



Relação entre qualidade e liberação de N por plantas do semiárido usadas como adubo verde

Romildo N. Alves¹, Rômulo S. C. Menezes², Ignácio H. Salcedo² & Walter E. Pereira³

RESUMO

O uso de plantas como adubo verde pode ser uma alternativa para melhorar a fertilidade do solo porém a liberação de nutrientes desses adubos para o solo irá depender dos teores de lignina, polifenóis (PP) e N no material vegetal utilizado. Tais teores foram determinados em 24 espécies vegetais encontradas em propriedades rurais do semiárido e relacionados com a mineralização de N, quando incorporados ao solo. Os materiais apresentaram grande variação nos teores os quais, por sua vez, sinalizaram baixa correlação com as proporções do N mineralizado depois da incorporação. Utilizando os teores e suas relações, realizou-se análise de componentes principais agrupando os materiais de acordo com suas similaridades, visando verificar a existência de relações entre a formação dos grupos referidos e o N mineralizado após incubação dos materiais orgânicos. Quatro grupos foram formados; no entanto, pouca informação útil foi gerada no sentido de tentar prever a mineralização de N com base na qualidade dos materiais testados. O comportamento da lignina não foi bem definido na formação dos grupos e não apresentou relação clara com a mineralização do N devido, talvez, ao curto prazo de avaliação da metodologia adotada (28 dias). Todos os materiais que apresentaram relação PP/N menor que 0,5, mineralizaram N enquanto que os apresentaram a mesma relação acima de 5, imobilizaram N.

Palavras-chave: nitrogênio, polifenóis, lignina, mineralização, imobilização

Relationship between biomass quality and N mineralization in plant species used as green manure in semi-arid Brazil

ABSTRACT

The use of plants as green manure may be an alternative to improve soil fertility in the region, but the release of nutrients to the soil will depend on the concentrations of lignin, polyphenols (PP), and nitrogen of the green manures used. These variables were analyzed for 24 plant species commonly found in farms of the semi-arid region of NE Brazil, and the relationship between plant biomass quality and N release after incorporation into the soil was evaluated. There was a large variation in the concentration of lignin, PP and N of the green manures tested but these variables presented a low correlation with N mineralization after incorporation to the soil. In order to try to identify patterns among the different manures regarding quality and N release, these were grouped using Principal Component Analysis techniques, but very little meaningful patterns were observed to help predict N release based on the quality of the materials. The lignin content of the materials played an important role to form different groups, but may be the short time of the incubations (28 days) did not allow for the development of the correlation between lignin content and N release. In general, it was observed that all materials that presented a PP/N ratio lower than 0.5 mineralized N, while those that presented values of this ratio above 5 caused N immobilization.

Key words: nitrogen, polyphenols, lignin, mineralization, immobilization

¹ Departamento de Energia Nuclear/UFPE. Av. Prof. Luis Freire 1000, Cidade Universitária, CEP 50740-540 Recife, PE. Fone: (81) 2126-8252. E-mail: nicolauvalves@yahoo.com.br

² Departamento de Solos/CCA/UFPB, CEP 58397-000. Areia, PB. Fone: (83) 3362-2300. E-mail: rmenezes@ufpe.br, salcedo@elogica.com.br

³ Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais/CCA/UFPB, CEP 58397-000. Areia, PB. Fone: (83) 3362-2300. E-mail: walterufpb@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Os fertilizantes químicos são relativamente pouco utilizados no semiárido apesar de, em geral, os solos serem deficientes em N e P (Sampaio & Salcedo, 1997). A disponibilidade de nutrientes para as culturas depende basicamente da mineralização da matéria orgânica do solo (Fraga & Salcedo, 2004). Sendo assim, a diminuição dos níveis de matéria orgânica é bastante crítica para um ecossistema que passa a maior parte do ano limitado na sua capacidade de fixar C pela falta de água (Sampaio & Salcedo, 1997). A utilização das plantas presentes no semiárido como adubo verde pode ser uma alternativa para o fornecimento de nutrientes, através do processo de decomposição e síntese de substrato para a matéria orgânica do solo (Palm et al., 2001b). Os adubos verdes também podem ser misturados a fertilizantes minerais para melhorar a produtividade das culturas (Vanlauwe et al., 2005).

A intensidade e a velocidade de mineralização de nutrientes das várias fontes de resíduos vegetais variam largamente, tornando difícil fazer previsões sobre esses processos. Isto pode dificultar o uso mais eficiente dos resíduos ou, até mesmo, sua adoção pelos agricultores. A decomposição e a mineralização dos nutrientes dependem principalmente do meio físico, da comunidade de organismos decompositores e da qualidade do material (Vanlauwe et al., 2005; Palm et al., 2001b). Comumente, a qualidade tem sido definida pelo teor de N, pelos tipos e proporções de compostos presentes no material vegetal (Palm et al., 2001b) e por suas relações.

A relação C/N tem sido uma variável de qualidade utilizada há décadas para prever os processos de mineralização. Entretanto, Mafongoya et al. (1998) relatam que nem sempre ela é útil já que não revela como o C e o N estão distribuídos entre os diferentes compostos químicos que constituem os tecidos vegetais (Taylor et al., 1989). Plantas com relação C/N similar podem apresentar dinâmicas de mineralização bastante diferentes (Cabrera et al., 2005). Diversas outras variáveis têm sido pesquisadas a fim de melhor descrever os processos de mineralização, sobretudo com foco na mineralização de N. As variáveis normalmente citadas na literatura são as relações Lignina (L)/N (Constantinides & Fownes, 1994; Cobo et al., 2002), polifenóis (PP)/N (Palm & Sanchez, 1991; Handayanto et al., 1994), (PP+L)/N (Fox et al., 1990; Constantinides & Fownes, 1994; Handayanto et al., 1994; Cobo et al., 2002) e o teor de N (Cobo et al., 2002).

