

DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS E LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO MILHO

DECOMPOSITION OF THE CULTURAL RESIDUE AND RELEASE NITROGEN TO CULTURE OF MAIZE

Renata Dantas MEDRADO⁽³⁾
Paulo César de Faccio CARVALHO⁽²⁾
Anibal de MORAES⁽¹⁾
Ester de Moura RIOS⁽³⁾
Claudete Reisdorfer LANG⁽¹⁾
Édina Cristiane Pereira LOPES⁽³⁾

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a decomposição da matéria seca inicial e a liberação de nitrogênio (N) das diferentes coberturas invernais para a subsequente cultura do milho. O trabalho foi realizado em uma fazenda no município de Major Vieira-SC. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (alternativas de cobertura do solo) e três repetições. As alternativas de cobertura do solo constituíram de: a) Pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*) + ervilhaca (*Vicia spp.*) + trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*), com pastejo e com adubação nitrogenada (100 kg de N); b) Pastagem de aveia preta + azevém + ervilhaca + trevo vesiculoso, com pastejo e sem adubação nitrogenada; c) cobertura (aveia + azevém + ervilhaca + trevo vesiculoso), sem pastejo e sem adubação nitrogenada d) nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) em pastejo e sem adubação nitrogenada, e e) pousio (testemunha). O tratamento nabo forrageiro apresentou as características químicas mais limitantes a uma rápida decomposição e fornecimento de N para a cultura em sucessão. O tratamento consórcio cobertura por apresentar rápida liberação inicial de N foi considerado o mais adequado para a utilização na sucessão com a cultura do milho. O pastejo teve influência sobre a liberação de N, principalmente pela menor quantidade de massa seca total produzida. A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelas coberturas do solo.

Palavras-chave: *Avena strigosa*; matéria seca; lavoura-pecuária.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the decomposition of the residual dry mass and the initial release of nitrogen from different coverages winter for the subsequent cultivation of maize. The work was conducted in Major Vieira, SC, on a family property. The experimental design was a randomized block, with five treatments (alternative soil cover) and three replications. The treatments: a) consortium of oat (*Avena strigosa*) + ryegrass (*Lolium multiflorum*) + vetch (*Vicia spp.*) + vesiculosus clover (*Trifolium vesiculosum*), with grazing and nitrogen fertilization (100 kg of N); b) Grassland of black oat + ryegrass + vetch + clover vesiculosus, with grazing and without nitrogen fertilization; c) coverage (oat + ryegrass + vetch + vesiculosus clover), without grazing and without nitrogen fertilization; d) forage turnip (*Raphanus sativus*), without grazing and without nitrogen fertilization, and e) fallow (control). The rate of decay was measured through pockets of decomposition (litter bags), collected in seven seasons during the corn crop. The turnip forage was the treatment that was more difficult to decompose according to their chemical characteristics. This limited the supply of nitrogen for the corn crop. Treatment coverage consortium made rapid initial release of N and thus was considered the most appropriate for use in succession with the corn crop. The grazing influenced the release of nitrogen, mainly by the lower amount of total dry mass produced. The grain yield of maize was not influenced by soil cover.

Key-words: *Avena strigosa*; dry mass; crop-livestock.

(1) Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Rua dos Funcionários, 1540, Curitiba - PR. CEP 80035-050. Caixa Postal 19061. E-mail: langc@ufpr.br; anibalm@ufpr.br.

(2) Professor do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS. Av. Bento Gonçalves 7712, Porto Alegre - RS. CEP 91501-970. E-mail: paulocfc@ufrgs.br

(3) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da UFPR. End. Rua dos Funcionários, 1540, Curitiba - PR. CEP 80035-050. E-mail: renatadantasmedrado@yahoo.com.br; ester.rios@pucpr.br; edina.agronomia@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Na Região Sul do Brasil, é comum o plantio de milho após a cultura da aveia em sistema de plantio direto. Todavia, tais culturas tendem a apresentar resíduos de alta relação C/N, com valores variando de 32 a 48 (Amado et al., 1999; Giacomini et al., 2000). Esta característica influencia diretamente na decomposição dos resíduos, e pode comprometer a disponibilidade de N à cultura de milho, dado a imobilização de N pela biomassa microbiana do solo (Assis et al., 2003). Desta forma, a ocorrência de deficiência desse nutriente é facilitada, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, com conseqüentes perdas de produtividade de grãos de milho (Amado et al., 1999; Bortolini et al., 2000).

