

Influência da projeção das copas de espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo

P. F. Dias*, S. Manhães Souto**, A. Silva Resende**, J. Fernandes Moreira***, J. C. Polidoro®, E. F. Carneiro Campello** e A. A. Franco**

Introdução

O enriquecimento do solo nas áreas sob influência das árvores acontece principalmente pela incorporação gradativa de nutrientes ao sistema solo-pastagem, por meio da biomassa das árvores (Ovalle e Avendaño, 1984; Nair, 1999) e, também, pela capacidade que as árvores têm de poderem aproveitar nutrientes de camadas mais profundas do solo, que através dos seus sistemas radiculares, e, por um processo de reciclagem, tornam esses nutrientes disponíveis às forrageiras. Aumentos nos teores de fósforo (P), potássio (K) e outros nutrientes foram observados em amostras de solo coletados sob a copa de árvores em relação àquelas coletadas em áreas de pastagens sem árvores (Kellman, 1979; Joffre et al., 1988; Velasco et al., 1999; Durr e Rangel, 2002).

Outro fator limitante, mas também, de crucial importância na arborização de pastagem é a interceptação do fluxo de energia. A redução na luminosidade concorre para diminuir o crescimento das plantas, porém, no caso dos sistemas agrosilvipastoris,

as mudanças que as árvores e suas sombras podem acarretar nas áreas sob sua influência, notadamente nas características químicas do solo, no conforto térmico dos animais e nas condições microclimáticas que podem afetar diretamente o crescimento das plantas são as que concorrem para aumentar a disponibilidade de água e a mineralização de N do solo. Segundo alguns autores a deposição gradual de biomassa no solo sob a área de influência das árvores aumenta também a matéria orgânica do solo (Mahecha et al., 1999; Oliveira et al., 2000; Andrade et al., 2002). Nair (1993), numa revisão mostrou que as árvores podem melhorar o fluxo de nutrientes nas pastagens por suas ações no solo, pela deposição por hectare e por ano, de 4 a 12 Mg de C, de 52 a 360 kg de N, de 4 a 35 kg de P e de 89 a 328 kg de Ca. O efeito dessas árvores sobre a fertilidade do solo em pastagens e mais evidente em solos de baixa fertilidade do que em solos de fertilidade mediana a alta, além do efeito parecer maior com espécies leguminosas do que com não leguminosas (Carvalho e Xavier, 2000). Segundo Chaturvedi e Das (2002), a fertilidade do solo é maior próxima ao caule das árvores.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a área de influência da projeção das copas (dentro e fora) de três espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo.

Materiais e métodos

O estudo foi conduzido no campo experimental pertencente ao Sistema Integrado de Produção Agroecológico/SIPA - Fazendinha do Km 47, em uma pastagem formada há 10 anos atrás em um Argissolo Vermelho-Amarelo, de baixa

* Pesquisador da Estação Experimental de Seropédica da PESAGRO, BR 465, Km 7, CEP, Seropédica-RJ. E-mail: pfranciscodias@hotmail.com.br (autor correspondente)

** Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, BR 465, Km 7, CEP 23851-970, Seropédica-RJ. E-mail: smsouto@cnpab.embrapa.br, alex@cnpab.embrapa.br, campello@cnpab.embrapa.br, avilio@cnpab.embrapa.br

*** Estagiário na Embrapa Agrobiologia/UFRRJ. Bolsista CAPES. E-mail: jovfmrural@yahoo.com.br

® Professor da UFRRJ, Programa PRODOC/CAPES, Departamento Fitotecnia, BR 465, Km 7, Seropédica-RJ. E-mail: polidoro@ufrj.br

fertilidade natural, com capim Survenola, um híbrido interespecífico de *Digitária setivalva* x *D. valida*

As espécies utilizadas foram duas leguminosas fixadoras de nitrogênio, o Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*) e Orelha de Negro (*Enterolobium contortisiliquum*) e uma não fixadora, Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*). O plantio no campo foi através de mudas inoculadas com estirpes eficientes de rizóbio e fungos micorrízicos (*Gigaspora margarita* e *Glomus macrocarpum*) da coleção da Embrapa Agrobiologia. As mudas foram transplantadas para o campo no mês de março de 1994. Na adubação de plantio das leguminosas foram aplicados 200 g de uma mistura de 20 partes de cinza + 10 partes de termofosfatos + 5 partes de calcário + 10 g de FTE - BR12, em covas de 20 x 20 x 20 cm de dimensões, com espaçamento de 15 x 15 m entre plantas

Os efeitos das leguminosas arbóreas nas características químicas do solo foram avaliadas nas áreas de influências das copas: D1 = 50 cm de distância do caule; D2 = metade da distância do raio de projeção da copa; D3 = uma vez a distância do raio de projeção da copa; e áreas fora da copas (tratamentos testemunha); D4 = uma vez e meio a distância do raio de projeção da copa; e D5 = duas vezes a distância do raio de projeção da copa, combinados com as profundidades de amostragens 0 - 5 e 5 - 20 cm, nos sentidos norte-sul e leste-oeste.

