

# DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA E LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NUMA ROTAÇÃO AVEIA-SOJA SOB PLANTIO DIRETO<sup>1</sup>

CELINA WISNIEWSKI<sup>2</sup> e GUILHERME PIMENTEL HOLTZ<sup>3</sup>

**RESUMO** - O objetivo do trabalho foi estudar a dinâmica da decomposição da palhada e da liberação de N e P durante o ciclo das culturas da aveia-preta (*Avena strigosa*) e da soja (*Glycine max*) em rotação, sob plantio direto. Monitorou-se, periodicamente, durante 370 dias, a perda de peso e teores de C, N e P da palhada de milho e de aveia-preta, numa rotação aveia-soja, em plantio direto, em um Latossolo Vermelho-Escuro, no Campo Demonstrativo e Experimental Batavo em Carambei, PR. A palhada de milho decompôs-se mais lentamente, perdendo 49% de peso em 149 dias, devido à sua mais alta relação C/N (43:1), à distribuição mais heterogênea e à maior quantidade de resíduo inicial (9,8 contra 6,8 t.ha<sup>-1</sup>). A palhada de aveia-preta perdeu 71% de peso em 179 dias. Os teores médios de C e de N da palhada do milho foram 428 e 10 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente e 415 e 17 g.kg<sup>-1</sup> na palhada da aveia-preta. Os teores de P decresceram, no período, de 1,2 para 0,9 g.kg<sup>-1</sup> no milho e de 1,6 para 1,0 g.kg<sup>-1</sup> na aveia-preta. Na palhada do milho estimou-se uma mineralização de 48% do C, 51% do N e 77% do P. Na palhada da aveia-preta 71% do C, 75% do N e 85% do P foram mineralizados. A relação carbono/fósforo média da palhada do milho foi superior (470:1) à da aveia-preta (319:1).

**Termos de indexação:** *Avena strigosa*, *Zea mays*, relação carbono/nitrogênio, relação carbono/fósforo, palhada de milho, palhada de aveia-preta, Latossolo Vermelho-Escuro.

## DECOMPOSITION OF MULCHING AND RELEASE OF NITROGEN AND PHOSPHORUS IN A SAND OAT-SOYBEAN ROTATION UNDER NO-TILLAGE

**ABSTRACT** - This paper aimed to study the dynamics of corn (*Zea mays*) and sand oat (*Avena strigosa* L.) mulchings and of N and P release during a sand oat/soybean (*Glycine max* Merrill) rotation under no-tillage. Weight loss and C, N and P content of corn and sand oat mulchings were periodically monitored during 370 days in a sand oat/soybean rotation under no-tillage, on an Oxisol, typic Haplustox soil at the Batavo Demonstration and Experiment Field in Carambei, PR, Brazil. The corn mulching decomposed more slowly, losing 49% of weight in 149 days, due to its higher C/N ratio (43:1), to a more heterogenous distribution and to the greater quantity of initial residue (9.8 vs. 6.8 t.ha<sup>-1</sup>). The sand oat mulching lost 71% of weight in 179 days. The average contents of C and of N in the corn mulching were 428 and 10 g.kg<sup>-1</sup>, respectively, and 415 and 17 g.kg<sup>-1</sup> in sand oat mulching. The contents of P decreased in the period from 1.2 to 0.9 g.kg<sup>-1</sup> in the corn and from 1.6 to 1.0 g.kg<sup>-1</sup> in the sand oat. A mineralization of 48% of the C, 51% of the N and 77% of the P was estimated. In the sand oat mulching, 71% of the C, 75% of the N and 85% of the P were mineralized. The average carbon/phosphorus ratio of corn mulching was superior (470:1) to that of the sand oat (319:1).

**Index terms:** green manures, *Avena strigosa*, *Zea mays*, *Glycine max*, C/N ratio, C/P ratio, Oxisol.

## INTRODUÇÃO

O plantio direto, em relação à ciclagem biológica, tende à máxima conservação de nutrientes em um agroecossistema. O não-revolvimento do solo e a manutenção da palhada reduzem as perdas de nutrientes. A decomposição da palhada é uma variável importante neste processo, e é fundamental o conhecimento de sua dinâmica. Os estudos de decompo-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 11 de março de 1997.

Extraído da Dissertação de Mestrado do último autor, apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração Ciência do Solo, UFPR.