Uma alternativa para a redução da relação C/N dos resíduos, e conseqüentemente da imobilização de N, é a consorciação de gramíneas e leguminosas, possibilitando a obtenção de uma relação C/N intermediária àquela das espécies em culturas solteiras (Heinrichs et al., 2001). As diferentes arquiteturas e distintos padrões de crescimento do sistema radicular que gramíneas e leguminosas apresentam, permitem maiores acúmulos de fitomassa por área, o que se traduz em maior proteção do solo; melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, o que influencia diretamente na conservação e qualidade do solo; ao mesmo tempo que disponibilizam mais facilmente o nitrogênio ao sistema (Heinrichs & Fancelli, 1999; Aita & Giacomini, 2003)

No sul do Brasil, o desempenho da consorciação de plantas de cobertura de outono/inverno é um aspecto ainda pouco estudado, restringindo-se ao consórcio aveia-ervilhaca (Bortolini et al., 2000, Heinrichs et al., 2001).

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) apresenta-se como outra possível alternativa para

evitar a imobilização de nitrogênio. Embora não pertença à família das leguminosas e sim das crucíferas, esta espécie também possui baixa relação C/N e pode aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as plantas, devido à alta capacidade de reciclar nitrogênio de camadas mais profundas (Aita et al., 2003; Silva et al., 2006).

No entanto, cabe ressaltar que além da relação C/N, diversos outros aspectos como tamanho das partículas dos resíduos e seus teores de lignina, N, polifenóis, relações lignina/N e lignina + N/polifenóis; presença de elementos tóxicos, bem como as condições químicas e físicas do solo e o tipo de microorganismo presente no solo, também irão influenciar na decomposição dos resíduos (Moreira & Siqueira, 2006).

O presente estudo teve por objetivo avaliar a decomposição da matéria seca inicial e conseqüente liberação de N de diferentes coberturas invernais para a subseqüente cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de novembro de 2006 a abril de 2007, no município de Major Vieira, no Estado de Santa Catarina, localizada na latitude de 26°22'04" S e longitude de 50°19'41" W, com altitude de aproximadamente 786 metros. O clima regional é classificado como Cfb – subtropical mesotérmico úmido, de acordo com a classificação de Köppen. O solo do local é caracterizado segundo a Embrapa (2006), como Cambissolo Háplico.

Os dados climáticos diários de precipitação pluvial e temperatura média do ar, referentes ao período experimental analisado foram disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI (Figura 1).

