



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Dias, Paulo Francisco; Manhães Souto, Sebastião; Silva Resende, Alexander; Urquiaga, Segundo;
Porto Rocha, Gudesteu; Fernandes Moreira, Joventino; Franco, Avílio Antonio
Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio
Ciência Rural, vol. 37, núm. 2, marco-abril, 2007, pp. 352-356
Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33137209>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio

Transference of N fixed by legume trees to Survenola grass grown in intercropped system

**Paulo Francisco Dias^I Sebastião Manhães Souto^{II*} Alexander Silva Resende^{II}
Segundo Urquiaga^{II} Gudesteu Porto Rocha^{III} Joventino Fernandes Moreira^{IV}
Avílio Antonio Franco^{II}**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito na transferência de N proveniente de três leguminosas arbóreas para o capim Survenola (*Híbrido entre Digitaria setivalva e D. valida*) amostrado em cinco distâncias (D1- 50cm do caule; D2- metade do raio da projeção da copa; D3- uma vez o raio da projeção da copa; distâncias estas correspondentes às áreas de influência das copas; e D4- uma vez e meia o raio da projeção da copa; D5- duas vezes o raio da projeção da copa; distâncias correspondentes às áreas fora das copas e consideradas como testemunhas). Duas espécies arbóreas, *Dalbergia nigra* (Jacarandá da Bahia) e *Enterolobium contortisiliquum* (Orelha de Negro), são nodulíferas e fixam N simbioticamente, enquanto que *Peltophorum dubium* (Angico Canjiquinha) é uma espécie não-nodulífera. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em parcela subdividida, com três repetições, em que a árvore representou a parcela e as cinco distâncias as subparcelas. Determinou-se a abundância natural de $\delta^{15}\text{N}$ ($\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$) com o auxílio do espectrômetro de massa Finnigan Mat, modelo Delta plus, da Embrapa Agrobiologia. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) na parte aérea do capim Survenola indicaram que a maior influência das árvores como fornecedoras de N para a gramínea se deu na área mais próxima ao tronco. Nos tratamentos com *Dalbergia nigra* e *Enterolobium contortisiliquum*, a gramínea apresentou valores crescentes de $\delta^{15}\text{N}$ com o aumento da distância do raio de projeção da copa, indicando o efeito da reciclagem do N₂ fixado por estas duas leguminosas. O nitrogênio na gramínea derivado das espécies arbóreas variou entre 0 e 38%, dependendo da espécie e da distância consideradas. Houve um decréscimo de transferência de N da leguminosa para o capim Survenola com o aumento da distância em relação ao tronco das espécies arbóreas. A transferência de N da leguminosa para a gramínea foi de 29,9; 37,7 e 28% do total

acumulado pelo capim Survenola, equivalente a 22,0; 16,7 e 8,2kg ha⁻¹ de N para *Enterolobium contortisiliquum*, *Dalbergia nigra* e *Peltophorum dubium*, respectivamente.

Palavras-chave: silvipastoril, fixação biológica de nitrogênio, *Peltophorum dubium*.

ABSTRACT

This research was aimed at evaluating the effect on the transference of N from legume trees to Survenola grass (*Hybrid between Digitaria setivalva and D. valida*). Two of legume trees are N fixers, *Dalbergia nigra* (Jacarandá da Bahia) and *Enterolobium contortisiliquum* (Orelha de Negro), while *Peltophorum dubium* (Angico Canjiquinha) does not form nodules. Samples of Survenola grass were taken from D1) 50cm from trunk; D2) half of the canopy's projection ray; D3) canopy's projection ray; D4) one and a half of the canopy's projection ray; D5) twice the canopy's projection ray, which were considered control. The experiment was set up in a completely randomized split plot design, with three repetitions, where each tree was treated as plot and the five sampling distances the subplots. The natural $\delta^{15}\text{N}$ abundance ($\delta^{15}\text{N}, \text{‰}$) analysis was carried out using the mass spectrometer Delta Plus, Finnigan Mat, of Embrapa Agrobiologia. The $\delta^{15}\text{N}$ values (‰) from the Survenola grass shoot clearly indicated that the contribution of N fixed occurred mainly closer to the legume trees trunks *Dalbergia nigra* and *Enterolobium contortisiliquum* presented greater $\delta^{15}\text{N}$ values with the increase in distance of the canopy's projection ray, indicating the recycling effect of the fixed N, by the two legume trees. The grass N content derived from the legume trees varied from 0 to 38% but depended on leguminous species and distance. The N transferred from the legumes to the Survenola grass decreased with the sampling distance from the trunks of the tree species. The maximum N

*Estação Experimental de Seropédica, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), Seropédica, RJ, Brasil.