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup> Florestal, Dr<sup>a</sup>, Dep. Solos, UFPR, Rua dos Funcionários, 1540, Cabral, CEP 80035-050 Curitiba, PR. E-mail: cewisni@agrarias.ufpr.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., aluno do curso de Doutorado, University of Hawaii at Manoa. G. Donald Sherman Laboratory, 1910, East West Road, Honolulu, Hawaii - 96822.

sição em geral são feitos mediante a incubação do material vegetal com solo, em laboratório ou no campo; a taxa de decomposição é estimada pela perda de peso, pela perda de carbono como CO<sub>2</sub>, ou com C e N marcados.

Apesar dos microrganismos serem os principais agentes do processo de decomposição, outros fatores, como o vento, o uso do solo pela fauna a fragmentação física (Douglas Junior et al., 1980) e a lixiviação (Christensen, 1986), são também causadores das perdas de massa dos resíduos vegetais.

A maioria dos fatores ambientais que afetam a decomposição de resíduos orgânicos estão relacionados à sua ação sobre a atividade dos microrganismos decompositores. São eles: a temperatura (Jenkinson, 1965; Campbell et al., 1981), a umidade (Rannels & Waggoner, 1992), o teor de matéria orgânica do solo (Doran, 1980; Dick, 1983), a localização (Parker & Larson, 1962; Smith & Sharpley, 1990) e a quantidade de material adicionado (Brown & Dickey, 1970).

Também exercem influência na decomposição e na mineralização de N e P as características químicas do resíduo vegetal, como: a relação C/N (Vigil & Kissel, 1988; Cantarella et al., 1992), o teor de N (Frankenberger Junior & Abdelmagid, 1985; Janzen & Kucey, 1988), os teores de lignina e polifenóis (Mason, 1980; Fox et al., 1990; Palm & Sanchez, 1991), o teor de P e a relação C/P (Fuller et al., 1956; Cosgrove, 1967) do material.

Poucos estudos envolvendo a perda de massa e a liberação de nutrientes através da decomposição de resíduos no sistema de plantio direto, nas nossas condições climáticas, foram, até agora, desenvolvidos, menos ainda em condições de campo e durante um período de tempo longo.

O objetivo do trabalho foi estudar a dinâmica da decomposição da palhada e da liberação de N e P durante o ciclo das culturas da aveia-preta (*Avena strigosa*) e da soja (*Glycine max*) em rotação, sob plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Demonstrativo e Experimental da Cooperativa Agropecuária Batavo

(Carambei, PR), a 25° 20' de latitude sul e 50° 20' de longitude oeste, num Latossolo Vermelho-Escuro, A moderado, distrófico (Embrapa, 1979). O clima da região foi classificado segundo Köppen (Godoy et al., 1976), como do tipo Cfb.

A área está sob plantio direto desde 1989, e recebeu calagem para a obtenção de saturação de bases de 70% e adubação fosfatada para atingir 30 ppm de P somente na época da instalação do experimento. Após a colheita do milho, seus resíduos foram manejados com roçadeira, e em seguida foi feita semeadura da aveia-preta (28.04.93), cortada com rolo-faca, na fase de grão leitoso, aos 162 dias. A soja foi semeada em 29.10.93, e recebeu 100 kg.ha<sup>-1</sup> de KCl no plantio.

Em cada parcela e em cada época de amostragem, foram coletadas ao acaso quatro amostras circulares da palhada com 0,24 m de diâmetro (0,05 m<sup>2</sup>). O material foi lavado em água corrente e deionizada, e colocado para secar em estufa a 65°C, até peso constante. As épocas de amostragem ao longo dos ciclos das culturas podem ser vistas na Tabela 1.

Após a secagem, a palhada foi triturada em moinho tipo Wiley com peneira de malha de 40 mesh, e depois pesada e analisada quanto aos seguintes elementos: C total, por Walkley & Black modificado (Tedesco et al., 1985), N total, por Kjeldahl, e P total, pelo método do fósforo-cor-amarela (Hildebrand, 1976). A decomposição e mineralização do C, N e P foi estimada pela perda de peso da palhada e pelo monitoramento periódico dos teores destes elementos.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com três repetições, e as épocas de amostragem constituíram os tratamentos. Foram aplicados os testes de Bartlett, para verificação da homogeneidade das variâncias, e o de Tukey, para a comparação das médias dos tratamentos, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A expressão "palhada de milho durante o ciclo da aveia-preta" refere-se à palhada encontrada sobre o solo durante as sete primeiras épocas de amostragem (do 1º ao 149º dia), constituída de, aproximadamente, 95% de resíduos de milho. A expressão "palhada da aveia-preta durante o ciclo da soja" refere-se à palhada sobre o solo nas demais épocas de amostragem (191 aos 370 dias) constituída de restos de aveia-preta, milho, e, no final do ciclo da soja, também de resíduos desta cultura.