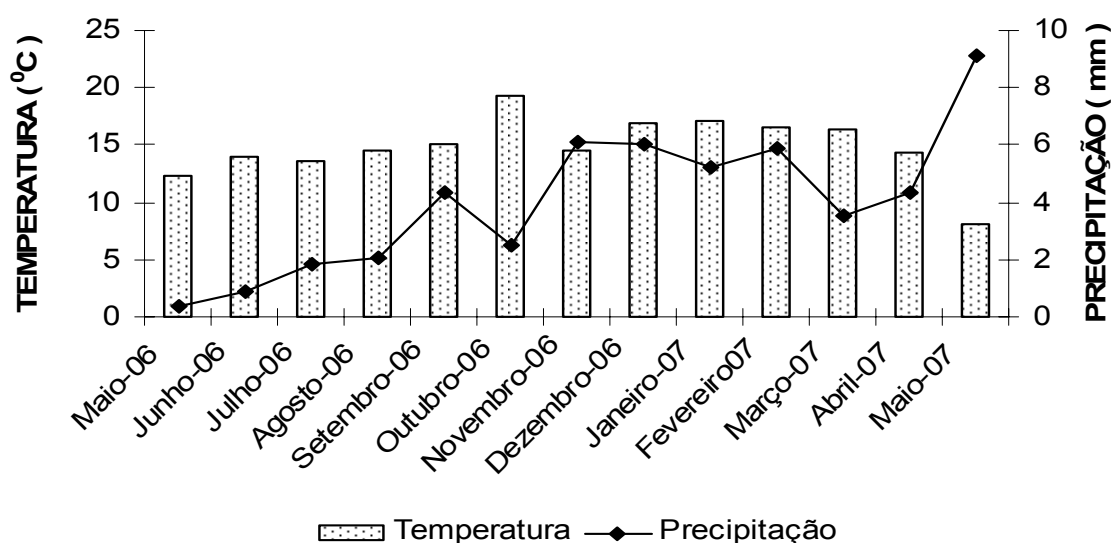


FIGURA 1. Precipitação pluvial e temperatura média do ar durante o período experimental.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 3 repetições e cinco tratamentos (alternativas de cobertura do solo), totalizando 15 unidades experimentais. Cada parcela referente ao sistema de manejo tinha uma área de 32 m² (4 m x 8 m). A unidade experimental constituiu-se de 21 bolsas teladas de nylon (*litter bags*) com dimensões de 0,2 m x 0,2 m e malha de 2 mm de abertura, que continham resíduos culturais de cada uma das cinco alternativas de cobertura do solo, a saber: a) Consórcio aveia preta (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*) + ervilhaca (*Vicia spp.*) + trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*), com pastejo e com adubação nitrogenada (100 kg de N) (CPN); b) Consórcio aveia preta + azevém + ervilhaca + trevo vesiculoso, com pastejo e sem adubação nitrogenada (CP); c) Consórcio cobertura (aveia preta + azevém + ervilhaca + trevo vesiculoso), sem pastejo e sem adubação nitrogenada (CC) d) Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) sem pastejo e sem adubação nitrogenada (NF); e, e) pousio invernal (PI), o qual constituiu a testemunha. No final do mês de novembro, realizou-se a dessecação das alternativas de cobertura do solo, utilizando-se a combinação de glyphosate (1440 g i.a. ha⁻¹) + óleo mineral (1,5 L ha⁻¹).

O material remanescente em cada parcela, foi retirado de uma área representativa de 1 m² em novembro de 2006, após dessecação, coletado com a ajuda de um quadrado de ferro medindo 1 m x 1 m. Esta amostragem foi feita com o objetivo de avaliar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais das alternativas de cobertura de inverno ao longo da cultura do milho, através do método de *litter bag*, segundo Bocock & Gilbert (1957). Após a coleta, procedeu-se a separação das espécies, nos sistemas consorciados, a fim de determinar a contribuição individualizada destas na produção total de matéria seca (MS). Em seguida, os resíduos foram secos em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingirem peso constante. Após a secagem, a matéria seca teve seu peso determinado, do qual 10 g foram cortados em pedaços de aproximadamente 10 cm e acondicionados no interior de sacos de tela de nylon (*litter bags*), os quais foram colocados entre o solo e a palhada de suas respectivas parcelas experimentais, constituindo a matéria seca inicial (MSI) de cada alternativa de cobertura do solo.

Foram separadas duas outras alíquotas do material seco: 15 mg para a determinação dos teores iniciais de C e N por meio de combustão seca (Vario EL III Elementar), e 0,35 g para determinação do teor inicial de lignina, celulose e hemicelulose, conforme procedimento descrito em Van Soest (1982).

A avaliação da decomposição e da liberação de N dos resíduos culturais foi feita de acordo com o tempo, realizando-se sete coletas, sendo três *litter bags* por coleta: aos 16, 24, 32, 51, 77, 123 e 161 dias após a semeadura do milho (DAS).

Após cada período de amostragem, os resíduos vegetais foram novamente submetidos à secagem, a fim de determinar a matéria seca rema-

nescente (MSR). Os teores remanescentes de N (NR) foram calculados a partir dos teores de N inicial (NI), determinados por combustão seca. Desta forma, a MSR e o NR corresponderam às quantidades da MSI (kg ha⁻¹) e do NI (g kg⁻¹), respectivamente, que ainda permaneciam no resíduo remanescente sobre o solo em cada coleta realizada.

Nas alternativas de cobertura do solo pastejadas, foram utilizadas duas vacas em lactação da raça Holandesa por parcela, as quais pesavam entre 500 kg e 650 kg, pareadas de modo que as unidades experimentais recebessem peso animal similar. Adjacente à área experimental, havia pastagem de aveia-preta e azevém, onde os animais permaneciam por no mínimo duas horas antes de entrarem nas parcelas.

Foram realizados quatro pastejos durante o ciclo de desenvolvimento da pastagem cultivada. O primeiro, com duração de trinta a quarenta minutos, o segundo com duração de quatro a cinco horas, o terceiro com duração de cinco a seis horas e o quarto com duração de cinco a seis horas.

Procurou-se manter a altura da pastagem em torno 0,10 m, quando ultrapassava a altura de 0,25 m fazia-se a introdução dos animais reguladores, assim como, com a altura inferior a 0,10 m, realizava-se a retirada dos animais.

