ao modelo de regressão quadrática (Figura 1). A partir das equações de regressão (Tabelas 1 e 2) estimaram-se as produções máximas de MS e as respectivas doses de P. Além disso, foram estimadas as produções correspondentes a 80% da produção máxima ou 80% da produção na maior dose de P aplicada em solo desinfestado. Esse índice pode representar a máxima eficiência econômica da adubação (Spencer e Glendinning, 1980; Alvarez et al., 1988).

A estimativa da produção máxima de MS da parte aérea do *A. gayanus* após o período de deficiência hídrica foi de 10 g para o solo inoculado, 9.5 g para o solo natural e 8.3 g para o solo desinfestado com a aplicação de P de 220, 196 e 298 mg/kg de solo, respectivamente. Considerando-se uma produção de MS equivalente a 80% da máxima obtida em solo desinfestado (6.6 g/vaso), a necessidade de P foi de 166 (100%), 76 (46%) e 78 (47%) mg/kg de solo, para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. Para *S. guianensis* as produções máximas de MS da parte aérea foram de 5.3, 4.5 e 0.95 g para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente, as quais foram obtidas com a aplicação de P de 300 mg/kg de solo. O P para uma produção de MS equivalente a 80% da máxima obtida em solo desinfestado (0.76 g/vaso) foi aproximadamente de 277 (100%), 80 (29%) e 44 (16%) mg/kg de solo, para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente. No consórcio as produções máximas de MS foram de 9.4, 8.0 e 7.3 g/vaso, aplicando-se doses de P de 210, 220 e 210 mg/kg de solo, para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Para a obtenção de uma produção de MS equivalente a 80% da máxima em solo desinfestado (5.9 g/vaso) houve a necessidade de aplicar P em doses de 115 (100%), 91 (80%) e 62 (54%) mg/kg nos solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente.