TABELA 1. Calendário das atividades, idade e fases das culturas da aveia-preta e da soja.

Data	Atividade	Dias acumulados	Dias de intervalo	Idade em dias	Fase da cultura
Abril/1993	Colheita do milho/corte da palhada				
07/04/93	1ª amostragem	0	0		
28/04/93	Plantio da aveia-preta	21		0	
30/04/93	2ª amostragem	23	23	2	Germinação
17/05/93	3ª amostragem	40	17	19	Cresc. vegetativo
11/06/93	4ª amostragem	65	25	44	Cresc. vegetativo
05/07/93	5ª amostragem	89	24	68	Cresc. vegetativo
19/07/93	6ª amostragem	103	14	82	Pré-florescimento
03/09/93	7ª amostragem	149	46	128	Floração
07/10/93	Corte e acamamento da aveia-preta	183		162	Grão leitoso
15/10/93	8ª amostragem	191	42		-
29/10/93	9ª amostragem e plantio da soja	205	14	0	-
12/11/93	10ª amostragem	219	14	14	Cresc. vegetativo
03/12/93	11ª amostragem	240	21	35	Cresc. vegetativo
16/12/93	12ª amostragem	253	13	48	Pré-florescimento
11/02/94	13ª amostragem	310	57	105	Ench. grãos
10/03/94	14ª amostragem	337	27	132	Ench. grãos
12/04/94	15ª amostragem	370	33	165	Ench. grãos

Houve uma perda média de 49% do peso da palhada de milho durante os 149 dias do ciclo da aveia-preta, e uma redução de 71% do peso da palhada da aveia-preta durante o ciclo da soja (Tabelas 2 e 3). Perda de peso semelhante à observada na palhada de milho foi estimada por Parker et al. (1957) e por Parker & Larson (1962).

Calculando-se a perda de peso só dos restos das plantas de aveia-preta, a maior velocidade de decomposição do material fica evidente, com uma perda média de 91% (de 4,2 para 0,4 t.ha<sup>-1</sup>). O componente milho, que inicialmente chegou a representar até mais de 50% da chamada "palhada da aveia-preta", ao final do ciclo da soja ainda estava presente numa

proporção superior a 30% em decorência da menor velocidade de decomposição. Nesta época, 48% do peso da palhada já eram de resíduos da própria soja.

A diminuição de peso da palhada do milho não foi homogênea; observou-se aumento no peso, de uma coleta para outra, o que pode ser atribuído ao método utilizado. A distribuição heterogênea da palhada no campo e a grande proporção de colmos em relação às folhas exigiria a coleta de um número maior de amostras, o que, no entanto, ficou restrito, em face do tamanho da parcela, já que a amostragem foi destrutiva. A separação dos componentes da palhada (colmos, sabugos e folhas) que apresentam taxas de decomposição diferenciadas mostra-se impraticável nestes casos.

**TABELA 2.** Variação na quantidade média de palhada constituída de aproximadamente 95% de restos de milho, durante o ciclo da aveia-preta.

Amostragem	Quantidade de palhada <sup>1</sup>		Perda de peso %
	t.ha <sup>-1</sup>	% remanescente	
1ª	9,8 a	100	0
2ª	6,8 ab	69	31
3ª	7,2 ab	73	27
4ª	4,0 b	41	59
5ª	7,6 ab	77	23
6ª	7,6 ab	77	23
7ª	5,0 b	51	49

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**TABELA 3.** Variação na quantidade média de palhada constituída de aveia-preta, milho e soja em diversas proporções, durante o ciclo da soja.

Amostragem	Quantidade total da palhada <sup>1</sup>		Componente aveia-preta		Componente milho	
	t.ha <sup>-1</sup>	% de perda de peso	t.ha <sup>-1</sup>	% do total	t.ha <sup>-1</sup>	% do total
8ª	6,8 a	0	4,2	63	2,6	37
9ª	4,8 ab	29	2,2	45	2,8	55
10ª	4,4 abc	35	2,2	50	2,0	50
11ª	4,2 abc	38	1,6	37	2,6	63
12ª	3,2 bcd	53	2,2	68	1,0	32
13ª	1,4 d	77	1,4	87	0,2	13
14ª	1,6 d	79	0,8	52	0,8	48
15ª	2,0 cd	71	0,4	21 <sup>2</sup>	0,4	31 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> O componente soja representou os 48% restantes.