^{II}Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Agrobiologia), Rodovia Br 465, km 07, 23851-970, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: smsouto@cnpab.embrapa.br. *Autor para correspondência.

^{III}Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brasil.

^{IV}Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil.

transferred from legumes to the grass was 29.9; 37.7 and 27.7% of the total N accumulated by Survenola grass, which was equivalent to 22.0; 16.7 and 8.2kg ha⁻¹ of N for Enterolobium contortisiliquum, Dalbergia nigra e Peltophorum dubium, respectively.

Key words: *silvopastoral, biological nitrogen fixation, Peltophorum dubium.*

INTRODUÇÃO

A importância da leguminosa no consórcio está baseada na hipótese de que a gramínea se beneficia do N₂ fixado pela leguminosa, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados pelas raízes, seja pela decomposição dos nódulos, das raízes, da liteira e da serapilheira das leguminosas (BRONSTEIN, 1984; WEARNER, 1988).

Muitos trabalhos têm tratado de estudar a transferência direta de N de uma leguminosa para uma gramínea consorciada, sendo seus valores considerados baixos, em torno de 10kg de N. ha⁻¹, e muito variáveis (WEARNER, 1988; VARGAS, 1991). Entretanto, a transferência via deposição de material formador de serapilheira pode ser significativa. Deve-se considerar também que a deposição gradual de biomassa sob a área de influência das árvores aumenta também a fertilidade e a matéria orgânica do solo (MAHECHA et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2000; ANDRADE et al., 2002).

Os estudos de NAIR (1993) mostraram que as árvores melhoram o fluxo de nutrientes nas pastagens por suas ações no solo, absorvendo significativas quantidades de material orgânico e nutrientes, os quais são em grande parte depositados no solo através da serapilheira. Estes valores variam por ano, entre 4 a 12Mg ha⁻¹ de C; 52 a 360kg ha⁻¹ de N; 4 a 35kg ha⁻¹ de P e de 89 a 328kg ha⁻¹ de Ca. O efeito dessas árvores sobre a fertilidade do solo em pastagens é mais evidente naqueles de baixa fertilidade do que nos de fertilidade mediana a alta, além do efeito parecer maior com espécies leguminosas do que com não-leguminosas (CARVALHO & XAVIER, 2000). Nesse sentido, CHATURVEDI & DAS (2002) observaram que a fertilidade do solo foi maior na área próxima ao caule das árvores.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da distância em relação ao caule de três leguminosas arbóreas consorciadas com o capim Survenola, na transferência de N para a gramínea, com base na técnica da abundância natural de ¹⁵N($\delta^{15}\text{N}$, ‰).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no campo experimental pertencente ao Sistema Integrado de

Produção Agroecológico/SIPA – Fazendinha Agroecológica do Km 47, em uma pastagem formada há dez anos em um Argissolo Vermelho-Amarelo, de baixa fertilidade natural, com capim Survenola, um híbrido interespécífico entre *Digitaria setivalva* e *D. valida*.

As espécies arbóreas utilizadas foram duas leguminosas fixadoras de nitrogênio, *Dalbergia nigra* (Jacarandá da Bahia) e *Enterolobium contortisiliquum* (Jacarandá da Bahia) e uma não-nodulífera, *Peltophorum dubium* (Angico Canjiquinha/Canafistula).

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 200g de uma mistura de 20 partes de cinza vegetal + 10 partes de termofosfatos + 5 partes de calcário + 10g de FTE (BR12), em covas com dimensões de 20 x 20 x 20cm, com espaçamento de 15 x 15 metros entre plantas.