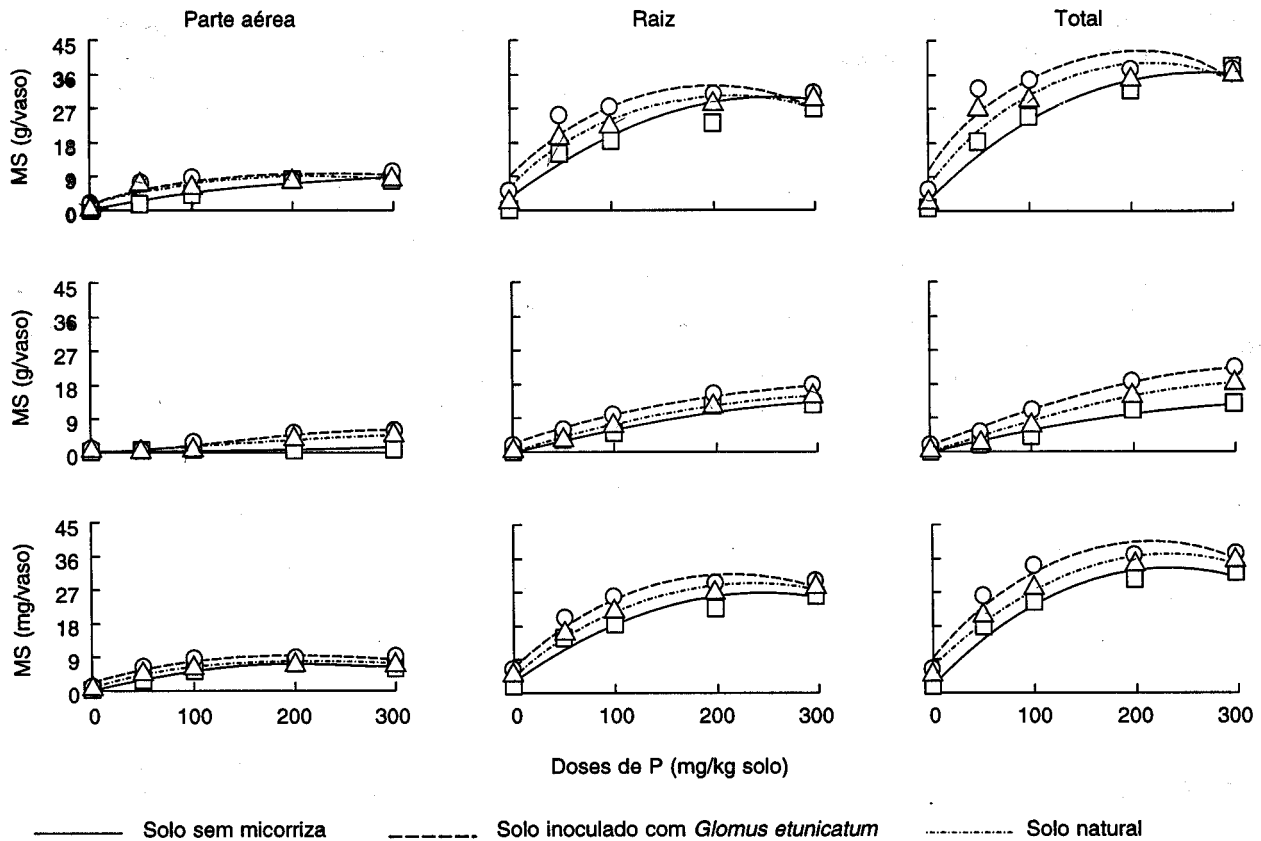


Figura 1. Rendimento de MS da parte aérea, raiz e total de *A. gayanus*, *S. guianensis* e *A. gayanus + S. guianensis* sob condições de deficiência hídrica, em função das doses de P e tratamentos de solo.

Tabela 1. Equações de regressão para produção de matéria seca da parte aérea (g/vaso) das plantas de *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes guianensis* e *A. gayanus + S. guianensis* como variável dependente (Y) das doses de P (x), nos diferentes tratamentos de solo.

Espécies	Tratamento solo	Equações de regressão	R ²
<i>A. gayanus</i>	Inoculado	$Y = 1.8329 + 0.0736x - 0.0002x^2$	0.83**
	Natural	$Y = 1.7608 + 0.0785x - 0.0001x^2$	0.78*
	Desinfestado	$Y = -0.3749 + 0.0579x - 0.0001x^2$	0.97**
<i>S. guianensis</i>	Inoculado	$Y = -0.4783 + 0.0297x - 0.00003x^2$	0.95**
	Natural	$Y = -0.3676 + 0.0129x + 0.00001x^2$	0.94**
	Desinfestado	$Y = 0.0279 - 0.00215x + 0.00002x^2$	0.99**
<i>A. gayanus + S. guianensis</i>	Inoculado	$Y = 2.3640 + 0.0662x - 0.0002x^2$	0.88**
	Natural	$Y = 1.7239 + 0.057x - 0.0001x^2$	0.91**
	Desinfestado	$Y = -0.0421 + 0.0708x - 0.0002x^2$	0.99**

* = P < 0.05; ** = P < 0.01.

O desenvolvimento radicular máximo estimado (produção de MS/vaso) do *A. gayanus* foi de 33, 31 e 29 g no solo inoculado, natural e desinfestado, aplicando-se 200, 223 e 260 mg/kg de P, respectivamente. Considerando-se uma produção de MS equivalente a 80% da máxima obtida em solo desinfestado (23.5 g/vaso), necessitou-se P em doses de 140 (100%), 100 (70%) e 73 (52%) mg/kg de solo para os solos desinfestado, natural e inoculado,

respectivamente. Para *S. guianensis* as quantidades máximas de MS produzidas pelas raízes de 16.5 g no solo inoculado, 14 g no natural e 12.5 g no desinfestado, foram obtidas com a aplicação de P de 300 mg/kg de solo. Para uma produção de MS equivalente a 80% da máxima obtida em solo desinfestado (9.95 g/vaso) aplicou-se P em doses de 190 (100%), 160 (84%) e 110 (58%) mg/kg de solo nos solos desinfestado, natural e inoculado,

Tabela 2. Equações de regressão para produção de matéria seca radicular (g/vaso) das plantas de *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes guianensis* e *A. gayanus* + *S. guianensis* como variável dependente (Y) das doses de P (x), nos diferentes tratamentos de solo.