No Brasil, Monteiro et al. (2002) constataram que *Leucaena leucocephala* apresentou baixa mineralização, apesar da relação C/N e dos teores de lignina e de N serem muito próximos aos de *Arachis pintoi*, a espécie que mais mineralizou. Conforme os autores, esses resultados foram devidos aos altos teores e à elevada capacidade dos polifenóis presentes na *Leucaena* de complexarem proteínas. No semiárido do Nordeste Menezes & Salcedo (2007), Mundus et al. (2008) e Peinetti et al. (2008), verificaram mineralização de N nas primeiras semanas após a incorporação de *Gliricidia sepium*, material considerado de alta qualidade enquanto a mineralização de N após incorporação de esterco animal, material de mais baixa qualidade, foi mais lenta. Silva & Menezes (2007) e Silva et al. (2007) observaram comportamentos semelhantes quando compararam a

mineralização de N pelo esterco e pela *Crotalaria juncea*. Diante das poucas informações para a região semiárida sobre a qualidade da grande diversidade de materiais vegetais normalmente encontrados nas propriedades rurais e sua influência sobre os processos de decomposição e mineralização de N, o presente trabalho objetivou analisar plantas quanto aos teores de lignina, polifenóis, macro e micronutrientes e avaliar as relações entre essas variáveis e a mineralização de N após a incorporação de material dessas plantas ao solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta, tratamento e análises dos materiais vegetais

A relação das espécies, local de coleta e parte da planta utilizada se encontram nas Tabelas 1 e 2. Os materiais foram coletados logo após as primeiras chuvas no semiárido. Algumas espécies foram utilizadas inteiras enquanto outras foram separadas em folhas e galhos finos (< 1 cm de diâmetro). As amostras foram secadas ao ar em temperatura de aproximadamente 35 °C e moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. As amostras foram secadas ao ar uma vez que Dzowela et al. (1995) verificaram redução nos teores de polifenóis solúveis em materiais vegetais quando secados em estufa. Subamostras foram digeridas em uma mistura de ácido sulfúrico (H₂SO₄) mais água oxigenada (H₂O₂), para posterior quantificação dos elementos químicos nos extratos de digestão. Os teores de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu foram quantificados por espectrometria de absorção atômica enquanto os de K e Na, por fotometria de chama e o P, por colorimetria (EMBRAPA 1997). O C orgânico total foi determinado via oxidação úmida (Snyder & Trofymow, 1984) e o N total por destilação (Bremner & Mulvaney, 1982). A lignina foi determinada pelo método da

Tabela 1. Espécies utilizadas no estudo

Nome vulgar	Nome científico	Localidade (cidade/estado)
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (SW) D.C.	Taperoá, PB
Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vvell.)	Caruaru, PE
Atriplex	<i>Atriplex</i> spp.	Taperoá, PB
Buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Taperoá, PB
Calumbi preto	<i>Mimosa malacocentra</i> Mart.	Caruaru, PE
Canafístula	<i>Senna spectabilis</i>	Taperoá, PB
Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>	Taperoá, PB
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Taperoá, PB
Cunhã	<i>Crotalaria ternatea</i>	Taperoá, PB
Feijão bravo	<i>Capparis cynophallophora</i> L. -	Taperoá, PB
Feijão rolinha	<i>Macroptilium lathyroides</i> (L) Urb.	Taperoá, PB
Gliricídia	<i>Gliricidia sepium</i>	Taperoá, PB
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir	Taperoá, PB
Leucena	<i>Leucaena</i> spp.	Taperoá, PB
Malva	<i>Sida cordifolia</i> L.	Taperoá, PB
Mamona	<i>Ricinus communis</i> L.	Taperoá, PB
Maniçoba	<i>Mahihot glaziovii</i> Mull	Taperoá, PB
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i> Muell. Arg.	Taperoá, PB
Miguel correia	<i>Acacia glomerosa</i> Benth	Caruaru, PE
Nim	<i>Azadirachta indica</i>	Taperoá, PB
Pega pinto	<i>Boerhaavia coccinea</i> Willd	Taperoá, PB
Quebra panela	-	Esperança, PB
Sabiá	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth	Esperança, PB
Unha de gato	<i>Acacia paniculata</i> Willd.	Caruaru, PE