Os efeitos das leguminosas arbóreas na transferência de N para o capim foram avaliados nas áreas de influências das copas: D1–50cm de distância do caule; D2– metade da distância do raio de projeção da copa; D3– no raio de projeção da copa; e nas áreas fora da projeção da copa (tratamento testemunha); D4– uma vez e meia a distância do raio de projeção da copa; e D5– duas vezes a distância do raio de projeção da copa. As plantas de capim Survenola tiveram a parte aérea amostrada nos sentidos Norte-Sul e Leste-Oeste, com a finalidade de quantificar o quanto do N total acumulado na parte aérea da gramínea era proveniente da leguminosa.

Antes da instalação do experimento, 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 do estado nutricional de N da pastagem foi 19/12/2003. As amostras, quatro por tratamento, foram colocadas em estufas de ventilação forçada a 65°C até o peso constante, para a determinação do conteúdo de matéria seca. Separou-se parte do material, que foi pulverizado em moinho de rolagem durante 24 horas, e, nestas amostras, determinou-se a abundância natural de ¹⁵N($\delta^{15}\text{N}$) com o auxílio do espectrômetro de massa Finnigan Mat, modelo Delta plus, da Embrapa Agrobiologia.

Quase todas as transformações do N no solo resultam no seu fracionamento isotópico, sendo que o efeito final é um incremento pequeno, porém significativo, comparado com o N atmosférico (0,3663% ^{15}N), segundo SHEARER & KOHL (1986). Em função dessa pequena diferença na concentração de ^{15}N , os dados são comumente expressos em termos de partes por mil, $\delta^{15}\text{N}$ ou ‰. Nesse caso, em algumas situações, este enriquecimento natural em ^{15}N é significativo, a ponto de servir para estudos nos moldes do método de diluição isotópica de ^{15}N (SHEARER et al., 1983).

Determinou-se o percentual de N transferido das leguminosas para a gramínea pela equação (SHEARER & KOHL, 1986):

$$\% \text{ de N transferido} = 100 - \frac{\text{valor de } \delta^{15}\text{N para D1...D5} \times 100}{\delta^{15}\text{N planta testemunha (D5)}} \quad \text{em que, a amostra D5 foi utilizada como testemunha, considerada o ponto de transferência zero de N por parte da leguminosa arbórea para a gramínea, ou seja, sem influência das plantas arbóreas.}$$

Determinou-se a quantidade kg ha⁻¹ de N proveniente da leguminosa acumulado na parte aérea do capim pela equação N total x 100 x % de N transferido da leguminosa.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcela subdividida, com três repetições, no qual 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 a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) na parte aérea do capim apresentou diferenças significativas quanto às leguminosas e às distâncias, bem como interação entre leguminosas x distâncias.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) na parte aérea do capim Survenola (Tabela 1) indicaram que o solo sem influência das árvores (D5) apresentou valor de $\delta^{15}\text{N}$ variando de 3,4 a 3,9 unidades. Assim, pelos dados de $\delta^{15}\text{N}$ nos demais tratamentos, demonstra-se uma clara influência das árvores como fornecedoras de N para a gramínea, sendo que grande parte desse N deveria ser derivado da fixação biológica de nitrogênio (FBN), uma vez que os valores de $\delta^{15}\text{N}$ da gramínea nas distâncias D1; D2; D3 e D4 foram sensivelmente menores que o controle (D5). Além disso, ficou claro que a maior influência se deu na área mais próxima ao tronco das árvores, onde se concentra a maior deposição de água de escorrimento e deposição de biomassa da serapilheira.

Com relação à contribuição das leguminosas na absorção de N pela pastagem, os resultados eram esperados para as espécies nodulíferas, mas não para a espécie não nodulífera *Peltophorum dubium*, considerada não fixadora de nitrogênio. No caso desta espécie, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ da pastagem também indicaram que esta contribuiu com N derivado da FBN. O fato de uma espécie como *Peltophorum dubium* não ser nodulífera não garante que não seja beneficiada ou que receba contribuição da FBN (BRYAN et al., 1996).

Diversos estudos têm demonstrado que culturas como cana-de-açúcar, arroz, capim elefante, entre outras, possuem diferentes comportamentos quanto à contribuição da FBN associativa (URQUIAGA et al., 1992; BODDEY et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002).

Tabela 1 – Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas na abundância natural de ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$, ‰) na parte aérea do capim Survenola.