Antes do período experimental, realizado no meado do período chuvoso de 2003, a pastagem vinha sendo mantida sob pastejo rotativo, com período de descanso variando de 45 a 60 dias no período da seca e de 30 a 42 dias no período das chuvas. A data de amostragem no campo para determinação da composição química do solo foi 19/12/2003.

Após a coleta das amostras, as mesmas foram preparadas no Laboratório de Solo da Embrapa/Agrobiologia, onde foram determinadas as características químicas: N, P, K, Ca Mg, Al, C e pH em água, conforme metodologia descrita por Silva (1999). O P foi determinado pela metodologia que usa a extração com resina trocadora de ions desenvolvida por Raij et al. (1987), citado por Silva (1999). O processo de extração com resina permite avaliação do fósforo lábil.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcela subdividida, onde a árvore representou a parcela e as cinco distâncias as subparcelas. O procedimento estatístico foi determinado com o auxílio do pacote estatístico SISVAR, da Universidade Federal de Lavras, com aplicação do teste 'F' na verificação de diferenças entre tratamentos e o teste de Scott-Knott (P < 0.05) na comparação das médias dos tratamentos.

Resultados e discussão

Não foram observadas diferenças nos teores de carbono (C) nas cinco distâncias para a profundidade de solo 0-5 cm com o Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*, leguminosa fixadora de N₂) e na profundidade 5-20 cm com todas as três leguminosas arbóreas, no entanto, os maiores teores de C na profundidade 0-5 cm com Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*, leguminosa arbórea fixadora de N₂) e Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*, leguminosa não fixadora de N₂) foram encontrados na distância D4 (Tabela 1).

As médias dos teores de C nas áreas de influência das copas, distâncias D1, D2 e D3, e na área fora da copa (distâncias D4 e D5) de as leguminosas nas duas profundidades, exceto na distância D4 com Orelha de Negro, são classificadas como baixa (<1% de C), segundo Freire et al. (1988). Dentro dessa expectativa, a concentração de C na área de influência da copa do Jacarandá da Bahia na camada mais superficial do solo apresentou um aumento de 15% em relação a área sem árvores (Tabela 1). As outras duas leguminosas apresentaram, ao contrário, maior teor de C na profundidade 0-5 cm no solo sem influência de árvores. Stanley e Montagnini (1999) já haviam observado respostas diferentes nos teores de C da camada mais superficial de solo quando compararam as espécies arbóreas *Vochysia ferruginea*, *Genipa americana* e outras. Oliveira et al. (2000) examinaram o efeito de árvores isoladas da leguminosa barú (*Dipterix alata*) e da não-leguminosa pequi (*Caryocar brasiliense*) sobre as características da camada de 0-30 cm do solo sob pastagem de *Brachiaria decumbens* e observaram que a concentração de C foi maior sob as duas espécies arbóreas (1.34% e 0.97%) do que em área sem árvores (0.71%). Andrade et al. (2002) encontraram acréscimo de 8% e 16% no teor de C na área de influência de árvore de baginha (*Strypynodendron guianensis*)

Tabela 1. Teores de C (%) no solo sob pastagem de capim Survenola em consórcio com leguminosas arbóreas nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm em diferentes distâncias do caule tomadas no raio de projeção da copa.

Arbol*	Distância**				
	D1	D2	D3	D4	D5
1 -profundidade 0-5 cm.					
Jacarandá da Bahia	0.34 Aa***	0.51 Aa	0.53 Aa	0.43 Ac	0.36 Ab
Orelha de Negro	0.55 Ba	0.43 Ba	0.62 Ba	1.10 Aa	0.42 Bb
Angico Canjiquinha	0.46 Ba	0.39 Ba	0.52 Ba	0.85 Ab	0.61 Ba
2 -profundidade 5-20 cm					
Jacarandá da Bahia	0.23 Aa	0.27 Aa	0.23 Ab	0.30 Aa	0.20 Ab
Orelha de Negro	0.33 Aa	0.33 Aa	0.46 Aa	0.43 Aa	0.43 Aa
Angico Canjiquinha	0.23 Aa	0.23 Aa	0.26 Ab	0.23 Aa	0.23 Ab

* Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

** D1 -50 cm do tronco das leguminosas, D2 -metade do raio da copa, D3 -uma vez o raio de projeção da copa, D4 -uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 -duas vezes o raio de projeção da copa.

*** Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot ($P < 0.05$).

nas profundidades de solo 0-20 e 20-40 cm respectivamente, e Xavier et al. (2003) com *Acacia mangium* registraram aumentos no teor de C de 23% e 7% nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente.

A concentração de N na camada mais superficial do solo (0-5 cm) para a Orelha de Negro foi maior na menor distância do caule (D1), enquanto nas distâncias intermediárias D2, D3 e D4, ela não diferenciou no teor de N encontrado no solo do Jacarandá da Bahia e do Angico Canjiquinha. Na maior distância (D5) fora da copa, a concentração de N no solo foi maior com o Angico Canjiquinha (Tabela 2).

