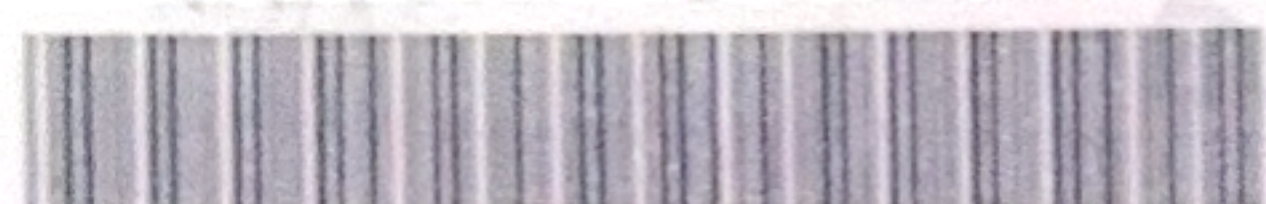


Mineralização do nitrogênio em
2004 FL-SOLO - 164



11772-1

Boleto de Pesquisa 05
Desenvolvimento

ISSN 0101-9805
Dezembro, 2004
Boa Vista, RR

Mineralização do nitrogênio em resposta à utilização de resíduos vegetais de leguminosas no solo

Embrapa



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 0101 – 9805
Dezembro, 2004

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 05

**Mineralização do nitrogênio em resposta à
utilização de resíduos vegetais de
leguminosas no solo**

Jane Maria Franco de Oliveira

Boa Vista, RR
2004

Embrapa Roraima, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5
Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Roraima

Rodovia BR-174, km 8 - Distrito Industrial

Cx. Postal 133 –CEP. 69.301-970

Boa Vista- Roraima-Brasil

Telefax: (95) 626.7125

Home page: www.cpafr.embrapa.br

E-mail: sac@cpafr.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Oscar José Smiderle

Secretário-Executivo: Aloisio Alcantara Vilarinho

Membros: Bernardo de Almeida Halfeld Vieira

Hélio Tonini

Jane Maria Franco de Oliveira

Patrícia da Costa

Roberto Dantas de Medeiros

Normalização Bibliográfica: Maria José Borges Padilha

Editoração Eletrônica: Maria Lucilene Dantas de Matos

1ª edição

1ª impressão (2004): 300

JANE, M. F. de O. Mineralização do nitrogênio em resposta à utilização de resíduos vegetais de leguminosas no solo. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 16p. (Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5)

1. Mineralização. 2. Solo. 3. Resíduos Vegetais. I. Título.
II. Série.

SUMÁRIO

Resumo	05
Abstract.....	06
Introdução.....	07
Material e Métodos	09
Resultados e Discussão	11
Conclusões.....	14
Referências Bibliográficas	15

Mineralização do nitrogênio em resposta à utilização de resíduos vegetais de leguminosas no solo

Jane Maria Franco de Oliveira¹

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a mineralização e disponibilidade de nitrogênio, em condições controladas, proveniente da incorporação de resíduos vegetais de plantas leguminosas (*Inga edulis*, *Flemingia macrophylla*, *Desmodium tortuosum*, *Gliricidia sepium*, *Acacia auriculiformis*, *Acacia holosericea* e *Tephrosia candida*) ao solo, tendo o milho como cultura indicadora. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na sede da Embrapa em Boa Vista, RR, no período de abril a agosto de 2002. Os resíduos vegetais (8 g de matéria seca kg⁻¹ de solo) das leguminosas, foram incorporados ao solo sendo utilizado o milho como cultura indicadora, mantendo-se uma planta em vaso com capacidade para 5 kg, semeado 30 dias, após a incorporação dos resíduos no solo. O solo foi amostrado antes e aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a incubação dos resíduos, para a determinação do N-NH⁺₄ e do N-NO⁻₃. Após o corte das plantas, ocorrido aos 60 dias após a semeadura do milho, determinou-se a produção de matéria seca e a quantidade de N absorvida e acumulada na parte aérea de plantas do milho. O resultados para as taxas de mineralização do N mostraram que, independente da presença do milho, até aos 30 dias após a incubação dos resíduos, a forma predominante do N mineralizado foi a amoniacal, estabelecendo-se após este período, predominantemente a forma nítrica. Maior acúmulo de matéria seca do milho foi verificado com a incorporação de resíduos das espécies *A.auriculiformis* e *G.sepium*, indicando assim maior absorção do N com a utilização dos materiais vegetais dessas espécies.

Palavras-chave: leguminosas, mineralização, argissolo, Roraima.