Espécies ⁽²⁾	Distância ⁽¹⁾				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>Dalbergia nigra</i>	2,5 Da ⁽³⁾	2,9 Ca	3,4 Ba	3,4 Bb	3,9 Aa
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	2,5 Ba	2,4 Bb	3,2 Aa	3,1 Ab	3,4 Ab
<i>Peltophorum dubium</i>	2,9 Ca	2,8 Ca	2,9 Cb	3,9 Aa	3,5 Bb
Coeficiente de variação a (%)	9,1				
Coeficiente de variação b (%)	7,7				

⁽¹⁾D1 – 50 cm do tronco das árvores; D2 – metade do raio da copa; D3 – uma vez o raio de projeção da copa; D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa; D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

⁽²⁾Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contortisiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

⁽³⁾Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Em algumas situações, a FBN associada à cultura, como à de cana-de-açúcar, pode suprir em até 60% a demanda de N da planta (URQUIAGA et al., 1992).

A leguminosa arbórea *Peltophorum dubium*, não-nodulífera, cresce adequadamente em solos pobres em N disponível, fato similar ao que ocorre com leguminosas arbóreas nodulíferas. Essas características, aliadas aos altos teores de N encontrados nas suas folhas, sugere que possua um sistema eficiente de FBN associativa. A este respeito, deve-se destacar o trabalho de BRYAN et al. (1996) que, estudando a FBN associada a diferentes espécies de leguminosas não-nodulíferas, encontraram que *Peltophorum pterocarpum* possui um sistema eficiente de FBN associativa, o que explicaria seu bom crescimento e acúmulo de N mesmo em solos com baixos teores de N.

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ aumentando sensivelmente à medida que as plantas da pastagem se distanciavam do tronco das leguminosas sugere que, em geral, para as três espécies, a maior reciclagem do N₂ fixado pelas leguminosas influindo na nutrição nitrogenada da pastagem ocorreu sob a área de projeção da copa das árvores.

Comparando os valores de $\delta^{15}\text{N}$ da pastagem usando-se as plantas fora da influência das leguminosas como testemunha (D5), estimou-se que o nitrogênio na gramínea derivado das espécies arbóreas variou entre 0 e 37,7%, dependendo da leguminosa e da distância considerada (Tabela 2). A partir do N total acumulado na parte aérea do capim Survenola, 73,6kg ha⁻¹ em D2 para *Enterolobium contortisiliquum*; 44,3kg ha⁻¹ em D1 para *Dalbergia nigra* e 29,6kg ha⁻¹ em D2 para *Peltophorum dubium*, as transferências máximas oriundas destas leguminosas nestas distâncias foram de 29,9; 37,7 e 27,7%, equivalentes a 22,0; 16,7 e 8,2kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

As estimativas para os valores de $\delta^{15}\text{N}$ (Tabela 1), variando de 2,4 a 3,9‰, e as transferências

de N (Tabela 2), de 0 a 37,7%, observadas neste trabalho nas diferentes distâncias demonstram a importância das leguminosas na arborização de pastagens para favorecer a disponibilidade de N para a gramínea. No presente trabalho, os valores para o nitrogênio acumulado pela gramínea oriundos da fixação de N₂ pelas leguminosas arbóreas consorciadas são similares aos 10 a 39% (equivalentes a 8-83kg ha⁻¹ de N) encontrados por VARGAS (1991), em pastagem de *Brachiaria brizantha* consorciada com três leguminosas herbáceas (*Centrosema pubescens*, *Galactia striata* e *Desmodium ovalifolium*).

Os resultados apresentados confirmam a melhoria da qualidade da forragem sob a copa das leguminosas, sejam estas nodulíferas ou não, conforme destacado por YOUNG (1997). Este fenômeno pode ser devido à deposição de nutrientes absorvidos do subsolo pela leguminosa e depositados na camada superficial do solo após a decomposição da serapilheira e das raízes, o que favorece também o acúmulo de matéria orgânica no solo e o aumento na capacidade de troca de cátions e de retenção de nutrientes. Além disso, as leguminosas contribuem para a redução da perda de nutrientes por erosão e lixiviação, aumentam a deposição de nutrientes contidos na água de chuva e na poeira atmosférica que foram interceptadas pelas copas das árvores e também a deposição de nutrientes pela fauna (animais domésticos, pássaros, etc.), que utilizaram as árvores como abrigo.