As taxas de decomposição da MSI e do NI dos resíduos culturais das plantas de cobertura foram estimadas utilizando um modelo exponencial duplo, desenvolvido por Badre et al. (1998) onde a primeira fração da MSI e do NI foi transformada a taxas mais elevadas em relação à segunda, que é de mais difícil decomposição. O modelo tem a seguinte equação matemática:

$$NR = 100 \cdot \exp^{-at^2 + bt}$$

$$MSR = 100 \cdot \exp^{-at^2 + bt}$$

Sendo: MSR – taxa de decomposição da matéria seca inicial no *i*-ésimo dia (%); NR – taxa de decomposição do nitrogênio inicial no *i*-ésimo dia (%); *a* – constante da taxa de decomposição da MSI e do NI do compartimento mais facilmente decomponível (adimensional); *b* – constante da taxa de decomposição da MSI e do NI do compartimento mais recalcitrante (adimensional); *t* – tempo decorrido após a colocação dos *litter bags* no campo (dias).

A meia vida (*t*_{1/2}) da MSI e do NI corresponde ao tempo necessário para que 50% da MSI seja decomposta e 50% do NI seja liberado e foi obtida resolvendo-se o modelo acima. A liberação acumulada de N em cada alternativa de cobertura do solo durante o período de avaliação foi estimada multiplicando a porcentagem de liberação do nutriente em cada coleta, obtida por meio do modelo, pelo teor inicial de N contido na matéria seca total (Tabela 1).

TABELA 1. Produção de massa seca das alternativas de cobertura do solo. CPN: Cobertura com Pastejo e com nitrogênio; CP: Cobertura com Pastejo e sem nitrogênio; NF: Nabo Forrageiro; PI: Pousio Invernal; CC: Cobertura sem pastejo e sem nitrogênio.

| Alternativas de cobertura do solo | Massa Seca Total (kg ha ⁻¹) |
|-----------------------------------|---|
| CPN | 490 b ^(*) |
| CP | 470 b |
| NF | 770 b |
| PI | 1690 b |
| CC | 4970 a |
| CV% | 29,90 |

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As variáveis: lignina, celulose, hemicelulose, relação C/N, relação lignina/N e matéria seca, carbono e nitrogênio remanescentes; foram submetidas à análise de variância (ANOVA), a qual foi realizada em delineamento em blocos casualizados com três repetições das cinco alternativas de cobertura do solo. Quando necessário, as médias das alternativas de cobertura do solo foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 1% e 5% de probabilidade. Essas análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SANEST-Sistema de análise Estatística para Microcomputadores (ZONTA et al., 1984). As análises de correlação e os modelos de decomposição e liberação de nitro-

gênio foram feitas com o auxílio do programa estatístico Statistica (STATSOFT, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de correlação entre a quantidade da matéria seca remanescente (MSR) das sete coletas realizadas e alguns constituintes dos resíduos culturais revelou que a MSR foi inversamente proporcional aos teores de N e diretamente proporcional à relação C/N (Tabela 2). Esta correlação mostrou que os teores de N, celulose e a relação C/N foram os melhores indicadores da dinâmica de decomposição dos resíduos, o que corrobora com dados de Aita et al. (2003).

TABELA 2. Coeficientes de correlação entre quantidades remanescentes de massa seca (MSR) com algumas características dos resíduos culturais, nas coletas realizadas aos 16, 24, 32, 51, 77, 123 e 161 dias da distribuição dos *litter bags* no campo.

| MSR | Lignina | N | Lig/N | C | C/N | Hemicelulose | Celulose |
|----------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 16 dias | -0,018 p = 0,949 | -0,722** p = 0,002 | 0,3666 p = 0,179 | -0,1154 p = 0,682 | 0,592* p = 0,020 | 0,0842 p = 0,765 | 0,6692** p = 0,006 |
| 24 dias | 0,0865 p = 0,759 | -0,7519** p = 0,001 | 0,3332 p = 0,225 | 0,02 p = 0,944 | 0,5584* p = 0,031 | -0,0866 p = 0,759 | 0,8071** p = 0,000 |
| 32 dias | -0,1087 p = 0,700 | -0,6829** p = 0,005 | 0,3879 p = 0,153 | 0,1738 p = 0,536 | 0,5828* p = 0,023 | -0,1514 p = 0,590 | 0,7507** p = 0,001 |
| 51 dias | 0,0321 p = 0,910 | -0,5662* p = 0,028 | 0,4979 p = 0,059 | -0,0648 p = 0,819 | 0,536* p = 0,039 | 0,0023 p = 0,994 | 0,3173 p = 0,249 |
| 77 dias | 0,1858 p = 0,507 | -0,6071* p = 0,016 | 0,6093* p = 0,016 | -0,029 p = 0,918 | 0,5367* p = 0,039 | -0,4354 p = 0,105 | 0,5784* p = 0,024 |
| 123 dias | 0,077 p = 0,785 | -0,5566* p = 0,031 | 0,6343* p = 0,011 | -0,0781 p = 0,782 | 0,541* p = 0,037 | -0,2227 p = 0,425 | 0,5681* p = 0,027 |
| 161 dias | 0,1596 p = 0,570 | -0,2285 p = 0,413 | 0,3978 p = 0,142 | 0,1752 p = 0,532 | 0,6149* p = 0,015 | -0,13 p = 0,644 | 0,297 p = 0,282 |