Tabela 2. Caracterização dos materiais vegetais

Espécie	Parte	L* (%)	PP/N	PP** (%)	C/N	C (%)	N P K Ca Mg Na Fe Mn Zn Cu									
							(g kg ⁻¹)							(mg kg ⁻¹)		
Leucena	Folha	11	1,67	7,83	8	39	46,7	1,8	17,2	16,2	2,6	1,8	607,4	38,9	15,9	4,2
Maniçoba	Folha	8	1,92	7,14	11	41	37,1	2,5	15,0	11,5	4,4	1,1	833,4	31,3	114,7	8,3
Gliricídia	Folha	9	0,64	2,26	11	39	35,3	1,6	18,6	19,9	5,3	2,1	748,7	46,6	10,8	4,2
Algaroba	Folha	16	0,45	1,49	13	42	32,9	1,3	18,2	14,2	3,3	3,2	1229,0	33,8	22,7	8,3
Calumbi Preto	Folha	12	2,10	6,14	14	42	29,2	1,2	11,1	15,4	2,7	1,4	607,4	217,5	19,3	8,3
Unha de Gato	Folha	17	2,22	6,31	16	46	28,3	1,5	6,5	7,6	3,4	0,5	536,8	102,7	5,7	nd
Jurema Preta	Folha	27	4,27	11,54	15	41	27,0	1,2	8,9	11,8	3,6	1,3	2266,4	21,1	10,8	nd
Sabiá	Folha	21	3,86	8,92	19	43	23,1	0,9	6,5	22,8	2,4	1,0	748,7	67,0	2,3	nd
Canafístula	Folha	10	0,94	2,12	17	38	22,4	1,6	15,4	17,9	1,5	2,1	1335,8	13,4	9,1	8,3
Marmeleiro	Folha	12	4,43	9,89	20	44	22,3	2,1	12,3	8,2	4,7	1,7	889,9	209,9	17,6	4,2
Malva	Folha	9	3,96	8,16	18	38	20,6	1,5	11,9	12,9	2,9	2,3	776,9	97,6	44,9	4,2
Angico	Folha	15	3,98	8,08	22	45	20,3	0,8	8,5	14,1	1,6	1,3	833,4	125,7	10,8	4,2
Atriplex	Folha	10	0,39	0,75	17	33	18,8	1,1	11,9	8,2	3,4	5,0	1510,2	18,5	9,1	4,2
Catingueira	Folha	10	3,76	6,06	24	39	16,1	1,5	6,7	18,0	0,9	0,9	1412,6	69,5	14,2	nd
Média		13	2,47	6,19	16,07	41	27,1	1,5	12,0	14,2	3,0	1,8	1024,0	78,1	21,1	4,1
Leucena	Galho	13	1,87	2,90	25	39	15,5	1,5	13,0	4,2	1,7	0,9	113,0	8,3	2,3	nd
Gliricídia	Galho	15	0,39	0,59	28	42	15,1	2,4	12,8	9,4	3,8	1,6	197,8	28,7	34,6	4,2
Canafístula	Galho	16	0,82	1,07	32	41	12,9	1,5	13,2	12,3	0,1	1,4	974,7	5,7	4,0	8,3
Maniçoba	Galho	11	0,42	0,51	37	40	11,9	2,4	12,6	10,2	5,3	0,9	56,5	15,9	39,7	nd
Algaroba	Galho	18	0,99	1,06	36	39	10,7	0,9	3,9	10,7	0,5	2,0	367,3	3,2	15,9	nd
Feijão Bravo	Galho	17	1,45	1,43	43	42	9,8	0,5	12,0	10,3	2,7	1,3	127,1	3,2	0,6	nd
Catingueira	Galho	15	7,22	6,94	42	40	9,6	1,6	2,8	13,9	0,5	0,2	423,8	13,4	29,5	nd
Nim	Galho	17	3,35	3,22	42	40	9,6	2,3	2,2	10,5	4,6	0,2	310,8	15,9	7,4	nd
Jurema Preta	Galho	19	6,92	6,58	43	41	9,5	0,9	6,3	2,6	0,1	0,6	536,8	3,2	2,8	nd
Marmeleiro	Galho	16	4,30	3,66	50	43	8,5	2,3	7,5	8,0	1,6	0,8	113,0	64,4	12,5	nd
Sabiá	Galho	23	4,86	4,09	55	46	8,4	1,1	4,0	13,6	0,7	0,3	211,9	15,9	1,1	4,2
Atriplex	Galho	19	0,35	0,25	64	45	7,0	1,1	2,8	0,4	0,0	5,6	56,5	8,3	1,1	nd
Malva	Galho	11	7,88	4,10	85	44	5,2	0,4	4,3	2,4	0,9	0,5	169,5	120,6	31,2	nd
Capim Elefante	Talo	8	1,34	0,43	12	40	3,2	1,3	14,6	1,2	2,1	1,9	84,8	115,5	22,7	nd
Média		16	3,01	2,63	42	42	9,8	1,4	8,0	7,8	1,8	1,3	267,4	30,2	14,7	1,2
Mamona	Inteira	6	3,16	8,83	14	39	27,9	2,0	13,2	23,1	4,7	1,6	776,9	115,5	34,6	8,3
Miguel Correia	Inteira	19	3,22	8,60	16	42	26,7	1,6	8,5	7,0	2,1	0,7	480,3	192,0	15,9	nd
Quebra-Panela	Inteira	7	0,67	1,47	18	40	21,7	1,2	5,8	17,6	7,1	2,7	1859,2	123,1	14,2	4,2
Pega-Pinto	Inteira	8	0,81	1,68	17	36	20,7	2,3	10,9	34,8	5,2	3,8	3022,5	72,1	9,1	8,3
Cunhã	Inteira	14	0,68	1,42	21	44	20,7	1,7	15,6	7,3	4,7	1,8	1626,6	36,4	7,4	12,5
Feijão de Rolinha	Inteira	20	1,45	2,23	25	39	15,3	1,1	11,0	9,9	1,7	1,2	1045,3	41,5	12,5	nd
Buffel	Inteira	9	0,89	1,06	34	40	11,8	1,3	20,1	6,3	3,9	2,2	1257,2	36,4	2,3	8,3
Média		12	1,55	3,61	21	40	20,7	1,6	12,2	15,1	4,2	2,0	1438,2	88,1	13,7	5,9

* L - Lignina; PP - polifenóis

fibra em detergente ácido (FDA) utilizando-se o Ankom (van Soest, 1963). Os polifenóis solúveis totais foram extraídos em etanol a 50% e ± 80 °C, sendo quantificados utilizando-se 0,5 mL da amostra, 10 mL de água, 1,25 mL do reagente de Folin-Denis e 5 mL de carbonato de sódio a 17%, em um balão volumétrico de 25 mL (Anderson & Ingram, 1993).

Mineralização líquida de N

Material de solo classificado como Neossolo Regolítico, coletado na profundidade de 0-20 cm, no município de Esperança, PB, foi usado em ensaios de incubação. As amostras foram secadas ao ar, misturadas e passadas em peneira de 2 mm para obtenção da terra fina secada ao ar (TFSA). A TFSA apresentou as seguintes características físicas e químicas: 830, 110 e 60 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente; densidade aparente igual a 1,53 g cm⁻³; N e C totais iguais a 0,41 e 4,38 g kg⁻¹; pH em água (1:2,5) de 6,4; N mineral com extrator KCl 1 mol L⁻¹ (N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺) e P-Mehlich-1 iguais a 6,77 e 11,5 mg Kg⁻¹; e K, Ca e Mg iguais a 0,38, 1,5 e 0,42 cmol_c Kg⁻¹, respectivamente. Textura, densidade aparente, pH, P, K, Ca e Mg foram determinados segundo a EMBRAPA (1997); o N

total por destilação (Bremner & Mulvaney, 1982); o C total via oxidação úmida (Snyder & Trofymow, 1984) e o N mineral por colorimetria (Mendonça & Matos, 2005).