Futuros estudos são necessários, principalmente considerando-se a presença do gado, para que a interação gramínea x leguminosas arbóreas x animal seja otimizada, visando a reverter o quadro de degradação das pastagens no Brasil.

CONCLUSÕES

As leguminosas arbóreas, por meio da fixação biológica de nitrogênio, podem incrementar

Tabela 2 - Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas na transferência do N (%) fixado para o capim Survenola em consorciação.

Espécies ⁽²⁾	Distância ⁽¹⁾				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>Dalbergia nigra</i>	37,7 Aa ⁽³⁾	26,3 Bb	13,8 Cb	13,3 Ca	0,0 Da
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	26,9 Aa	29,9 Aa	5,7 Bb	7,4 Ba	0,0 Ca
<i>Peltophorum dubium</i>	27,3 Aa	27,7 Aa	27,7 Aa	0,0 Bb	0,0 Ba
Coeficiente de variação a (%)	46,5				
Coeficiente de variação b (%)	39,2				

⁽¹⁾D1 – 50 cm do tronco das árvores; D2 – metade do raio da copa; D3 – uma vez o raio de projeção da copa; D4 – uma vez e meia, o raio de projeção da copa; D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

⁽²⁾Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*); Orelha de Negro (*Enterolobium contortisiliquum*); Angico Canjiquinha (*Peltophorum dubium*).

⁽³⁾Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

significativamente a disponibilidade de N para a gramínea, ajudando a minimizar uma das principais causas da degradação das pastagens. Similar resultado foi observado com a leguminosa não-nodulífera *Peltophorum dubium*.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C.M.S. de et al. Árvores de Baginha (*Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth) em ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.574-582, 2002.
- BODDEY, R.M. et al. Use of the ^{15}N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N₂ fixation sugar cane and other grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.28, p.889-895, 2001.
- BRONSTEIN, G.E. **Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con arboles de *Cordia alliadora*, con arboles de *Erythrina poeppigiana* y sin arboles.** 1984. 110f. Tese (Mestrado Agronomia) - Centro Agronomica Tropical de Investigación y Enseñanza, Catie Departamento de Recursos Naturales Renovables, Turrialba, Costa Rica.
- BRYAN, J.A. et al. Toward a new concept of the evolution of symbiotic nitrogen fixation in the Leguminosae. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.186, p.151-159, 1996.
- CARVALHO, M.M.; XAVIER, D.F. **Sistemas silvipastorais para recuperação e desenvolvimento de pastagens.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite – FAO, 2000. CD-ROM.
- CHATURVEDI, O.P.; DAS, D.K. Effect of bund trees on soil fertility and yield of crops. **Range Management and Agroforestry**, Cottesloe, v.23, n.2, p.90-94, 2002.
- MAHECHA, L. et al. Un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* - *Cynodon plectostachyus* - *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. In: SÁNCHEZ, M.D.; ROSALES, M.M. **Agroforestería para la producción animal en América Latina.** Roma: FAO, 1999. p.407-419.
- NAIR, P.K. **An introduction to agroforestry.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. 499p.
- OLIVEIRA, A.L. M. et al. The effect of inoculating endophytic N₂-fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.242, p.205-215, 2002.
- OLIVEIRA, J.C.M. et al. Nitrogen dynamics in a soil sugar cane system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.467-472, 2000.
- SHEARER, G. et al. Estimates of fixation from variation in the natural abundance of ^{15}N in sonoran desert ecosystem. **Oecologia**, Berlin, v.56, p.365-373, 1983.
- SHEARER, G.; KOHL, D.H. N₂ fixation in field settings: estimations based on natural ^{15}N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.13, p.699-756, 1986.
- URQUIAGA, S. et al. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: Nitrogen-N¹⁵ and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, n.1, p.105-114, 1992.
- VARGAS, M.S.V. **Avaliação da contribuição da fixação biológica de N₂ em várias leguminosas forrageiras e transferência de N₂ para uma gramínea consorciada.** 1991. 176f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ.
- WEARNER, R.W. Isotope dilution as a method for measuring nitrogen transfer from forage legumes to grass. In: BECK, D. P.; MATERON, L.A. **Nitrogen fixation by legumes in mediterranean agriculture.** Netherlands: ICARDA, 1988. p.358-365.
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil management.** 2.ed. Wallingford: CAB Internacional/ICRAF, 1997. 320p.