* e ** – significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro pelo Teste de Tukey, respectivamente. CPN: Cobertura com Pastejo e com nitrogênio; CP: Cobertura com Pastejo e sem nitrogênio; NF: Nabo Forrageiro; PI: Pousio Invernal; CC: Cobertura sem pastejo e sem nitrogênio.

A maior taxa de decomposição dos resíduos ocorreu nos primeiros 16 dias após a colocação dos *litter bags* no campo, onde foi registrada a presença de 88%, 90%, 91%, 77% e 81% da MSI, nas alternativas CPN, CP, NF, PI e CC, respectivamente (Figura 2). Pegado et al. (2008), estudando a decomposição de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.), registraram a maior taxa de decomposição nos primeiros 15 dias após a disposição dos *litter bags* na superfície do solo, com perda equivalente a 33,2% da massa inicial. Aita et al. (2003) também observaram maior velocidade de decomposição dos resíduos nos primeiros 15 dias de avaliação.

Segundo Alves et al. (2006), avaliando a decomposição de resíduos culturais de espécies nativas na Caatinga paraibana, verificaram que a taxa de decomposição das espécies foi menor aos 30 e 60 dias, sendo que aos 90 dias de decomposição esta taxa de aumento significativamente devido ao aumento da umidade no solo, resultado da alta pluviosidade registrada naquele período, evidenciando a dependência da taxa de decomposição em relação não apenas a composição do resíduo, mas também do clima local.

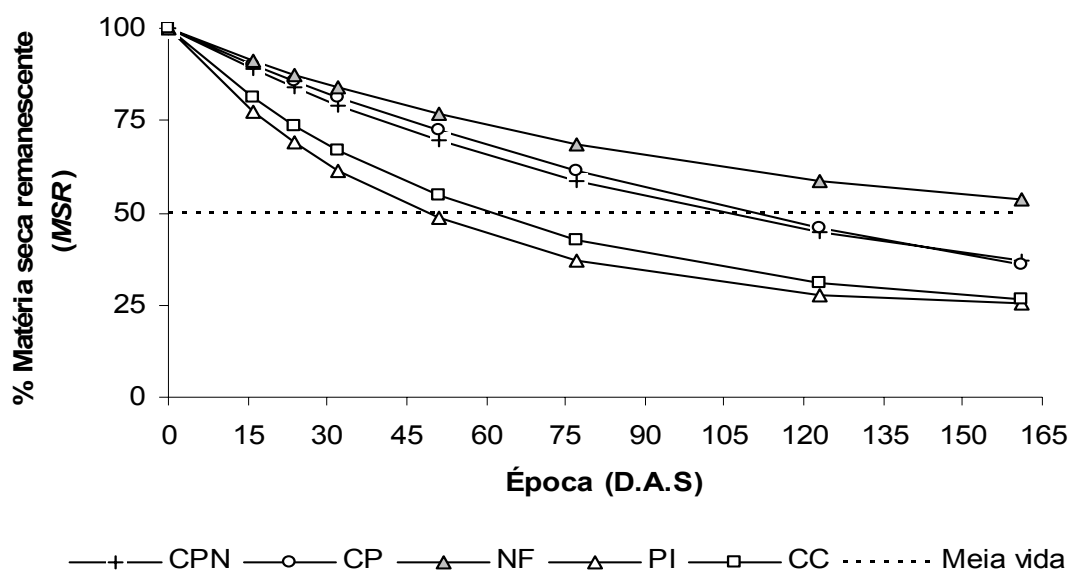


FIGURA 2. Matéria seca remanescente das alternativas de cobertura do solo em avaliação realizada no campo até 161 dias após a distribuição dos "litter bags" na superfície do solo. CPN: cobertura com pastejo e com nitrogênio; CP: cobertura com pastejo e sem nitrogênio; NF: nabo forrageiro; PI: pousio invernal; CC: cobertura sem pastejo e sem nitrogênio.