Para a incubação, 50g da TFSA foram pesados em copos de plástico de 100 ml. Os materiais vegetais foram misturados ao solo em uma dose equivalente a 5 t ha⁻¹ (110 mg por copo) de matéria seca em que cada material vegetal, ou suas partes, foi considerado um tratamento. Após a incorporação do material vegetal o solo foi umedecido a 40% do volume de poros e a umidade corrigida a cada dois dias. As fórmulas dos cálculos para se obter 40% do volume de poros ocupados por água se encontram em Elliot et al. (1999). Os copos plásticos receberam tampas com três orifícios feitos com uma agulha, para permitir as trocas gasosas. Visando ao cálculo da mineralização líquida do N, adicionou-se um tratamento controle, solo sem aplicação de material vegetal. Devido ao grande número de tratamentos (35 tratamentos), os materiais foram divididos em dois grupos e em seguida incubados em períodos subsequentes. As incubações foram realizadas em laboratório, em temperatura de aproximadamente 25 °C, durante 28 dias. Foram feitas amostragens aos 3, 7, 14 e 28 dias e, em cada data, três repetições

de cada tratamento foram amostradas de forma destrutiva. Duas subamostras foram retiradas de cada copo em cada data de amostragem. A primeira subamostra foi utilizada para extração do N mineral e outra para determinação da umidade do solo. A umidade determinada em cada amostra foi empregada para posterior correção da massa utilizada na extração do N mineral. A mineralização do N foi calculada como: $N \text{ mineralizado (\%)} = 100 \times (N \text{ mineral no solo tratado} - N \text{ mineral no solo controle}) / N \text{ adicionado no solo tratado}$.

Análises estatísticas

Realizou-se uma análise multivariada, na qual as variáveis referentes à qualidade dos materiais vegetais foram agrupadas em componentes principais, através de combinações lineares dessas variáveis. Calcularam-se os escores para os componentes principais e, com base nestes, os materiais foram submetidos a uma análise de agrupamento (Mingoti, 2005). Foram feitas correlações de Pearson entre o N mineralizado aos 3 e 28 dias e as variáveis de qualidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais apresentaram ampla variação em relação a; L, PP, C/N, L/N, PP/N, L+PP/N, teores de macro e micronutrientes (Tabela 2). Esta variação se deve, em parte, ao fato dos materiais provirem de diferentes espécies e por terem sido utilizados tanto folhas quanto galhos. Em geral, as folhas tiveram os maiores teores de macro e micronutrientes. Isto se deve ao fato delas terem elevadas concentrações de clorofila e outras moléculas nas quais os macronutrientes são constituintes e ainda por terem intensas atividades enzimáticas nas quais os micronutrientes são fundamentais (Kirkby & Römheld, 2007). Considerando as três principais variáveis de qualidade, as folhas apresentaram teores de N de 16,1 a 46,7 g kg⁻¹, de lignina de 8 a 27% e de polifenóis de 0,75 a 11,54%. Os galhos tiveram variação de 3,2 a 15,5 g kg⁻¹ de N, de 8 a 23% de L e de 0,25 a 6,94% de PP, enquanto as plantas que foram analisadas inteiras apresentaram variação de 11,8 a 27,9 g kg⁻¹, 6 a 20% e 1,06 a 8,83% para o N, L e PP, respectivamente.

De acordo com alguns autores (Palm & Sanchez, 1991; Aita & Giacomini, 2003; Vanlauwe et al., 2005), a relação L/N se correlaciona negativamente com a mineralização de N. Palm & Sanchez (1991) observaram baixa correlação ($r = -0,53$, $p > 0,09$) entre o N mineralizado e a relação L/N em um experimento de incubação de 56 dias e atribuíram o resultado ao fato da lignina ser uma variável que influencia a mineralização de N porém a longo prazo. Resultados próximos aos dos autores acima citados foram observados neste estudo. Os resultados obtidos por Cobo et al. (2002) confirmam a importância da lignina como

variável que influencia a disponibilidade do N a longo prazo, uma vez que referidos autores acompanharam a decomposição e liberação de nutrientes a campo utilizando bolsas de decomposição pelo período de 140 dias, ou seja, maior do que o utilizado por Palm & Sanchez (1991), e observaram que a relação L/N apresentou elevada e significativa correlação ($r = -0,70$, $p < 0,05$) com a liberação de N. Ressalta-se que todas as variáveis utilizadas no presente estudo apresentaram baixa correlação com o N mineralizado na primeira data de amostragem (3 dias), sugerindo que quando se considera um período muito curto essas variáveis não são boas indicadoras do processo de mineralização do N (Tabela 3).

As relações PP/N e PP+L/N, segundo Palm & Sanchez (1991) e Fox et al. (1990), mostraram-se adequadas, respectivamente, para descrever o processo de mineralização de N. Entretanto, no presente trabalho apenas a relação PP/N mostrou comportamento bem definido, resultado verificado com o uso da análise de componentes principais, que será discutido mais adiante. Vale destacar que Palm & Sanchez (1991) e Fox et al. (1990) utilizaram apenas resíduos de leguminosas o que, de certa forma, reduz um pouco o nível de complexidade do processo de mineralização de N, visto que, em sua maioria, esses possuam elevados teores de N e baixos de lignina e polifenóis.

Com o objetivo de agrupar os materiais vegetais utilizando apenas as variáveis de qualidade a fim de identificar a existência de alguma relação entre esses grupos e o processo de mineralização de N, utilizou-se análise de componentes principais. Na Tabela 4 se encontra a percentagem da variância total explicada por cada componente principal sendo que, com os dois primeiros componentes principais, foi possível explicar 81% da variância total. Quando os componentes principais explicam no mínimo 70% da variância total, não se recomenda utilizar componentes principais adicionais (Mingoti, 2005; Guedes et al., 2006).