As distâncias influenciadas pelas copas das leguminosas fixadoras de N_2 , no caso do Jacarandá da Bahia e Orelha de Negro, apresentaram teores médios de N do solo, na profundidade 0-5 cm, superiores em 50% e 34 %, respectivamente, àqueles encontrados a pleno sol. Na maior profundidade (5-20 cm) as diferenças foram de 60% e 11% (Tabela 2). Wilson (1998) observou que a produção de pastagem do capim Colonião (*Panicum maximum* var. Tichoglume) crescendo sob as copas de árvores de leguminosas (*Acacia stenophylla*, *Albizia lebbek* e *Leucena diversifolia*) foi muito maior na área mais próxima do caule do que nas áreas mais distantes, apesar daquela

Tabela 2. Teor de N (%) no solo sob pastagem de capim Survenola em consórcio com leguminosas arbóreas na profundidade de 0-5 e 5-20 cm, em diferentes distâncias do caule no raio de projeção da copa.

Arbol*	Distância**				
	D1	D2	D3	D4	D5
1 -profundidade 0-5 cm					
Jacarandá da Bahia	0.06 Aa***	0.06 Aa	0.06 Aa	0.06 Aa	0.03 Bc
Orelha de Negro	0.08 Aa	0.06 Ba	0.06 Ba	0.05 Ba	0.05 Bb
Angico Canjiquinha	0.06 Ab	0.06 Aa	0.05 Aa	0.06 Aa	0.06 Aa
2 -profundidade 5-20 cm					
Jacarandá da Bahia	0.04 Aa	0.04 Aa	0.04 Ab	0.03 Aa	0.02 Aa
Orelha de Negro	0.04 Aa	0.05 Aa	0.06 Aa	0.05 Aa	0.04 Aa
Angico Canjiquinha	0.05 Aa	0.04 Aa	0.04 Ab	0.04 Aa	0.04 Aa

* Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

** D1 -50 cm do tronco das leguminosas, D2 -metade do raio da copa, D3 -uma vez o raio de projeção da copa, D4 -uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 -duas vezes o raio de projeção da copa.

*** Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott -Knot ($P < 0.05$).

apresentar mais baixa intensidade de luz e conteúdo de água no solo e o autor sugere que esta maior produção foi associada com a maior disponibilidade de N no solo. Com Angico Canjiquinha, ao contrário, a diferença (5.3 %) na camada mais superficial, foi a favor do solo a pleno sol. Portanto, para as espécies fixadoras de N_2 e de maior produção de biomassa (dados não mostrados), estes efeitos positivos foram deixados na camada de 0-5 cm do solo. Andrade et al. (2002), encontraram que a fertilidade do solo sob a copa da baginha foi, de modo geral, superior à do solo adjacente às árvores, principalmente em sua camada superficial (0-20 cm). Os valores encontrados por esses autores para o teor de N, foram 0.176 e 0.151 dag/kg e 0.112 e 0.0096 dag/kg, para as profundidades 0-20 e 20-40 cm e para as condições sombra e pleno sol, respectivamente. Na Costa Rica, Daccarett e Blydenstein (1968) observaram que os teores de N do solo, a uma profundidade de 0-20 cm, foram mais altos em amostras coletadas sob a copa de leguminosas arbóreas (*Erythrina poeppigiana*, 0.35%; *Pithecolium saman*, 0.38%; *Gliricidia sepium*, 0,32%) do que sob a copa de uma espécie de árvore não-leguminosa (*Cordia alliodor*, 0.25%) ou em área sem árvores (0.28%).

A área de influência da copa do Jacarandá da Bahia proporcionou aumentos de 57% e 70% nos teores de P nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm do solo, respectivamente, comparados aos encontrados a pleno sol (Tabela 3) enquanto a Orelha de Negro com

maior produção de biomassa (dado não mostrado) tendeu a deixar o nível de P disponível no solo inferior as demais espécies. Ocorreu, entretanto, uma grande variabilidade de concentração de P entre os pontos amostrados, provavelmente devido a eventos anteriores que dificultam a interpretação dos resultados. Ingleby et al. (1997) mostraram que a colonização de micorrizas não foi afetada pela distância do caule das árvores das leguminosas *Acacia nilotica*, *A. aneura* e *Prosopis juliflora* mas decresceu com a profundidade do solo somente na *Acacia aneura*. As diferenças encontradas por Xavier et al. (2003) a favor da sombra de *Acacia Australiana (Acacia mangium)* em relação aos teores de P a pleno sol, foram de 63% e 26%, respectivamente, nas profundidades de solo 0-10 e 10-20 cm. Por outro lado, Andrade et al. (2002) registraram aumentos de 30% no teor de P na sombra de baginha em relação a pleno sol, apenas na camada mais superficial do solo (0-20 cm).