Pegado et al. (2008) atribuíram a decomposição mais intensa pelos microrganismos na fase inicial a possível degradação dos constituintes menos resistentes dos resíduos, como a celulose, o que favoreceu as oxidações química e bioquímica que levaram a redução significativa do material utilizado.

A alternativa NF foi o que apresentou a menor velocidade de decomposição (Figura 2) e, conseqüentemente, o maior tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) (Tabela 3). Ao final do primeiro mês após a colocação dos *litter bags* no campo, 84% da MSI do NF ainda permanecia na superfície do solo, contra 79%, 81%, 62% e 67% das alternativas CPN, CP, PI e CC, respectivamente. Aos 161 dias após a colocação das bolsas de decomposição no campo para

avaliação dos resíduos culturais, ainda observava-se a presença de 53% da MSI do NF, ao passo que nas alternativas CPN, CP, PI e CC, apenas 37%, 36%, 25% e 26% da MSI ainda permanecia sobre o solo. Estes dados não corroboram encontrados em outros estudos, em que o nabo forrageiro em cultivo solteiro, apresenta taxa de decomposição elevada. Ceretta et al. (2002) obtiveram velocidades de decomposição semelhantes entre o nabo forrageiro e a consorciação aveia preta + ervilhaca, onde aos 30 dias foi observada porcentagem de decomposição de 38%. Crusciol et al. (2005), após 53 dias do manejo do nabo forrageiro, registraram a permanência de apenas 27,5% da quantidade inicial da matéria seca sobre solo.

TABELA 3. Valores das constantes da taxa de decomposição (*a* e *b*), coeficiente de determinação (R^2) e tempo de meia vida ($t_{1/2}$) da massa seca inicial e do nitrogênio inicial, referentes aos diferentes alternativas de cobertura do solo estudadas.

| Alternativas de cobertura do solo | Variáveis | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------------|
| | <i>a</i> adimensional | <i>b</i> adimensional | R^2 % | $t_{1/2}$ Dias |
| Matéria seca remanescente | | | | |
| CPN | 0,0000091 | -0,0076117 | 80,93 | 104 |
| CP | 0,0000004 | -0,0064338 | 80,61 | 108 |
| NF | 0,0000119 | -0,0058163 | 88,62 | 205 |
| PI | 0,0000514 | -0,0167867 | 79,06 | 48 |
| CC | 0,0000331 | -0,0135957 | 90,93 | 59 |
| Nitrogênio remanescente | | | | |
| CPN | 0,00003 | -0,01328 | 92,38 | 60 |
| CP | 0,00002 | -0,01325 | 91,03 | 57 |
| NF | 0,00002 | -0,00727 | 80,55 | 185 |
| PI | 0,00007 | -0,02179 | 92,34 | 36 |
| CC | 0,00004 | -0,01618 | 94,80 | 49 |

CPN: cobertura com pastejo e com nitrogênio; CP: cobertura com pastejo e sem nitrogênio; NF: nabo forrageiro; PI: pousio invernal ; CC: cobertura sem pastejo e sem nitrogênio.

A presença do animal nos consórcios reduziu a velocidade de decomposição dos resíduos culturais em relação à alternativa CC. Desta forma, a curva de decomposição das duas alternativas que envolveram consórcios pastejados, alternativas CPN e CP, situou-se em um patamar acima do observado na alternativa CC (Figura 2), assim como o tempo de meia vida destas alternativas foi maior quando comparado à alternativa CC (Tabela 3). Como estas três alternativas (CPN, CP e CC) não

diferiram quanto às características de qualidade (Tabela 4), tais resultados são atribuídos à maior quantidade de matéria seca produzida na alternativa CC, a qual possivelmente influenciou a temperatura e umidade do solo, bem como na quantidade de nutrientes liberados, gerando condições favoráveis à sobrevivência e crescimento da população de organismos decompositores, aumentando, assim, a velocidade de decomposição dos resíduos presentes no solo.