Tabela 4. Autovalores e proporção da variância total explicada pelos dois componentes principais originados das sete variáveis referentes à qualidade dos materiais vegetais

Componente	Autovalor	% da variância total	% acumulada
1	3,925590	56,08	56,08
2	1,776851	25,38	81,46

Os autovetores que representam o peso de cada variável em cada componente principal se encontram na Tabela 5. As variáveis de maior peso no componente principal 1 foram a relação C/N, L/N e L+PP/N, com o N relacionando-se de forma negativa enquanto no componente principal 2 foram os PP e a relação PP/N (Tabela 5). A importância de uma variável em um

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre N mineralizado 3 e 28 dias após a aplicação dos materiais ao solo, e as variáveis de qualidade dos materiais vegetais

		L* (%)	PP** (%)	N (%)	C/N	L/N	PP/N	PP+L/N
3 dias	R	0,02	-0,11	0,19	-0,10	-0,32	-0,29	-0,36
	p	(0,43)	(0,25)	(0,12)	(0,27)	(0,02)	(0,04)	(0,01)
28 dias	R	-0,13	0,02	0,46	-0,19	-0,46	-0,21	-0,46
	p	(0,22)	(0,43)	(0,00)	(0,13)	(0,00)	(0,10)	(0,00)

* L - Lignina; PP - polifenóis

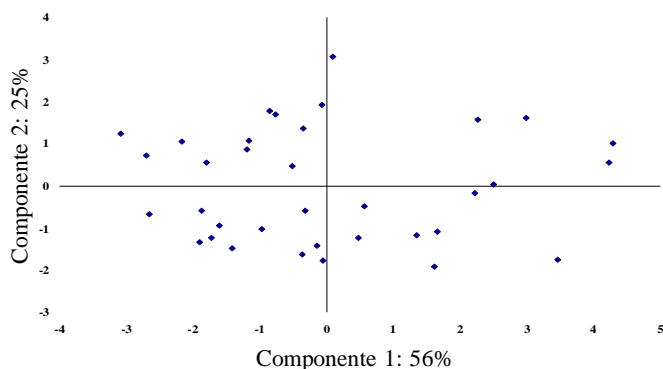
Tabela 5. Autovetores associados às variáveis de qualidade dos materiais vegetais durante a definição dos componentes principais

	L*	PP**	N	C/N	L/N	PP/N	PP+L/N
	Autovetores						
CP1	0,260675	-0,08087	-0,42681	0,444517	0,481502	0,267613	0,492221
CP2	0,279879	0,724413	0,262450	-0,08027	-0,09183	0,556560	0,058113

* L - Lignina; PP - polifenóis

componente principal diminui no seguinte e vice-versa. Como o primeiro componente principal é sempre o mais importante (Guedes et al., 2006), suas variáveis com maiores pesos refletem a importância do N e a influência das diferentes formas de C na sua disponibilidade. Como variável isolada o N tem sinal negativo visto que, quando relacionada com a fonte de carbono, aparece no denominador (C/N, L/N e L+PP/N). Por outro lado, o segundo componente principal mostra a importância dos polifenóis e da relação PP/N.

Para a análise por agrupamento calculou-se a combinação linear do produto dos autovetores pelos valores de cada variável, para cada material (Figura 1). Analisando o eixo 1, referente ao primeiro componente principal, do lado direito da linha vertical se encontram os grupos 1 e 3, nos quais a variável N apresentou-se com baixos valores, ao contrário das relações C/N, PP+L/N e L/N, as quais apresentaram valores elevados. Por outro lado, os grupos 2 e 4, que ficaram do lado esquerdo da linha vertical, mostraram o oposto, ou seja, valores elevados de N e baixos das relações C/N, PP+L/N e L/N. Considerando o eixo 2, que contém o segundo componente principal, os grupos 3 e 4 ficaram acima da linha horizontal em virtude de apresentarem valores elevados de PP e PP/N, enquanto em razão de, abaixo da linha horizontal ficaram os grupos 1 e 2, por apresentarem baixos valores dessas variáveis.

**Figura 1.** Projeções dos dois componentes principais retidos na análise das sete variáveis de qualidade, com as variações explicadas por cada componente

A percentagem do N adicionado que foi mineralizado ou imobilizado após 28 dias de incubação, referente a cada material, encontra-se na Tabela 6. Verifica-se que o grupo de materiais 3 que apresentaram baixos teores de N (<1%) e altos teores de polifenóis (>4%), foi formado apenas por galhos e todos causaram imobilização de N. A lignina também apresentou-se elevada (>15%), exceto para os galhos de *Sida cordifolia* (11%) e *Caesalpinia pyramidalis* (15%). Com exceção desses dois últimos valores de lignina, o resultado do grupo 3 encontra-se em concordância com Palm et al. (2001a), uma vez que esses

autores observaram que materiais orgânicos com o teor de N menor que 2,5% e polifenóis e lignina maiores que 4 e 15%, respectivamente, causam imobilização de N no solo. Outro resultado interessante é que todos os materiais do grupo 3 que apresentaram relação PP/N maior do que 5 foram imobilizados, o que não foi observado nos demais grupos (Tabela 6).