Os resultados da análise de variância nas duas profundidades de solo mostraram que as concentrações de K no solo nas cinco diferentes distâncias foram iguais ($P > 0.05$) com Jacarandá da Bahia (Tabela 4). Com a Orelha de Negro, os teores de K nas distâncias D1 e D2 e D1, D2 e D3 nas profundidades 0-5 e 5-20 cm foram superiores, respectivamente, aos teores encontrados nas demais distâncias. As maiores concentrações de K no solo com Angico Canjiquinha foram registradas nas distâncias D5 e D2, respectivamente, nas profundidades 0-5 e 5-20 cm.

Tabela 3. Teor de P (mg/dm³) no solo sob pastagem de capim Survenola em consórcio com leguminosas arbóreas nas profundidades 0-5 e 5-20 cm em diferentes distâncias do caule no raio da projeção da copa.

Arbol*	Distância**				
	D1	D2	D3	D4	D5
1 -profundidade 0-5 cm					
Jacarandá da Bahia	3.47 Ba***	4.34 Aa	3.10 Ba	3.35 Ba	1.25 Cc
Orelha de Negro	3.27 Aa	2.00 Bb	2.09 Bb	2.85 Aa	3.62 Aa
Angico Canjiquinha	3.40 Aa	2.60 Bb	1.86 Bb	1.95 Bb	2.39 Bb
2 -profundidade 5-20 cm					
Jacarandá da Bahia	1.62 Bb	4.56 Aa	1.18 Cc	1.16 Cb	1.72 Ba
Orelha de Negro	1.84 Ab	1.27 Bc	1.16 Bb	1.39 Ba	1.89 Aa
Angico Canjiquinha	2.31 Ba	2.53 Ab	1.57 Ba	1.23 Cb	1.59 Ba

* Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

** D1 -50 cm do tronco das leguminosas, D2 -metade do raio da copa, D3 -uma vez o raio de projeção da copa, D4 -uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 -duas vezes o raio de projeção da copa.

***Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot ($P < 0.05$).

Tabela 4. Teor de K (mg/dm³) no solo sob pastagem de capim Survenola em consórcio com leguminosas arbóreas nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm em diferentes distâncias do raio de projeção da copa.

Arbol*	Distância**				
	D1	D2	D3	D4	D5
1-profundidade 0-5 cm					
Jacarandá da Bahia	24.0 Ab***	20.7 Ac	16.3 Ac	18.0 Ab	18.5 Ab
Orelha de Negro	34.7 Aa	36.0 Ab	28.0 Bb	26.0 Ba	23.0 Cb
Angico Canjiquinha	33.7 Ca	41.7 Ba	43.7 Ba	24.0 Da	49.0 Aa
2-profundidade 5-20 cm					
Jacarandá da Bahia	12.3 Aa	10.3 Ac	10.3 Ab	12.0 Aa	13.3 Aa
Orelha de Negro	16.0 Aa	18.0 Ab	18.0 Aa	13.3 Ba	11.0 Ba
Angico Canjiquinha	15.7 Ba	31.3 Aa	15.0 Ba	13.0 Ba	13.0 Ba

* Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

** D1 -50 cm do tronco das leguminosas, D2 -metade do raio da copa, D3 -uma vez o raio de projeção da copa, D4 -uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 -duas vezes o raio de projeção da copa.

*** Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot (P > 0.05).

Os maiores valores de K no solo foram encontrados na camada mais superficial do solo (0-5 cm), no entanto, independente da leguminosa, as maiores diferenças nos teores de K a favor da área de influência da copa das árvores foram registradas na maior profundidade (5-20 cm). As médias dos teores de K na sombra e a pleno sol da Orelha de Negro, Jacarandá da Bahia e Angico Canjiquinha na camada mais superficial do solo foram, respectivamente, 32.9, 20.5, 39.7 e 24.5, 18.3, 36.5 mg/dm³ de solo, proporcionando um aumento a favor da área de influência da copa das árvores de 34.3%, 12% e 8.8%, respectivamente. Os valores de K na camada mais profunda do solo (5-20 cm) foram 17.3, 10.9, 20.7 e 12.2, 12.7, 13 mg/dm³ de solo, com um aumento de 41.8%, 16.5% e 59% a favor da área de influência da copa das árvores. Balieiro (1999) registrou em plantio de *Eucalyptus* sp., *Acacia mangium* e *Pseudosamanea guachapele* aumentos nos teores de K e N no solo sob a copa dessas espécies arbóreas. O mesmo autor destaca que o fuste e o arranjo das folhas nas espécies arbóreas são fatores que alteram a distribuição do K e N do solo na área de influência da copa.

Aumentos significativos nos teores de K e outros nutrientes foram observados em amostras de solo coletadas sob a copa de árvores em relação àquelas coletadas em áreas de pastagem sem árvores (Velasco et al., 1999). No Cerrado brasileiro, Oliveira et al. (2000) registraram que a concentração de K no solo sob a copa da leguminosa Barú foi

respectivamente, 74% e 134% maior do que a registrada sob a copa da não-leguminosa Pequii e da área sem árvores. Enquanto as diferenças encontradas por Andrade et al. (2002), nos teores de K foram de 13.2% e 12.4% para as profundidades de solo 0-20 e 20-40 cm, respectivamente, a favor da sombra de Baginha, as de Xavier et al. (2003) foram de 83% e 75% a favor da sombra de *A. mangium* em relação aos teores encontrados a pleno sol.