¹ eng. agrôn., D.Sc., Pesquisadora da Embrapa Roraima E-mail jane@cpafrr.embrapa.com.br

Rates nitrogen mineralization in response to green residues application in the soil

ABSTRACT

An experiment was carried out under greenhouse conditions with the aim of evaluating the rates nitrogen mineralization from incorporation green residues from leguminous (*Inga edulis*, *Flemingia macrophylla*, *Desmodium tortuosum*, *Gliricidia sepium*, *Acacia auriculiformis*, *Acacia holosericea* and *Tephrosia candida*) in the soil. The experiment was carried at Embrapa Roraima Station in Boa Vista, Roraima. The treatments were established in pots containing 5 kg of soil and formed by control (soil) and soil+leguminous green materials (leaves and branch). The green materials (8 g of dry matter.kg⁻¹ of soil) incorporated to the soil and corn was grown corn. The soil was the Ultisol and the corn was planted 30 days after the green materials incubation. Evaluations of soil sampling to determinate the soil nitrogen on forms N-NH⁺₄ e N-NO⁻³ were performed on periods 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days after green materials incubation. The maize plants were cut 65 days after planted and was determinated above grown dry matter. The results showed that, independently from corn presence, the predominant mineralized nitrogen form was N-NH⁺₄ and after this time N-NO⁻³ was established form. The positive effect of these species on maize biomass accumulated was more evident with utilization the residues of *A.auriculiformis* e *G.sepium*.

Key-words: mineralization of nitrogen, leguminous, green manure, Roraima, Brazil.

1. INTRODUÇÃO

No contexto da agricultura sustentável, o uso de árvores fixadoras de nitrogênio, tem sido considerado como uma estratégia biológica direcionada para o desenvolvimento de tecnologias que promovam a ativação de áreas ao processo produtivo. Os principais benefícios agregados, com a utilização dessas espécies, estão associados com a capacidade de adaptação a grande variação de clima e solo e pelo aporte de nutrientes, especialmente o nitrogênio.

A mineralização do nitrogênio, a partir da utilização de materiais vegetais, como adubo verde, tem sido estudado como forma de estimar como e quando estes materiais poderão ser aplicados para o fornecimento de fontes mineralizadas deste nutriente às culturas associadas. Na região Amazônica o nitrogênio mineral, obtido a partir da decomposição de materiais vegetais, pode representar um fator econômico importante, visto que, no sistema de agricultura familiar e de subsistência, a utilização de adubos minerais é incompatível com o poder aquisitivo dos operadores destes sistemas.

O objetivo deste estudo foi avaliar a mineralização do nitrogênio e sua absorção por plantas do milho, proveniente da incorporação no solo de resíduos vegetais de sete espécies leguminosas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram instalados em abril de 2002, na casa de vegetação na sede da Embrapa-Roraima, localizada na BR 174 km 8, em Boa Vista, RR. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com 4 repetições e os tratamentos testados foram os seguintes: testemunha (solo sem material vegetal; solo com material vegetal de *Inga edulis*; solo com material vegetal de *Gliricidia sepium*; solo com material vegetal de *Acacia auriculiformis*; solo com material vegetal de *Acacia holosericea*; solo com material vegetal de *Desmodium tortuosum*; solo com material vegetal de *Flemingia macrophylla* e solo com material vegetal de *Tephrosia candida*. A unidade experimental consistiu de 5 dm³ de solo com uma planta de milho (*Zea mays* L.). As parcelas foram instaladas em vasos plásticos redondos sem perfuração na porção inferior. Os materiais vegetais utilizados no experimento foram coletados das plantas, então com 13 meses de idade. Após a coleta, o material de folhas e galhos foi levado a estufa de circulação forçada de ar e mantido em temperatura de 65°C, até peso constante. Após este processo, o material foi fragmentado manualmente em tamanhos de até 2 cm, e então