Tabela 6. Agrupamento dos materiais vegetais e a % do N mineralizado (positivo) ou imobilizado (negativo) 28 dias após aplicação ao solo*

Grupos	Espécie	Parte	% do N mineralizado ou imobilizado aos 28 dias
1	Algaroba	Galho	1,47
	Atriplex	Galho	6,67
	Capim elefante talo	Talo	-88,86
	Feijão bravo	Galho	-8,74
	Feijão rolinha	Inteiro	-20,57
	Marmeleiro	Galho	12,24
	Nim	Galho	-0,14
2	Algaroba	Folha	37,34
	Atriplex	Folha	98,72
	Buffel	Inteiro	-27,07
	Canafistula	Folha	2,59
	Canafistula	Galho	-31,50
	Cunhã	Inteiro	-8,45
	Gliricídia	Folha	48,59
	Gliricídia	Galho	12,17
	Leucena	Galho	71,90
	Maniçoba	Galho	31,50
Pega pinto	Inteiro	15,29	
Quebra panela	Inteiro	19,24	
3	Catingueira	Galho	-12,61
	Jurema preta	Galho	-13,52
	Malva	Galho	-27,54
	Sabiá	Galho	-13,94
4	Angico	Folha	-17,00
	Calumbi preto	Folha	16,66
	Catingueira	Folha	-17,30
	Jurema preta	Folha	31,11
	Leucena	Folha	43,18
	Malva	Folha	-7,95
	Mamona	Inteira	27,30
	Maniçoba	Folha	14,00
	Marmeleiro	Folha	24,79
	Miguel corréia	Folha	-4,50
	Sabiá	Folha	-5,65
Unha de gato	Folha	-5,48	

* Os grupos foram definidos após a utilização das variáveis de qualidade em uma análise de componentes principais, na qual foram gerados os escores através dos quais se realizou o agrupamento

A interferência dos compostos fenólicos sobre o processo de mineralização de N se dá pelo fato dos polifenóis formarem estruturas complexas através de ligações estáveis (pontes de hidrogênio, ligações covalentes, entre outras) com grupos

nitrogenados (grupos amino, por exemplo), deixando os materiais resistentes à decomposição. Outra interação importante entre compostos fenólicos e o N é a sua ligação com o nitrito (NO_2^-), resultando na incorporação do N em frações mais recalcitrantes da matéria orgânica do solo diminuindo, assim, sua biodisponibilidade. Embora a concentração de nitrito seja baixa no solo, ele é formado durante o processo de nitrificação; logo, esta ligação causa uma imobilização do N inorgânico no solo (Palm & Sanchez, 1991). Entretanto, tal ligação assume maior importância em condições de solo ácido, o que não é o caso do presente estudo. Compostos fenólicos podem também ser capazes de afetar a composição e a atividade dos micro-organismos decompositores do solo, influenciando diretamente na mineralização dos nutrientes (Hättenschwiler & Vitousek, 2000).

O grupo 4 foi formado basicamente por folhas, ao contrário, no entanto, do grupo 3, em que esses materiais tanto mineralizaram como imobilizaram. No geral, os materiais do grupo 4 tiveram elevados teores de polifenóis (~6%) e N (~2%), exceto as folhas da *Caesalpinia pyramidalis* que apresentaram conteúdo de N de 1,61%. No caso das folhas das *Leucaena*, o elevado teor de N (4,6%) foi importante para que ocorresse mineralização do N apesar do alto conteúdo de polifenóis. No presente trabalho também se constata a influência da qualidade dos polifenóis sobre a disponibilidade do N, quando se observa que as folhas da *Mimosa tenuiflora* e da *Acacia glomerosa* apresentaram altos valores de lignina (>15%) e próximos de N, enquanto o teor de polifenóis nas folhas de *M. tenuiflora* foi 3% a mais do que nas folhas de *A. glomerosa*. Apesar disto, as folhas de *M. tenuiflora* mineralizaram N, enquanto as de *A. glomerosa* o imobilizaram. Vale destacar que o efeito da qualidade dos polifenóis sobre a disponibilidade de N tem sido ressaltado por outros autores (Palm & Sanchez, 1991; Monteiro et al., 2002). Segundo Monteiro et al. (2002), a *Leucaena* apresentou valor de polifenóis solúveis superior ao resíduo de *Desmodium ovalifolium*, mesmo que os polifenóis presentes nesses materiais tenham apresentado valores de complexação de proteínas próximos, o que sugere baixa reatividade dos polifenóis presentes no resíduo na *Leucaena spp.*

Em relação à qualidade dos polifenóis os vegetais possuem a capacidade de produzir diferentes grupos de compostos fenólicos. De acordo com Hättenschwiler & Vitousek (2000), entre os polifenóis produzidos pelos vegetais os de baixo peso molecular são de ocorrência universal nas plantas superiores, enquanto os de alto peso molecular, também chamados taninos condensados, são muito mais abundantes em plantas lenhosas e normalmente ausentes em plantas herbáceas. Os taninos hidrolisáveis têm ocorrência mais restrita do que os de alto peso molecular, sendo encontrados somente em 15 a 40 ordens de dicotiledôneas. Ainda segundo Hättenschwiler & Vitousek (2000), em estudo com polifenóis a determinação do teor total tem sido não só a mais usada mas também de boa aceitação no meio científico, fato que reforça um pouco as ressalvas feitas sobre os resultados encontrados no presente trabalho, já que este utilizou um método que quantifica somente o teor total de polifenóis.

O grupo 1 foi formado, em sua maioria, por galhos das espécies estudadas, cuja exceção diz respeito ao talo do *Pennisetum purpureum* e ao *Macroptilium lathyroides* inteiro. Ao observar o N mineralizado de cada componente deste grupo, observa-se que aproximadamente metade mineralizou e a outra o imobilizou. Este grupo apresentou baixos teores de polifenóis e N. O talo do *Pennisetum purpureum* apesar de apresentar pouco N, baixos teores de lignina e polifenóis, causou imobilização de 88% do N adicionado. Este resultado foi atribuído ao baixo conteúdo de N, já que este material apresentou o menor conteúdo de N dentre todos os materiais coletados para o estudo. Um fato interessante e que vale a pena ser destacado é que todos os materiais que apresentam relação PP/N menor que 0,5, apresentaram mineralização, independente do grupo em que foram inseridos. Palm & Sanchez (1991) observaram resultados semelhantes ao trabalharem com leguminosas.