A decomposição mais lenta da palhada do milho pode ser atribuída a temperaturas do ar e do solo – menos favoráveis à decomposição durante o inverno (Holtz, 1995) –, à sua mais alta relação C/N (Tabela 4), à maior proporção de material lignificado (colmos e sabugos), e à maior quantidade adicionada inicialmente (9,8 contra 6,8 t.ha<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes foram observados por outros autores (Jenkinson, 1965; Brown & Dickey, 1970; Herman et al., 1977; Campbell et al., 1981; Collins et al., 1990; Fox et al., 1990; Tian et al., 1993; Schomberg et al., 1994).

A palhada de milho apresentou teor médio de carbono de 429 g.kg<sup>-1</sup>, com uma tendência geral de au-

**TABELA 4.** Variação nos teores médios de C, N e P, e nas relações C/N e C/P da palhada durante os ciclos da aveia-preta e da soja<sup>1</sup>.

Nº de dias	C (g.kg <sup>-1</sup> )	N (g.kg <sup>-1</sup> )	P (g.kg <sup>-1</sup> )	C/N	C/P
0	395 c	10 a	1,2 a	39 b	321 c
23	421 abc	10 a	0,9 b	42 ab	479 abc
40	440 ab	9 a	1,0 ab	47 ab	443 abc
65	449 a	11 a	0,9 b	40 ab	526 ab
89	433 abc	10 a	0,9 b	43 ab	481 abc
103	450 a	9 a	0,7 b	47 a	615 a
149	405 bc	10 a	0,9 b	40 ab	425 bc
191	427 AB	19 A	1,6 A	23 CD	260 B
205	434 A	16 B	1,5 AB	27 A	280 AB
219	426 ABC	15 B	1,3 ABC	28 A	314 AB
240	427 AB	16 B	1,4 ABC	26 AB	301 AB
253	390 D	16 B	1,2 BC	24 BC	331 AB
310	380 D	19 A	1,2 BC	20 BC	318 AB
337	400 CD	20 A	1,0 C	20 E	375 A
370	416 BCD	19 A	1,5 AB	22 CDE	372 AB

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula ou maiúscula na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

mento com o tempo (Tabela 4). A diminuição do teor de C na última amostragem (149 dias) também pode ser atribuída à heterogeneidade do material. O teor médio de C na palhada de aveia-preta foi de 415 g.kg<sup>-1</sup>, com uma tendência a diminuição ao final do ciclo da soja. Os teores médios de C da palhada de milho e de aveia-preta são menores que os relatados por Calegari et al. (1993), no tocante à planta verde. O teor de C da palhada de milho, no entanto, coincidiu com o encontrado por Buchanan & King (1993). Estes autores, como no presente trabalho, coletaram os resíduos após a senescência e a colheita da planta, e o material ficou sujeito a maiores perdas de C na forma de CO<sub>2</sub>.

A palhada do milho armazenava, inicialmente, uma média de 387 kg.ha<sup>-1</sup> de C, e a palhada da aveia-preta, 290 kg.ha<sup>-1</sup> de C. Ao final de cada ciclo foram constatados, respectivamente, 202 e 83 kg.ha<sup>-1</sup> de C, nas palhadas. Presume-se, portanto, que houve uma mineralização de, respectivamente, 185 e 207 kg.ha<sup>-1</sup> de C, o que corresponde a uma perda de 48 e 71% da quantidade inicial de C.

O teor médio de N da palhada de milho foi de 10 g.kg<sup>-1</sup>, e o da palhada da aveia-preta foi de 17 g.kg<sup>-1</sup>. A variação ao longo do tempo foi menor na palhada do milho que na da aveia-preta. O aumento verificado nos teores de N da palhada da aveia-preta a partir do 310º dia deveu-se, provavelmente, ao au-

mento na proporção do componente aveia-preta, em decorrência da diminuição do componente milho na palhada, e, ainda, à adição de folhas de soja. A adição de folhas de soja aos resíduos de aveia-preta na fase de senescência da cultura causou um aumento no peso, e nos teores de C, N e P da palhada. Isto se deveu aos teores duas vezes maiores de N e de P na planta de soja, comparativamente à da planta da aveia-preta (Calegari et al., 1993; Aita et al., 1994).