incorporado ao solo dos recipientes, na quantidade de 8 g kg^{-1} de matéria seca, 30 dias antes da semeadura do milho. Para a instalação do experimento, foi utilizado material de solo da camada de 0 a 20 cm de um Argissolo Vermelho-Amarelo que apresentou as seguintes características químicas e físicas: pH (água) 4,98; P $1,99 \text{ mg dm}^{-3}$; K $47,95 \text{ mg dm}^{-3}$; Ca $0,32 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg $0,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al $0,88 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al $6,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; N $1,74 \text{ g kg}^{-1}$; MO $34,93 \text{ g kg}^{-1}$; argila $365,54 \text{ g kg}^{-1}$; Silte $123,17 \text{ g kg}^{-1}$ e areia $511,26 \text{ g kg}^{-1}$. Para a montagem das unidades experimentais o solo foi seco ao ar e peneirado, em malha de 2 mm, sendo então homogeneizado com os materiais vegetais, de acordo com os diversos tratamentos, sendo então transferido para os recipientes. Após a preparação dos vasos, foram colocadas 3 sementes de milho, cultivar BR 106, em cada unidade. Sete dias após a emergência das plantas, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por vaso. Durante todo o período de condução do ensaio, a umidade dos vasos foi mantida em 80% da capacidade de campo, controlada diariamente com auxílio de balança e ajustada quando detectada diferença entre aquela condição estabelecida e o peso diário do vaso. Por ocasião do plantio, foi feita adubação com fontes de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes, nas seguintes quantidades, respectivamente: 100 mg kg^{-1} de P; 80 mg kg^{-1} de K; 60 mg kg^{-1} de Ca; 20 mg kg^{-1} de Mg; $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ de B; 5 mg kg^{-1} de Zn; $2,5 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu; 5 mg kg^{-1} de Mn. Esses elementos foram aplicados na forma de solução, utilizando-se as seguintes fontes: Na_2HPO_4 , KCl, CaCO_3 , MgSO_4 , H_2BO_3 , $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados pela produção de matéria seca da parte aérea de plantas do milho, quantidade do nitrogênio absorvido pelo milho e teores de N-NH_4^+ e de N-NO_3^- no solo. A produção de matéria seca das plantas de milho foi determinada aos 65 dias após a semeadura. Nesta ocasião, a parte aérea das plantas foi cortada, acondicionada em sacos de papel e colocada para secar em estufa com circulação forçada de ar em temperatura de 65°C , até atingir peso constante. No material seco na estufa foram feitas determinações do teores de nitrogênio, obtido por destilação, após digestão úmida do tecido vegetal, conforme método semi-micro Kjeldahl descrito por Tedesco (1985). A mineralização do nitrogênio contido nos materiais vegetais foi avaliada por meio da detecção dos teores de amônio (N-NH_4^+) e nitrato (N-NO_3^-) em diferentes épocas a partir da incorporação dos resíduos das leguminosas. Para isto, foram feitas coletas de solo antes da incorporação do material e aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a incubação dos resíduos. Os teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- foram determinados por extração com KCl 1N e destilação na presença

de MgO, para determinação do NH_4^+ e outra com liga de Devarda, para determinação do NO^-3 (Bremner, 1965).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca e absorção do N por plantas do milho

Foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos e na presença dos resíduos das espécies *A.auriculiformis* e *G.sepium*, a produção de matéria seca foi significativamente superior ao tratamento testemunha, representando acréscimos de 31,84 e 31,50%, respectivamente. As demais espécies mantiveram igualdade estatística, diferenciando-se, entretanto, do tratamento testemunha (Tabela 1).

Tabela 1. Produção de matéria seca em plantas de milho em função da presença de diferentes resíduos de plantas leguminosas no solo.

Tratamentos	Produção de Matéria Seca
	----- g vaso ⁻¹ -----
<i>Acacia auriculiformis</i>	22,81 a
<i>Gliricidia sepium</i>	22,75 a
<i>Tephrosia candida</i>	21,48 ab
<i>Flemingia macrophylla</i>	21,34 ab
<i>Inga edulis</i>	19,47 ab
<i>Desmodium tortuosum</i>	18,00 ab
<i>Acacia holosericea</i>	17,99 ab
Testemunha (solo)	17,30 b

Nas colunas valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Considerando a absorção de nitrogênio e acumulação na parte aérea do milho, houve diferença significativa entre todos as leguminosas estudadas, destacando-se os tratamentos com a incorporação dos resíduos das espécies *F.macrophylla*, *G.sepium* e *A.auriculiformis*, que proporcionaram acréscimos de 67,34%, 57,23% e 52,19%, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha, mantido sem resíduo (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de nitrogênio absorvido por plantas de milho em função de resíduos de leguminosas no solo.

Tratamentos	Quantidade do Nitrogênio absorvido
	----- mg vaso ⁻¹ -----
<i>Flemingia macrophylla</i>	415,70 a
<i>Gliricidia sepium</i>	387,89 b
<i>Acacia holosericea</i>	375,45 c
<i>Inga edulis</i>	311,52 d
<i>Tephrosia candida</i>	296,42 e
<i>Desmodium tortuosum</i>	288,00 f
<i>Acacia auriculiformis</i>	277,83 G
Testemunha (solo)	246,70 H

Nas colunas valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

A maior absorção de nitrogênio pelo milho em função da presença de resíduos de leguminosas, pode ser atribuída a diversos fatores, entre os quais destaca-se a taxa de mineralização dos resíduos, teor de matéria orgânica do solo, relação C/N das espécies, entre outros. Pode-se afirmar, como também constatado por Stamford *et al* (1994) que o acúmulo de N na cultura associada com as leguminosas, é um indicador de eficiência dessas espécies como fornecedoras de nitrogênio para esses cultivos.