O grupo de 2 mostrou-se o mais heterogêneo, formado por galhos, folhas e plantas inteiras. Como observado para os grupos 4 e 1, os materiais do grupo 2 tanto imobilizaram quanto mineralizaram; no entanto, mais materiais mineralizaram do que imobilizaram. Neste grupo os materiais tiveram baixos teores de compostos fenólicos e teores medianos de N, com exceção de materiais como folhas das *Prosopis juliflora*, *Senna spectabilis*, *Gliricidia sepium* e das plantas inteiras de *Clitoria ternatea*, *Boerhaavia coccinea* e quebra panela, que tiveram teores relativamente altos de N. Neste grupo se encontra a folha da *Gliricidia sepium*, material que mineralizou 48% do N adicionado. De certa forma, a alta mineralização deste material era esperada uma vez que estudos têm comprovado que a *Gliricidia* é um material de alta qualidade, ou seja, elevado teor de N e baixos de lignina e polifenóis. Menezes & Salcedo (2007) também verificaram a alta labilidade deste material. Outro ponto que vale ser destacado é que a análise de componentes principais mostrou a importância do N e dos polifenóis na formação dos grupos; entretanto, quando se buscou relacionar a formação desses grupos com a disponibilidade do N, apenas a formação do grupo 3 mostrou-se coerente.

A fim de se obter informações de caráter mais prático, apesar das limitações do presente estudo, construiu-se o gráfico apresentado na Figura 2. Com este gráfico é fácil visualizar os materiais que, ao final do vigésimo oitavo dia, mineralizaram ou imobilizaram N. Sendo assim, observa-se que materiais como as folhas de *Mimosa tenuiflora*, *Prosopis juliflora*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena ssp* e *Atriplex spp*, poderiam ser incorporados diretamente ao solo visto que apresentaram rápida mineralização de N. Por outro lado, materiais como o talo do *Pennisetum purpureum*, o capim *Cenchrus ciliaris* e os galhos de *Senna sectabilis*, *Sida cordifolia*, não deveriam ser incorporados diretamente ao solo pelo fato de terem causado imobilização de N do solo. Tais materiais deveriam ser aplicados como cobertura morta ou utilizados em práticas, como a compostagem, a fim de não prejudicarem o desenvolvimento das culturas agrícolas.

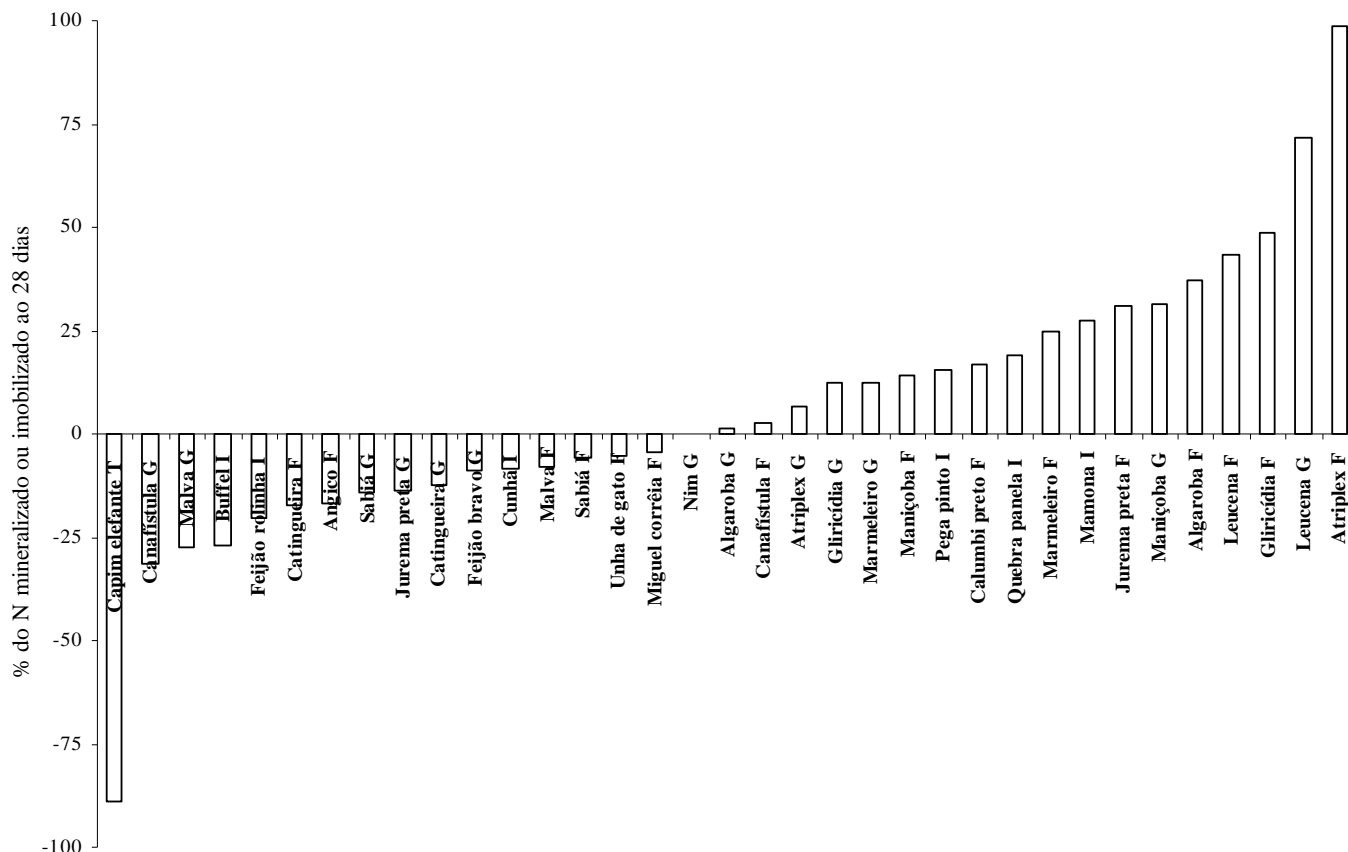


Figura 2. Percentagem de N mineralizado ou imobilizado por diferentes tipos de materiais vegetais após 28 dias de incubação em solo

CONCLUSÕES

1. Com base nas variáveis de qualidade, o agrupamento dos materiais não foi capaz de identificar, de forma inequívoca, o potencial efeito dos materiais sobre a disponibilidade de N do solo após sua incorporação.