Não foram observadas diferenças nos teores de Ca do solo entre as cinco distâncias para o Jacarandá da Bahia na profundidade do solo 0-5 cm, exceto na distância D5, e para as três leguminosas na profundidade 5-20 cm (Tabela 5). Os maiores teores de Ca do solo para Orelha de Negro e Angico Canjiquinha, na profundidade 0-5 cm foram encontrados, respectivamente, nas distâncias D1, D4 e D3, D4 e D5. A área de influência da copa do Jacarandá da Bahia, em ambas profundidades do solo e a da Orelha de Negro na profundidade 5-20 cm apresentaram em média 55% mais teor de Ca no solo do que a área localizada a pleno sol, enquanto o contrário foi observado para o Angico Canjiquinha nas duas profundidades, em média 44% e para a Orelha de Negro na profundidade 0-5 cm, em média 20% (Tabela 5). Segundo Stanley e Montagnini (1999) o valor do teor de Ca no solo sob a copa das árvores dependeu da espécie arbórea. Andrade et al. (2002) registraram diferenças no teor de Ca do solo na ordem de 19% e 57% para as profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, a favor da área de influência

Tabela 5. Teor de Ca (cmol./dm³) no solo sob pastagem de capim Survenola em consórcio com leguminosas arbóreas nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm em diferentes distâncias do raio da projeção da copa.

Espécie*	Distância**				
	D1	D2	D3	D4	D5
1-profundidade 0-5 cm					
Jacarandá da Bahia	0.93 Ab ***	0.90 Aa	0.85 Ab	0.87 Ab	0.75 Ac
Orelha de Negro	1.27 Aa	0.92 Ca	0.67 Dc	1.25 A a	1.03 Bb
Angico Canjiquinha	0.93 Bb	1.00 Ba	1.40 Aa	1.35 A a	1.23 Aa
2-profundidade 5-20 cm					
Jacarandá da Bahia	0.17 Aa	0.23 Aa	0.23 Aa	0.20 Ab	<0.01 Bc
Orelha de Negro	0.73 Aa	0.47 Aa	0.77 Aa	0.50 Ab	0.30 Ab
Angico Canjiquinha	0.53 Aa	0.60 Aa	1.07 Aa	1.47 Aa	1.03 Aa

* Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

** D1 -50 cm do tronco das leguminosas, D2 -metade do raio da copa, D3 -uma vez o raio de projeção da copa, D4 -uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 -duas vezes o raio de projeção da copa.

*** Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot ($P < 0.05$).

da copa da leguminosa arbórea Baginha. Comparando os teores de Ca no solo sob a copa de uma leguminosa Barú com uma não-leguminosa Pequi, Oliveira et al. (2000) observaram que o teor de Ca foi maior apenas sob a copa das árvores da leguminosa em relação ao solo localizado em área sem árvores. Xavier et al. (2003) também encontraram que a área de influência da copa de Acacia Australiana apresentou mais teor de Ca no solo, 97% e 11% em relação ao solo sem a presença da árvore.

Os teores de Mg na profundidade 0-5 cm do solo para Jacarandá da Bahia e Orelha de Negro foram maiores ($P < 0.05$) respectivamente nas distâncias (D1, D4, D5) e D1, enquanto na profundidade 5-20 cm não foram observadas diferenças entre as cinco distâncias para estas espécies. Com Angico Canjiquinha os maiores teores de Mg foram registrados na distância (D2, D3, D4, D5) e D4, respectivamente nas profundidades do solo 0-5 e 5-20 cm (Tabela 6).

As áreas de influência das copas da Orelha de Negro nas profundidades 0-5 e 5-20 cm e do Jacarandá da Bahia na profundidade 5-20 cm apresentaram aumentos respectivamente de 9%, 97% e 111% nos teores de Mg no solo em relação as áreas amostradas sem a presença de árvores, enquanto que com Angico Canjiquinha nas profundidades 0-5 e 5-20 cm e com o Jacarandá da Bahia na profundidade 0-5 cm foram observados decréscimos de 5%, 83% e 22% nas

concentrações de Mg do solo nas áreas de influência das copas em relação as árvores crescendo a pleno sol (Tabela 6). A grande variabilidade de Mg no solo já havia sido observada por Alvarez (1995). Segundo Stanley e Montagnini (1999) o valor do teor de Mg no solo sob a copa das árvores dependeu da espécie. No Cerrado brasileiro, Oliveira et al. (2000) registraram que a concentração de Mg no solo sob a copa da leguminosa Barú foi respectivamente, 82% e 96% maior do que a registrada sob a copa da não-leguminosa Pequi e da área sem árvores. Xavier et al. (2003) registraram acréscimo de 76% e 38% nos teores de Mg no solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente, nas áreas de influência da copa de Acacia Australiana comparados com aquelas sem árvores. Por outro lado, Andrade et al. (2002) observaram apenas um pequeno aumento (5%) no teor de Mg do solo na área de influência da copa da árvore de Baginha na profundidade 0-20 cm e nenhum diferença na profundidade 20-40 cm.