Contribuições do fornecimento de nutrientes, para o milho, a partir da mineralização de resíduos vegetais de leguminosas, têm sido constatadas sob as mais diversas condições de cultivo e manejo das leguminosas. Os focos sobre esta abordagem estão direcionados, sobretudo para aumento da produção e na quantidade de N na fitomassa da parte aérea das plantas (Spagnollo *et al.* 2002; Ernani *et al.* 2002) e no rendimento de grãos (Araújo & Almeida, 1993; Ceretta *et al.* 1994; Heinrichs *et al.* 2002).

Outro enfoque para esta questão foi relatado por Scivittaro *et al.* (2000). Nesta abordagem, os autores verificaram que o solo foi o maior fornecedor do N para o milho sendo, porém, a melhor resposta obtida com aplicação conjunta entre fontes minerais (uréia) e orgânica (mucuna preta).

Teores de N-NH_4^+ e de N-NO_3^- em solo cultivado com milho

A definição para os teores de N-NH_4^+ e de N-NO_3^- no solo foi determinada pelo efeito de todos os tratamentos e da interação estabelecida entre os mesmos (Tabela 25). Os resultados indicam que a mineralização foi favorecida nas presenças dos resíduos da *T.candida* e *G.sepium*, uma vez que os teores médios do N-NH_4^+ e N-NO_3^- , foram superiores ao tratamento testemunha, mantido sem resíduo (Tabela 3).

Tabela 3. Teores médios de N-NH_4^+ e de N-NO_3^- disponibilizados em relação à presença de resíduos vegetais de diferentes espécies leguminosas em solo mantido com plantas do milho.

Espécies	N-NH ⁺ ₄	N-NO ⁻ ₃
	----- mg kg ⁻¹ -----	
<i>G.sepium</i>	30,98 bc	44,09 a
<i>I.edulis</i>	28,54 bc	40,26 ab
<i>F.macrophylla</i>	26,85 c	29,26 c
<i>D.tortuosum</i>	26,57 c	30,13 c
<i>A.holosericea</i>	25,61 c	18,82 d
<i>T.candida</i>	38,17 a	42,08 ab
<i>A.auriculiformis</i>	33,45 ab	26,88 cd
Testemunha (solo)	27,91 bc	33,14 bc

Nas colunas valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

As espécies *T.candida* e *G.sepium*, ao contrário do *I.edulis*, são consideradas espécies com rápida taxa de decomposição, baseada na relação C:N, cujos valores oscilam entre 13 a 20 e 0 a 20, respectivamente. Ao *I.edulis* são mencionados valores entre 14 a 19 (Mafongoya et al., 1998).

Para os demais resíduos, há indicativo de que a imobilização superou a mineralização, pois os valores foram equivalentes ou inferiores aos da testemunha.

Em estudo com *I.edulis*, *Erythrina* sp. e *Cajanus cajan*, Palm & Sánchez (1990), verificaram que o conteúdo em polifenóis dessas espécies respondeu pela variação da

decomposição e mineralização das folhas dessas espécies. O *I.edulis* e *Cajanus cajan* se decomposeram sob taxas similares, mesmo apresentando conteúdo de polifenóis similares, porém de lignina diferente.

Analisando-se o feito da interação entre espécies e tempo de incubação dos resíduos, independentemente da presença do milho (Tabela 4), para os teores de N-NH_4^+ , observa-se que neste intervalo a mineralização foi favorecida na presença dos resíduos da *G.sepium* e *I.edulis* ($p < 0,01$). Para os demais tratamentos, há evidência da ocorrência da imobilização uma vez que os teores para o N mineralizado foram equivalentes ao da testemunha, mantida sem resíduo. No processo de imobilização os microrganismos decompositores utilizam e acumulam o N para seu crescimento, diminuindo sua disponibilidade para os vegetais. Os principais fatores envolvidos, nesta ocorrência, têm sido relacionados principalmente com a composição química do material em decomposição, e dentre estes a relação C:N (Barrueco et al., 1985; Moreira & Siqueira, 2002) e conteúdo em polifenóis (Palm & Sánchez, 1990; Palm & Sánchez, 1991).