Inicialmente, a palhada do milho continha o equivalente a 98 kg.ha<sup>-1</sup> de N, que se reduziu a 50 kg.ha<sup>-1</sup> ao final do ciclo da aveia-preta, inferindo-se, assim, uma mineralização de 51% deste elemento. Já na palhada da aveia-preta, estimou-se uma mineralização de 75% do N, que passou de 129 kg.ha<sup>-1</sup>, para 32 kg.ha<sup>-1</sup>.

A relação C/N da palhada de milho (média de 43:1) apresentou variações correspondentes principalmente à variação nos teores de C da palhada, e não ficou clara nenhuma tendência em função do que já foi discutido anteriormente em relação à heterogeneidade do material. A relação C/N da palhada de aveia-preta, cujo valor médio foi de 24:1, mostrou tendência à diminuição com o tempo, em função da diminuição do teor de C e aumento do teor de N.

O teor médio de P da palhada de milho foi de 0,9 g.kg<sup>-1</sup>, e ocorreu variação estatisticamente significativa durante o ciclo da aveia-preta (Tabela 4), com tendência à diminuição com o tempo. Esta palhada continha inicialmente, o equivalente a 12 kg.ha<sup>-1</sup> de P, que se reduziu a 4 kg.ha<sup>-1</sup> em 149 dias, estimando-se uma mineralização de 77%. O teor médio de P da palhada de aveia-preta foi maior (1,3 g.kg<sup>-1</sup>), apresentando também uma tendência à diminuição com o tempo. A quantidade de P contida nesta palhada passou de 12 kg.ha<sup>-1</sup>, para 2 kg.ha<sup>-1</sup> ao final do ciclo (179 dias), inferindo-se, neste período, uma mineralização de 85% do elemento.

A relação C/P média da palhada de milho foi de 470:1, e a da palhada da aveia-preta foi de 319:1. Foram registradas variações nos valores ao longo das épocas de amostragem, em face das variações nos teores de C e P. Variações semelhantes na relação C/P foram encontradas por Buchanan & King (1993) em resíduos de milho.

Os teores médios de N e de P da palhada de milho (respectivamente de 10 e de 0,9 g.kg<sup>-1</sup>) coincidiram com os obtidos por Calegari et al. (1993). Como era esperado, os valores foram inferiores aos encontrados na palhada de aveia-preta (média de 17 e 1,3 g.kg<sup>-1</sup> respectivamente). Os teores de N da palhada de aveia-preta que atingiram 20 g.kg<sup>-1</sup> no mês de abril, foram superiores aos relatados pelos autores acima citados, mesmo considerando que a palhada também continha resíduos de milho.

As taxas de mineralização do N (50% e 75%) da palhada das duas culturas foram semelhantes às respectivas taxas de perda de C (48% e 71%), e menores do que a taxa de mineralização do P (77% e 85%). Isto parece indicar que a mineralização do P, ao contrário do N, se deu de maneira independente do C, o que poderia ser explicado pelo fato de a mineralização do P se dar por outros mecanismos, como verificaram McGill & Cole (1981).

## CONCLUSÕES

1. A decomposição da palhada do milho é mais lenta que a da aveia-preta, em decorrência da sua mais alta relação C/N e maior heterogeneidade e quantidade de resíduos.

2. A taxa de mineralização do C da palhada da aveia-preta é maior que a da palhada do milho, liberando maior quantidade de N e P para o solo.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, entidade patrocinadora da bolsa de mestrado, e aos responsáveis pelo Campo Demonstrativo e Experimental Batavo, Carambei, PR, onde foi conduzido o experimento.

## REFERÊNCIAS

- AITA, C.; CERETA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão no plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.101-108, 1994.