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0.05$) no pH do solo entre as cinco distâncias, nas duas profundidades de solo, para as leguminosas Jacarandá da Bahia e Angico Canjiquinha e na profundidade 5-20 cm para a Orelha de Negro. O pH do solo na profundidade 0-5 cm com a Orelha de Negro foi maior nas distâncias D4 e D5 (Tabela 7). De uma maneira geral, foi observada pouca diferença entre o pH do solo na área de influência da copa das três leguminosas

Tabela 6. Teor de Mg ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) no solo sob pastagem de capim survenola em consórcio com leguminosas arbóreas nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm em diferentes distâncias do caule tomadas no raio de projeção da copa.

Arbol*	Distância**				
	D1	D2	D3	D4	D5
	1 -profundidade 0-5 cm				
Jacarandá da Bahia	0.68 Ab ***	0.50 Bb	0.57 Bb	0.67 Ab	0.75 Aa
Orelha de Negro	1.10 Aa	0.83 Ba	0.72 Bb	0.78 Ba	0.83 Ba
Angico Canjiquinha	0.70 Bb	0.90 Aa	0.98 Aa	0.87 Aa	0.93 Aa
	2 -profundidade 5-20 cm				
Jacarandá da Bahia	0.20 Aa	0.17 Aa	0.20 Aa	0.17 Aa	< 0.01 Ac
Orelha de Negro	0.90 Aa	0.47 Aa	0.72 Aa	0.43 Aa	0.27 Ab
Angico Canjiquinha	0.37 Ba	0.33 Ba	0.57 Ba	0.87 Aa	0.66 Ba

* Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

** D1 -50 cm do tronco das leguminosas, D2 -metade do raio da copa, D3 -uma vez o raio de projeção da copa, D4 -uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 -duas vezes o raio de projeção da copa.

*** Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot ($P < 0.05$).

arbóreas e na área sem árvores, em ambas profundidades. Estes resultados são coincidentes com os encontrados por Oliveira et al. (2000) Andrade et al. (2002) e Xavier et al. (2003).

Não foram observadas diferenças nos teores de Al entre as cinco distâncias, nas duas profundidades de solo com Angico Canjiquinha (Tabela 8), no entanto, os maiores teores de Al com o Jacarandá da Bahia e Orelha de Negro nas profundidades 0-5 cm foram encontrados, respectivamente, nas distâncias D4 e D2, D3, D4. Na profundidade 5-20 cm, as maiores concentrações de Al com

estas duas leguminosas foram registradas nas distâncias D1, D2 e D5 para Jacarandá da Bahia e D e D2 para Orelha de Negro. Os valores mostrados na Tabela 8 para os teores de Al na profundidade 0-5 cm são considerados baixo ($< 0.3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), segundo Freire et al. (1988). O teor médio de Al encontrado acima de $0.3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ na área de influência da copa da Orelha de Negro, comparado com aquele fora da influência da copa desta espécie (Tabela 8), não está em concordância com os resultados de Andrade et al. (2002). Estes autores mostraram que os teores de Al encontrados na área de influência da copa de árvore de Baginha, nas profundidades 0-20 e 20-40 cm,

Tabela 7. Valores de pH em água, no solo sob pastagem de capim Survenola em consórcio com leguminosas arbóreas nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm em diferentes distâncias do caule tomadas no raio de projeção da copa.

Arbol*	Distância**				
	D1	D2	D3	D4	D5
	1 -profundidade 0-5 cm				
Jacarandá da Bahia	5.47 Aa***	5.60 Aa	5.70 Aa	5.80 Aa	5.67 Aa
Orelha de Negro	5.53 Ba	5.53 Ba	5.57 Ba	5.80 Aa	5.77 Aa
Angico Canjiquinha	5.70 Aa	5.73 Aa	5.73 Aa	5.77 Aa	5.83 Aa
	2 -profundidade 5-20 cm				
Jacarandá da Bahia	5.26 Aa	5.40 Aa	5.63 Aa	5.60 Aa	5.53 Aa
Orelha de Negro	5.33 Ba	5.40 Ba	5.43 Aa	5.76 Aa	5.63 Aa
Angico Canjiquinha	5.60 Aa	5.73 Aa	5.83 Aa	5.93 Aa	5.60 Aa

* Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

** D1 -50 cm do tronco das leguminosas, D2 -metade do raio da copa, D3 -uma vez o raio de projeção da copa, D4 -uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 -duas vezes o raio de projeção da copa.

*** Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot ($p < 0,05$).

Tabela 8. Teor de Al (cmol_c/dm³) no solo sob pastagem de capim Survenola em consórcio com leguminosas arbóreas nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm em diferentes distâncias do caule tomadas no raio de projeção da copa.