Espécies	Tratamento solo	Equações de regressão	R ²
<i>A. gayanus</i>	Inoculado	$Y = 9.0756 + 0.2408x - 0.0006x^2$	0.84**
	Natural	$Y = 6.3750 + 0.2183x - 0.0005x^2$	0.92**
	Desinfestado	$Y = 3.3163 + 0.2013x - 0.0004x^2$	0.90**
<i>S. guianensis</i>	Inoculado	$Y = 2.5380 + 0.0800x - 0.00011x^2$	0.99**
	Natural	$Y = 0.3673 + 0.0763x - 0.0001x^2$	0.99**
	Desinfestado	$Y = -0.5483 + 0.0733x - 0.0001x^2$	0.95**
<i>A. gayanus</i> + <i>S. guianensis</i>	Inoculado	$Y = 8.2072 + 0.2169x - 0.0005x^2$	0.95**
	Natural	$Y = 5.5814 + 0.2021x - 0.0004x^2$	0.98**
	Desinfestado	$Y = 3.1096 + 0.1889x - 0.0004x^2$	0.93**

** = P < 0.01.

respectivamente. No consórcio, as quantidades máximas de MS acumuladas nas raízes foram 31.5, 29 e 26 g com as doses de P de 215, 235 e 244 mg/kg de solo para os solos inoculado, natural e desinfestado, respectivamente. Para se obter uma produção de MS equivalente a 80% da máxima em solo desinfestado (21 g/vaso) as doses de P necessárias foram 130 (100%), 74 (58%) e 70 (55%) mg/kg de solo, para os solos desinfestado, natural e inoculado, respectivamente.

Esses resultados confirmam pesquisas de Fonseca et al. (1988) trabalhando com *A. gayanus* e *B. decumbens*, Costa et al. (1992) com *A. gayanus*, Lambais e Cardoso (1990; 1993), com *S. guianensis*, e Souza et al. (1999) com *B. brizantha* e *S. guianensis*, os quais verificaram aumentos significativos na produção de MS das espécies estudadas em função do aumento nas doses de P. A presença de infecção micorrízica contribuiu de maneira bastante pronunciada para o melhor desenvolvimento das plantas. Esse trabalho mostra, ainda, que as espécies estudadas apresentaram uma grande dependência micorrízica quando cultivadas em solos deficientes em P. Entretanto, a capacidade do fungo micorrízico em favorecer o crescimento da planta após o período de deficiência hídrica foi diferenciada em função da espécie e da dose de P aplicada. Resultados semelhantes foram obtidos por Ibrahim et al. (1990), Michelsen e Rosendahl (1990) e Davies et al. (1992) os quais mostraram que plantas micorrizadas apresentam, freqüentemente, maior tolerância a seca.

Conclusões

O aumento nas doses de P promoveu incrementos significativos na produção de MS da parte aérea e das

raízes do *A. gayanus* e *S. guianensis*, resultados que foram realçados pela presença de micorrizas, demonstrando um efeito benéfico da interação micorriza x adubação fosfatada sobre a maior tolerância dessas espécies à deficiência hídrica. A necessidade de P para o ótimo crescimento dessas espécies em condições de estresse hídrico foi bastante diminuída pela presença de infecção micorrízica, sendo a efetividade simbiótica maior para o *S. guianensis* e nas doses intermediárias de P.

Resumen

En casa de vegetación del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Federal de Lavras (MG) se evaluó la respuesta de *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes guianensis* solos y en forma asociada con la inoculación con micorrizas y la aplicación de fósforo (P) bajo condiciones hídricas limitadas. Las plantas fueron cultivadas en macetas con 3.8 kg de un Latossolo Vermelho escuro distrófico. El estudio consistió en un factorial 3 x 5 con tres tratamientos de suelo (natural, desinfestado, y desinfestado e inoculado con *Glomus etunicatum*) y cinco dosis de P (0, 50, 100, 200 y 300 mg/kg de solo) en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron tres cortes de la parte aérea y en el último de ellos se midió la producción de MS de las raíces después de un período de déficit de agua. Los resultados mostraron que los aumentos en las dosis de P favorecen incrementos significativos en la producción de MS de la parte aérea y de las raíces, lo que sugiere una mayor tolerancia de las plantas a las condiciones de limitación hídrica. También se observó que estos resultados fueron más marcados cuando se inoculó con micorriza, especialmente en las dosis intermedias de P y para la especie *S. guianensis*.