- BROWN, P.L.; DICKEY, D.D. Losses of wheat straw residue under simulated field conditions. *Soil Science Society of America. Proceedings*, v.34, p.118-121, 1970.
- BUCHANAN, M.; KING, L.D. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no-till and conventional agroecosystems. *Agronomy Journal*, v.85, p.631-638, 1993.
- CALEGARI, A.; ALCANTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: ADUBAÇÃO verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS/PTA, 1993. p.207-327.
- CAMPBELL, C.A.; MYERS, R.J.K.; WEIER, K.L. Potentially mineralizable nitrogen, decomposition rates and their relationship to temperature for five Queensland soils. *Australian Journal of Soil Research*, v.19, p.323-332, 1981.
- CANTARELLA, H.; ABREU, C.A.; BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: GUERRINI, I.A.; BULL, L.T. (Eds.). *Encontro sobre matéria orgânica do solo*. [S.l.]: UNESP, 1992. p.63-122.
- CHRISTENSEN, B.T. Barley straw decomposition under field conditions: effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. *Soil Biology and Biochemistry*, v.18, p.523-529, 1986.
- COLLINS, H.P.; ELLIOT, L.F.; RICKMAN, R.W.; BEZDICEK, D.F.; PAPENDICK, R.I. Decomposition and interaction among wheat residue components. *Soil Science Society of America. Journal*, v.54, p.780-785, 1990.
- COSGROVE, D.J. Metabolism of organic phosphates in soil. In: McLAREN, A.D.; PETERSON, G.H. (Eds.). *Soil Biochemistry*. [S.l.:s.n.], 1967. v.1, p.216-228.
- DICK, W.A. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Science Society of America. Journal*, v.47, p.102-107, 1983.
- DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America. Journal*, v.44, p.765-771, 1980.
- DOUGLAS JUNIOR, C.L.; ALLMARAS, R. R.; RASMUSSEN, P.E.; RAMIG, R.E.; ROAGER JUNIOR, N.C. Wheat straw composition and placement effects on decomposition in dryland agriculture of the Pacific Northwest. *Soil Science Society of America. Journal*, Madison, v.44, p.833-837, 1980.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análises de solos*. Rio de Janeiro, 1979. 227p.
- FOX, R.H.; MYERS, R.J.K.; VALLIS, I. The nitrogen mineralization of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. *Plant and Soil*, The Hague, v.129, p.251-259, 1990.
- FRANKENBERGER JUNIOR, W.T.; ABDELMAGID, H.M. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of legumes crops incorporated into soil. *Plant and Soil*, The Hague, v. 87, p.257-271, 1985.
- FULLER, N.H.; NIELSEN, D.R.; MILLER, R.W. Some factors influencing the utilization of phosphorus from crop residues. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.20, p.218-224, 1956.
- GODOY, H.; CORREA, A.R.; SANTOS, D. *Clima do Paraná. Manual agropecuário para o Paraná*. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1976. 742p.
- HERMAN, W.A.; MCGILL, W.B.; DORMAAR, J.F. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of 3 grassland species. *Canadian Journal of Soil Science*, v.57, p.205-215, 1977.
- HILDEBRAND, C. *Manual de métodos de análises químicas de solo e plantas*. Curitiba: UFPR, 1976. 225p. Mimeografado.
- HOLTZ, G.P. *Dinâmica da decomposição da palhada e da distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambei, PR*. Curitiba: UFPR, 1995. 129p. Tese de Mestrado.
- JANZEN, H.H.; KUCEY, R.M.N. Carbon, nitrogen and sulfur mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. *Plant and Soil*, The Hague, v.106, p.35-41, 1988.
- JENKINSON, D.S. Studies on the decomposition of plant material in soil. I. Losses of carbon from  $C_{14}$  labeled ryegrass incubated with soil in the field. *Journal of Soil Science*, v.16, p.104-115, 1965.

- MASON, C.F. *Decomposição*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1980. 63p. (Temas de Biologia, 18).
- McGILL, W.B.; COLE, C.V. Comparative aspects of cycling of organic carbon, nitrogen, sulfur and phosphorus through soil organic matter. *Geoderma*, v.26, p.267-286, 1981.
- PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry*, v.23, p.38-88, 1991.
- PARKER, D.T.; LARSON, W.E.; BARTHOLOMEW, W.V. Studies on nitrogen tie-up as influenced by location of plant residue in soils. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.21, p.608-612, 1957.
- PARKER, D.T.; LARSON, W.E. Nitrification as affected by temperature and moisture content of mulched soils. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.26, p.238-242, 1962.
- RANNELS, N.N.; WAGGER, M.G. Nitrogen release from crimson clover in relation to plant growth stage and composition. *Agronomy Journal*, v.84, p.424-430, 1992.
- SCHOMBERG, H.H.; STEINER, J.L.; UNGER, P.W. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: residue quality and water effects. *Soil Science Society of America. Journal*, Madison, v.58, p.372-381, 1994.
- SMITH, S.V.; SHARPLEY, A.N. Soil nitrogen mineralization in the presence of surface and incorporated crop residues. *Agronomy Journal*, v.82, p.112-116, 1990.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188p. (Boletim Técnico, 5).
- TIAN, G.; KANG, B.T.; BRUSSARD, B.L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrients accumulation. *Plant and Soil*, The Hague, v.153, p.179-187, 1993.
- VIGIL, M.F.; KISSEL, D.E. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residues. *Soil Science Society of America. Journal*, Madison, v.55, p.757-761, 1988.