Arbol*	Distância**				
	D1	D2	D3	D4	D5
1 -profundidade 0-5 cm					
Jacarandá da Bahia	<0.01Ba***	<0.01 Bb	0.02 Bb	0.10 Aa	<0.01 Ba
Orelha de Negro	<0.01 Ba	0.17 Aa	0.17 Aa	0.13 Aa	<0.01Ba
Angico Canjiquinha	<0.01 Aa	<0.01 Ab	<0.01 Ab	0.03 Ab	<0.01 Aa
2 profundidade 5-20 cm					
Jacarandá da Bahia	0.37 Aa	0.30 Ab	<0.01 Bb	<0.01 Ba	0.30 Aa
Orelha de Negro	0.40 Aa	0.60 Aa	0.33 Ba	<0.01 Ca	<0.01 Cb
Angico Canjiquinha	<0.01 Ab	<0.01 Ac	<0.01 Ab	<0.01 Aa	<0.01 Ab

* Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

** D1 -50 cm do tronco das leguminosas, D2 -metade do raio da copa, D3 -uma vez o raio de projeção da copa, D4 -uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 -duas vezes o raio de projeção da copa.

*** Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot (P < 0,05).

diminuíram 20% e 12%, respectivamente, quando comparados com aqueles fora da influência da copa; enquanto Oliveira et al. (2000) não encontraram diferenças entre os teores de Al registrados no solo sob as copas da leguminosa barú, da não leguminosa pequi e da área sem árvores.

Conclusões

As espécies arbóreas apresentaram capacidade diferenciada de alterar os níveis de fertilidade do solo nas diferentes distâncias do caule, entretanto, o solo localizado na área de influência da copa das leguminosas fixadoras de nitrogênio, Orelha de Negro e Jacarandá da Bahia, sempre apresentou maiores teores de N; enquanto sob a copa de Jacarandá da Bahia, o P, K e o Ca foram maiores.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la copa de árbol en el pH y en los contenidos de C, N, P, K, Ca, Mg y Al en el suelo en diferentes distancias partir del tallo de árboles leguminosa y no-leguminosa: D1 = 50 cm del tronco, D2 = mitad del radio de la proyección de la copa, D3 = el radio de la proyección de la copa, D4 = uno y medio el radio de la proyección de la copa y D5 = dos veces el radio de la proyección de la copa (distancias correspondientes a las áreas fuera de las copas

y consideradas como testigos). Las especies utilizadas fueron Jacaranda da Bahia (*Dalbergia nigra*) y Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*) y la no-leguminosa Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*). Se utilizó un diseño de bloques al azar en parcela subdividida, donde el árbol representó la parcela y las cinco distancias las subparcelas. El área de influencia de la copa de las leguminosas fijadoras de N₂, Jacarandá da Bahia y Orelha de Negro, presentaron mayores contenidos de N en las dos profundidades del suelo (0-5 y 5-20 cm), mientras que el contenido de K del suelo fue mayor en el área de influencia de la copa de del Jacarandá da Bahia. El contenido de C en el suelo en la profundidad de 0-5 cm fue mayor en el área de influencia de la copa de Jacarandá da Bahia que en el área fuera de la copa, lo contrario fue observado para la Oreja de Negro y Angico Canjiquinha. No se detectaron diferencias significativas en el contenido de C en la profundidad de 5-20 cm del suelo, entre las áreas de influencia de la copa y fuera de la copa. En ambas profundidades, los contenidos de Ca y Mg fueron mayores en el área de influencia de la copa de Jacarandá da Bahia y Oreja de Negro y en el área fuera de la copa de Angico Canjiquinha. No se encontraron diferencias en el pH del suelo entre los tratamientos y el contenido de Al fue superior a 0.3 cmol_c/dm³ en el área de influencia de la copa de Angico Canjiquinha.

Summary

The objective of this study was to evaluate the effect of the tree top in the pH, and in the contents of C, N, P, K, Ca, Mg and Al in the soil, at different distances from the stem of leguminous and no-leguminous trees: D1 = 50 cm from the trunk, D2 = half of the radius of the projection of the top, D3 = the radius of the projection of the top, D4 = one and half the radius of the projection of the top, and D5 = twice the radius of the projection of the top (distances corresponding to the areas out of the tops and considered as controls). The used species were Jacaranda da Bahia (*Dalbergia nigra*) and Orelha de Negro (*Enterolobium contorsiliquum*), and the no-leguminous Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*). A design of randomized blocks was used in a sub-split plot, where the tree represented the plot and the five distances, the subplots. At the area of influence of the top (of the N² fixing legume), Jacaranda da Bahia and Orelha de Negro presented higher contents of N at two soil depths (0-5 and 5-20 cm), while the K contents in the soil was higher in the influence area of the Jacaranda da Bahia top. The C contents in the soil at 0-5 cm deep was higher in the influence area of the Jacaranda da Bahia top than in the area outside of the top, the opposite was observed for Orelha de Negro and Angico Canjiquinha. Significant differences were not detected in the C contents at 5-20 cm deep, in the influence areas of the top, and outside the top. At both depths, the contents of Ca and Mg were higher in the influence area of the Jacaranda da Bahia top and the Orelha de Negro top, and in the area outside of the top of Angico Canjiquinha. No differences were found in the pH of the soil among treatments, and the Al content was superior at 0.3 cmol_c/dm³ in the influence area of the Angico Canjiquinha top.