TABELA 4. Teores dos constituintes químicos, no momento inicial, na massa seca total das alternativas de cobertura do solo avaliadas na região de Major Vieira-SC.

| Alternativas de cobertura do solo | N | C | Lignina | Celulose | Hemicelulose | C/N | Lig/N |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|----------|--------------|---------|-------|
| | | | | | | | |
| CPN | 24,2 bc | 392,5 a | 85,7 b | 333,4 b | 240,0 a | 16,2 b | 3,5 b |
| CP | 26,4 b | 397,7 a | 75,7b | 321,7 b | 235,6 a | 15,2 bc | 2,9 b |
| NF | 21,4 c | 413,6 a | 163,6 a | 427,0 a | 145,0 b | 19,3 a | 7,6 a |
| PI | 31,7 a | 404,6 a | 101,6 b | 217,1 c | 102,9 b | 12,8 c | 3,2 b |
| CC | 25,9 b | 418,9 a | 96,9 b | 322,8 b | 239,8 a | 16,3 b | 3,7 b |
| CV (%) | 4,69 | 3,42 | 10,81 | 7,62 | 11,51 | 6,06 | 9,86 |

CPN: Cobertura com Pastejo e com nitrogênio; CP: Cobertura com Pastejo e sem nitrogênio; NF: Nabo Forrageiro; PI: Pousio invernal; CC: Cobertura sem pastejo e sem nitrogênio; N: Nitrogênio; C/N: Relação carbono/nitrogênio; Lig/N: Relação lignina/nitrogênio; CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Tukey a 5% probabilidade de erro.

Espindola et al. (2001) relataram que a quantidade de resíduos vegetais depositados pelas plantas de cobertura em sistemas agrícolas afeta diretamente a biomassa microbiana e, conseqüentemente, altera os processos de decomposição e liberação de nutrientes do solo.

Apesar da menor decomposição, as alternativas pastejadas não diferiram da alternativa CC, no tocante ao teor de lignina. No entanto, como nas alternativas pastejadas a proporção de gramíneas era maior em relação à de leguminosas (Figura 3), acredita-se que a maior parte desta lignina provém das gramíneas, explicando, assim, a menor velocidade de decomposição, uma vez que a lignina pre-

sente em gramíneas é de mais difícil decomposição. Embora as gramíneas apresentem teor de lignina inferior ao de leguminosas, as correlações negativas com a digestibilidade são mais significativas em gramíneas (Carvalho & Pires, 2008), tendo em vista que seus resíduos tendem a apresentar componentes mais recalcitrantes, o que contribui para menor velocidade de decomposição pelos microrganismos (Aita et al., 2003). A alternativa PI, a qual apresentou o maior teor de nitrogênio, a menor relação C/N e os menores teores de hemicelulose e celulose (Tabela 4), registrou a maior velocidade de decomposição (Figura 2) e o menor tempo de meia vida (Tabela 3).

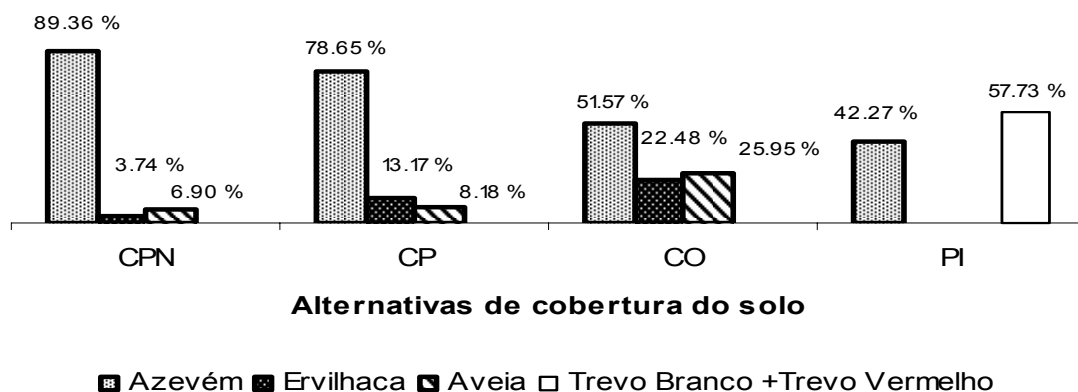


FIGURA 3. Caracterização botânica das alternativas de cobertura do solo: CPN - cobertura com pastejo e com nitrogênio, CP - cobertura com pastejo e sem nitrogênio, CO - cobertura sem pastejo e sem nitrogênio e PI - pousio invernal, após a saída dos animais (novembro/2006) da área experimental.