Tabela 4. Teores médios de N-NH_4^+ disponibilizados em relação à presença de resíduos vegetais de diferentes espécies leguminosas no solo, em função do tempo de incubação.

Espécies	Tempo de incubação, dia													
	0		15		30		45		60		75		90	
	NH ⁺ ₄													
	-----mg kg ⁻¹ -----													
<i>G.sepium</i>	9,33	74,7	aA	28,3	bBC	16,9	dB	44,0	bAB	21,6	cdAB	25,0	cdBC	
<i>I.edulis</i>	9,33	59,7	aB	29,1	cBC	40,3	bA	42,0	bAB	19,9	cB	24,8	cBC	
<i>F.macrophylla</i>	9,33	47,8	aC	28,7	bcBC	29,6	bcA	35,9	bBC	19,5	cB	34,3	bAB	
<i>D.tortuosum</i>	9,33	53,4	aBC	38,1	bAB	17,8	cB	34,9	bBC	19,8	cB	24,6	cBC	
<i>A.holosericea</i>	9,33	58,9	aB	24,4	bcdC	16,0	dB	30,6	bc	17,7	cdB	26,9	bcBC	
<i>T.candida</i>	9,33	55,4	aBC	40,2	bca	37,0	cA	49,4	abA	32,4	cdA	22,9	dC	
<i>A.auriculiformis</i>	9,33	51	aBC	42,4	abA	30,0	cA	38,2	bcBC	15,6	dB	38,2	bcA	
Testemunha	9,33	56,9	aBC	33,2	bABC	18,2	dB	30,1	bcC	17,5	dB	22,2	cdC	
Médias	9,33	53,4	a	38,1	b	17,8		34,9	b	19,8	c	24,5	c	

Letras maiúsculas na horizontal – efeito da época; letras minúsculas na vertical – efeito da espécie. Valores seguidos da mesma letra, na vertical ou horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A interação de fatores, durante a transformação do nitrogênio no solo, responde pela alteração nas formas do nitrogênio mineralizado. Isto se processa porque a mineralização e mobilização têm ocorrência simultânea no solo e, a mudança em direção ao depósito

orgânico ou inorgânico é dependente, entre outros fatores, da relação C:N dos materiais em decomposição (Barrueco et al, 1985).

CONCLUSÕES

Para as condições de realização deste estudo, as seguintes conclusões foram extraídas:

1. as taxas de mineralização do nitrogênio foram mais elevadas aos 15 dias, após a incubação dos resíduos no solo, e a até aos 45 dias a fração amoniacal foi prevalente em relação à nítrica. Aos 60 dias, *G.sepium*, *I.edulis*, *T.candida* e *D.tortuosum*, representaram as espécies de maior disponibilidade de $N-NH_4^+$ para o milho;
2. as maiores quantidades de N absorvido pelas plantas do milho foram verificadas nas presenças dos resíduos das espécies *F.macrophylla*, *G.sepium* e *A.auriculiformis* as plantas de milho absorveram as maiores quantidades de N.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, A.D.; ALMEIDA, D.L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. *Pesq. agropec. bras.*, v.28, n.2, p.245-251, 1993.
- BARRUECO, C.R.; GARCIA, F.S.; SUBRAMANIAM, P. La fijacion de nitrógeno atmosférico: una biotecnología en la producción agraria. **Salamanca: CSIC, 1985. 71p.**
- BREMNER, J.M. Inorganic forms of nitrogen. In: Black, C.A. (Eds.). *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy, **Wisconsin**, p.1179-1237, 1965
- CERETTA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A.; SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. *R. bras. Ci. Solo*, v. 18, p.215-220, 1994.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro: SNLCS/EMBRAPA, 1997. 212p.**
- ERNANI, P.R.; SAUGOI, L.; RAMPAZZO, C.. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. *R. bras. Ci. Solo*, v.26, p.993-1000, 2002

HEINRICHS, R.; VITTI, G.C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A.L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. *R. bras. Ci. Solo*, v.26, p.225-230, 2002

MAFONGOYA, K.E.; GILLER, K.E.; PALM, C.A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry Systems*, v.38, p.77-97, 1998.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 626p. 2002

PALM, C.A.; SÁNCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. Biocem.*, v.23, p.83-88, 1990.

SCIVITTARO, W.B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O. Utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. *R. bras. Ci. Solo*, v.24, p.917-926, 2000.

SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L.P.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; PROENÇA, M.M. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no sul do Brasil. *R. bras. Ci. Solo*, v.26, p.417-423, 2002.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p. 1995.