Referências

- Alvarez, V. H. 1995. Avaliação da fertilidade do solo. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS -Brasília/DF.) Módulo 11. Curso de Fertilidade e Manejo do Solo. 98 p.
- Andrade, C. M. de; Valentim, J. F.; e Carneiro, J. C. 2002 Árvores de baginha (*Stryphnodendron guianense* Aubl. Benth.) em ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental. Rev. Brasil. Zoot. 31(2):574-582.
- Balieiro, F. C. 1999. Nutrientes na água de chuva e na biomassa em monocultivo e consórcio de *Acacia mangium* W., *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden, 99p. Dissertação Mestrado Ciência do Solo, Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Carvalho, M. M. e Xavier, D. F. 2000. Sistemas silvipastoris para recuperação e desenvolvimento de pastagens. Juiz de Fora. Embrapa Gado de Leite – FAO. CD ROM.
- Chaturvedi, O. P. e Dias, D. K. 2002. Effect of bund trees on soil fertility and yield of crops. Range Manag. Agrof. 23(2):90-94.
- Daccarett, M. e Blydenstein, J. 1968. La influencia de árboles leguminosas sobre el forraje que cresce bajo ellos. Turrialba 18(4):405-408.
- Freire, L. R.; Bloise, R. M.; Moreira, G. N.; e Eira, P. A. 1988. Análise química do solo. En: Almeida D. L. et al. (eds.). Manual de adubação para o Rio de Janeiro. Itaguaí: Editora Universidade Rural. Coleção Universidades de Rural Ciências Agrárias 2:24-37.
- Ingleby, K.; Diagne, O.; Deans, J. D.; Lindley, D. K.; Neyra, M.; e Ducouso, M. 1997. Distribution of roots, arbuscular mycorrhizal colonisation and spores around fast-growing tree species in Senegal. Forest Ecol. Manag. 90(1):19-27.
- Jofre, R.; Vacher, J.; Llanos, C. de los; e Long, G. 1988. The dehesa: na agrosilvopastoral system of the mediterranean region with special reference to the sierra Morena area of Spain. Agrof. Syst. 6:71-96.
- Kellman, M. 1979. Soil enrichment by neotropical savanna trees. J. Ecol. 67:565-577.
- Mahecha, L.; Rosales, M.; Molina, C. H.; e Molina, E. J. 1999. Un sistema silvipastoril de *Leucaena leucocephala* -*Cynodon*

- plectostachyus-Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. En: Sánchez, M. D. y Rosales, M. M. (eds.). Agroforestería para la producción animal en América Latina. Roma. FAO. p. 407-419.
- Nair, P. K. 1993. An introduction to agroforestry. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 499 p.
- _____. 1999. Biogeochemical processes in tropical agroforestry systems: Nutrient cycling. En: Congresso Brasileiro em Sistemas Agroflorestais no Contexto da Qualidade Ambiental e Competitividade. 2. 1998, Belém. Palestras. Belém. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Amazônia Oriental). Documentos, 25. p. 81-89.
- Oliveira, J. C.; Reichardt, K.; Bachi, O. O.; Timm, L. C.; Dourado-Neto D.; Trivelin, P. O.; Tominaga, T. T.; Navarro, R. C.; Piccolo, M. C.; e Cássaro, F. A. 2000. Nitrogen dynamics in a soil sugar cane system. *Scientiae Agricola* 57(3):467-472.
- Ovalle, C. e Avendaño, J. 1984. Utilización silvopastoril del espino. II. Influencia del espino (*Acacia caven* (Ml.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. *Agric. Téc.* 44(4):353-362.
- Silva, F. C. da . 1999. Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Brasília. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Informática Agropecuária). Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 370 p.
- Stanley, W. G. e Montagnini, F. 1999. Biomass and nutrient accumulation in pure and mixed plantations of indigenous tree species grown on poor soils in the humid tropics of Costa Rica. *Forest Ecol. Manag. Agrof.* 23(2):90-94.
- Velasco, J. A.; Camargo, J. C.; Andrade, H. J.; e Ibrahim, M. 1999. Mejoramiento del suelo por *Acacia mangium* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria humidicola*. En: Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. 6. Cali. Memórias. Centro de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). CD ROM.
- Wilson, J. R. 1998. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in the humid south-east Queensland. *Trop. Grassl.* 32(4):209-220.
- Xavier, D. F.; Carvalho, M. M.; Alvim, M. J.; e Botrel, M. A. 2003. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagens de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. *Pasturas Tropicales* 25(1):21-26.