2. Materiais com relações PP/N abaixo de 0,5 provocaram mineralização líquida de N, enquanto materiais com relações PP/N acima de 5 provocaram sua imobilização.

3. Materiais como a *Ricinus communis*, *Gliricidia sepium*, *Atriplex spp* e *Leucaena spp*, podem ser aplicados diretamente ao solo enquanto o colmo do *Pennisetum purpureum*, o *Cenchrus ciliaris*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Sida cordifolia* devem ser aplicados ao solo, preferencialmente, em superfície.

LITERATURA CITADA

- Aita, C.; Giacomini, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.601-612. 2003.
- Anderson, J. M.; Ingram, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. Second edition. Wallingford: CAB International. 1993. 221p.
- Bremner, J. M.; Mulvaney, C. S. Nitrogen-total. In: Page, A. L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R. (eds). *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Part. 2.* Madison: ASA-SSSA, p.595-624. 1982. *Agronomy Monograph*, 9
- Cabrera, M. L.; Kissel, D. E.; Vigil, M. F. Nitrogen mineralization from organic residues: research opportunities. *Journal Environment Quality*, v.34, p.75-79, 2005.
- Cobo, J. G.; Barrios, E.; Kass, D. C. L.; Thomas, R. J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*, v.240, p.331-342, 2002.
- Constantinides, M.; Fownes, J. H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry*, v.26, p.49-55, 1994.
- Dzowela, B. H.; Hove, L.; Mafongoya, P. L. Effect of drying method on chemical composition and *in vitro* digestibility of multi-purpose tree and shrub fodders. *Tropical Grasslands*, v.29, p.263-269. 1995.
- Elliot, E. T.; Heil, J. W.; Kelly, E. F.; Monger, H. C. Soil structural and other physical properties. In: Robertson, G. P.; Coleman, D. C.; Bledsoe, C. S.; Sollins, P. *Standard soil methods for long-term ecological research.* New York: Oxford University Press. 1999. chap.1. p.74-85.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solo.* 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de pesquisa de Solos. 1997. 212p
- Fox, R. H.; Myers, R. J. K.; Vallis, I. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. *Plant and Soil*, v.129, p.251-259, 1990.

- Fraga, V. S.; Salcedo, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society America Journal*, v.68, p.215-224, 2004.
- Guedes, M. C.; Andrade, C. A.; Poggiani, F.; Mattiazzo, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição de eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.267-280, 2006.
- Handayanto, E.; Cadisch, G.; Giller, K. E. Nitrogen release from prunings of legume hergerow trees in relation to quality of the prunings and incubation method. *Plant and Soil*, v.160, p.237-248, 1994.
- Hättenschwiler, S.; Vitousek, P. M. The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling. *Tree*, v.15, p.238-243, 2000.
- Kirkby, E. A.; Römheld, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: Funções, absorção e mobilidade. IPNI. *Informações Agronômicas*, n.118/junho, 2007.
- Mafongoya, P. L.; Giller, K. E.; Palm, C. A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry Systems*, v.38, p.77-97, 1998.
- Mendonça, E. S.; Matos, E. S. *Matéria orgânica do solo: Métodos de análises*. Viçosa: UFV, 2005. 107p.
- Menezes, R. S. C.; Salcedo, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um neossolo Regolítico cultivado com milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.361-367, 2007.
- Mingoti, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: Uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.
- Monteiro, H. C. F.; Cantarutti, R. B.; Nascimento Junior, D. do; Regazzi, A. J.; Fonseca, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, p.1092-1102, 2002.
- Mundus, S.; Menezes, R. S. C.; Neergaard, A.; Garrido, M. S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricidia in semi-arid NE Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.82, p.61-73, 2008.
- Palm, C. A.; Catherine, N.; Gachengo, Delve, R. J.; Cadisch, G.; Giller, K. E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: Application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.83, p.27-42, 2001a.
- Palm, C. A.; Giller, K. E.; Mafongoya, P. L.; Swift, M. J. Management of organic in the tropics: Translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, v.61, p.63-75, 2001b.
- Palm, C. A.; Sanchez, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical leguminous trees as affected by their lignin and polyphenol contents. *Soil Biology and Biochemistry*, v.23, p.83-88, 1991.
- Peinetti, H. R.; Menezes, R. S. C.; Tiessen, H.; Marin, A. M. P. Simulating plant productivity under different organic fertilization practices in a maize/native pasture rotation system in semi-arid NE Brazil. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.62, p.204-222, 2008.
- Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: Região semi-árida. *Simpósio Diretrizes para o Manejo Sustentável dos Solos Brasileiros*, 26, 1997, Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro. *Anais.... Rio de Janeiro: SBCS*, 1997. CD-Rom
- Silva, T. O.; Menezes, R. S. C. Adubação orgânica da Batata com esterco e, ou *Crotalaria juncea*. II. Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.51-61, 2007.
- Silva, T. O.; Menezes, R. S. C.; Tiessen, H.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H. Adubação orgânica da Batata com esterco e, ou *Crotalaria juncea*. I. Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.39-49, 2007.
- Snyder, J. D.; Trofymow, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.15, p.587-597, 1984.
- Taylor, B. R.; Parkinson, D.; Parsons, W. F. J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: A microcosm test. *Ecology*, v.70, p.97-104, 1989.
- Valauwe, B.; Gachengo, K.; Shepherd, E.; Barrios, G.; Cadisch, G.; Palm, C.A. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management. *Soil Science Society of America Journal*, v.69, p.1135-1145, 2005.
- van Soest, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, v.46, p.829-835, 1963.