Summary

A greenhouse experiment was carried out at the University of Lavras, Mato Grosso, Brazil, to evaluate the response of *Andropogon gayanus* and *Stylosanthes guianensis* to mycorrhizal inoculation and application of different doses of P, under drought. Plants were cultivated in pots with 3.8 kg of a Dystrophic Dark-Red Latosol from Campos das Vertentes (MG). The experimental design was randomized complete block in a 3 x 5 factorial scheme with four replicates. Treatments, which totaled 15, were variations in mycorrhizal inoculation (natural soil, soil without mycorrhizae, and soil inoculated with *Glomus etunicatum*). Phosphorus was applied at 0, 50, 100, 200, and 300 mg P/kg of soil. Plant aerial parts were cut three times. The third cut was made after the plants were submitted to a period of drought. Shoot and root development was evaluated. Results showed that increasing P rates significantly increased DM production and improved the plants' drought tolerance. These results indicated that the impact of mycorrhizal fungi depended, to a larger or smaller extent, on the forage species being studied, being more significant in *Stylosanthes guianensis*, and was greatest when P rates were intermediate.

Referências

- Alvarez, V. H.; Novais, R. F.; Braga, J. M.; Neves, J. C.; Barros, N. F.; Ribeiro, A. C.; e Defelipo, B. V. 1988. Avaliação da fertilidade do solo: metodologia. En: Simpósio da Pesquisa na Universidades Federal de Viçosa. 1988. Resumos. UFV, Viçosa. p. 68-69.
- Costa, N. L.; Paulino, V. F.; Cardelli, M. A.; Oliveira, J. R.; e Rodrigues, A. N. 1992. Efeito de diferentes fontes e doses de fósforo sobre a produção de forragem de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. En: 20 Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo. Piracicaba. Anais. USP/ESALQ/SBCS. p. 314-315.
- Davies, F. T. Jr.; Potter, J. R.; e Linderman, R. G. 1992. Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development of pepper plants independent of plant size and nutrient content. J. Plant Physiol. 139:289-294.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1987. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite. Programa de Pesquisa em pastagens para a Região dos Campos das Vertentes. 5 p.
- Fonseca, D. M. da; Alvarez, V. H.; Neves, J. C.; Gomide, J. A.; Novais, R. F. de; e Barros, N. F. 1988. Níveis críticos de fósforos em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. Rev. Bras. Ciência Solo 12(1):49-58.
- Ibrahim, M. A.; Campbell, W. F.; Rupp, L. A.; e Allen, E. B. 1990. Effects of mycorrhizae on sorghum growth, photosynthesis and stomatal conductance under drought conditions. Arid Soil Research 4:99-107.
- Lambais, M. R. e Cardoso, E. J. 1990. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. 1. Plant growth and development. Plant Soil 129:283-289.
- _____. e _____. 1993. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. 2. Nutrient uptake. Plant Soil 150:109-116.
- Michelsen, A. e Rosendahl, S. 1990. The effect of VA mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress on the growth of *Acacia nilotica* and *Leucena leucocephala* seedlings. Plant Soil 124:7-13.
- Nelsen, C. E. e Safir, G. R. 1982. Increased drought tolerance of mycorrhizal plants caused by improved phosphorus nutrition. Planta 154:407-413.
- Osonubi, O. 1994. Comparative effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization on growth and phosphorus uptake of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L.) plants under drought-stressed conditions. Biol. Fert. Soils 18:55-59.
- _____; Mulongoy, K.; Awotoye, O. O.; Atayese, M. O.; e Okali, D. U. 1991. Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. Plant Soil 136(1):131-143.
- Saraiva, O. F.; Carvalho, M. M.; Oliveira, F. T.; e Martins, C. E. 1986. Fatores nutricionais limitantes ao crescimento de forrageiras tropicais em dois solos da Zona da Mata-MG. 2. Podzólico Vermelho Amarelo. Pesqui. Agropecu. Bras. 21(7):709-714.
- Siqueira, J. O. 1994. Micorrizas arbusculares. En: Araújo, R. S. e Hungria, M. (eds.). Microorganismos de importância agrícola. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Brasília. p. 151-194.
- Souza, R. F. de; Pinto J. C.; Siqueira, J. O.; e Rezende, V. F. 1999. Micorriza e fósforo no crescimento de *Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes guianensis* em solo de baixa fertilidade. 3. Produção de matéria seca sob condições de estresse hídrico. Pasturas Tropicales 21(3):31-35.
- Spencer, K. e Glendinning, J. S. 1980. Critical soil test values for predicting the phosphorus and sulfur status of subhumid temperate pastures. Aust. J. Soil Res. 18:435-445.