O nitrogênio inicial (NI) apresentou a mesma cinética de decomposição da MSI, na qual a liberação inicial foi mais rápida, tornando-se mais lenta no decorrer do período experimental (Figura 4). A quantidade de NR foi diretamente proporcional aos teores de celulose e às relações C/N e Lig/N, e inversamente proporcional aos teores de nitrogênio total na MSR (Tabela 5), o que confirma os resultados encontrados por Aita et al. (2003).

Nos primeiros 30 dias, onde a demanda de N pelas culturas comerciais é mais alta e de extrema importância para a obtenção de uma boa produção final (Malavolta et al., 1997), a alternativa NF, que apresentou a maior relação C/N, Lig/N, maior teor de nitrogênio, apesar de não diferir estatisticamente da alternativa CPN, o maior teor de celulose e as maiores relações C/N e Lig/N (Tabela 4), ainda continha em seus resíduos 89% do NI. Nesta alternativa também foi observado o maior tempo de meia vida para o NI, um período equivalente a 185 dias (Tabela 3). Ceretta et al. (2002), avaliando o efeito de diferentes coberturas de inverno e doses de N na cultura do milho sobre a decomposição e liberação de N de resíduos de plantas de cobertura de solo, encontrou, para o mesmo período de 30 dias,

liberação de 50% do NI referente à alternativa nabo forrageiro.

Estudos de Aita & Giacomini (2003) avaliando a dinâmica da decomposição e liberação de N de diferentes resíduos culturais, observaram que enquanto em ervilhaca menos de 60% do NI estava presente nos resíduos culturais nos primeiros 15 dias de avaliação, no nabo e na aveia preta esse valor foi superior a 90%.

Este resultado encontrado no presente estudo para a alternativa NF pode novamente ser atribuído a qualidade da MSI adicionada no interior dos *litter bags*, a qual era composta de um material com alta relação haste/folha e, portanto, com maiores proporções de tecidos de sustentação, mais recalcitrantes à decomposição e liberação de N.

Na alternativa PI, o qual apresentou menor relação C/N e Lig/N, maior teor de nitrogênio total, apesar de ter diferido apenas da alternativa NF, e menor teor de celulose, foi encontrado as menores quantidades de NR em todo o período experimental, e o menor tempo de meia vida (36 dias) (Tabela 3), sendo que aos 32 dias após a distribuição dos *litter bags* no campo, apenas 54% do NI permanecia nos

resíduos.

Analisando as alternativas CC, CPN e CP, observa-se que apesar da inclusão dos animais ter influenciado a quantidade de MST (Tabela 1) e a composição botânica destas alternativas no final do ciclo da cultura de inverno (Figura 3), foi pequena a redução na velocidade de liberação de NI. Aos 32 dias os resíduos da alternativa CC apresentavam 62% do NI, contra 67% de NI das alternativas CPN e CP (Figura 4). O teor de nitrogênio total e a relação C/N presente na MSI adicionada aos *litter bags* nas alternativas CPN e CP foi similar à da alternativa CC (Tabela 4). Este fato, provavelmente está relacionado à ciclagem de nutrientes, inclusive o nitrogênio, por meio da renovação de raízes, a qual promove constantemente imobilização e remobilização de N nos sistemas pastejados.

No final do ciclo do milho, ou seja, aos 161 dias após a colocação das bolsas de decomposição no campo, 51% do NI do nabo forrageiro ainda per-

manecia nos resíduos, contra 20% do PI e do CP, 22% do CC e 25% do CPN (Figura 4).

Aos 32 dias, a liberação acumulada de nitrogênio do nabo forrageiro atingiu 3 kg ha⁻¹ (Figura 5), quantidade equivalente a 18,0% do nitrogênio contido na MST desta alternativa (Tabela 6). Na alternativa PI, observou-se liberação acumulada de 25 kg ha⁻¹ de N aos 32 dias, que equivale a 47,2% do nitrogênio contido na MS total. Nas alternativas CPN e CP, apesar da quantidade de N dos seus resíduos ter sido similar a da alternativa CC, foi registrada liberação de apenas 4 kg ha⁻¹, equivalente à 35% e 31% do nitrogênio contido na MST, respectivamente. Este resultado que evidenciou que a quantidade de MST produzida foi determinante na liberação acumulada de N, tendo em vista que na alternativa CC esta liberação aos 32 dias foi de 49 kg ha⁻¹ (Figura 5), equivalente a 38% do nitrogênio contido na MST (Tabela 6).

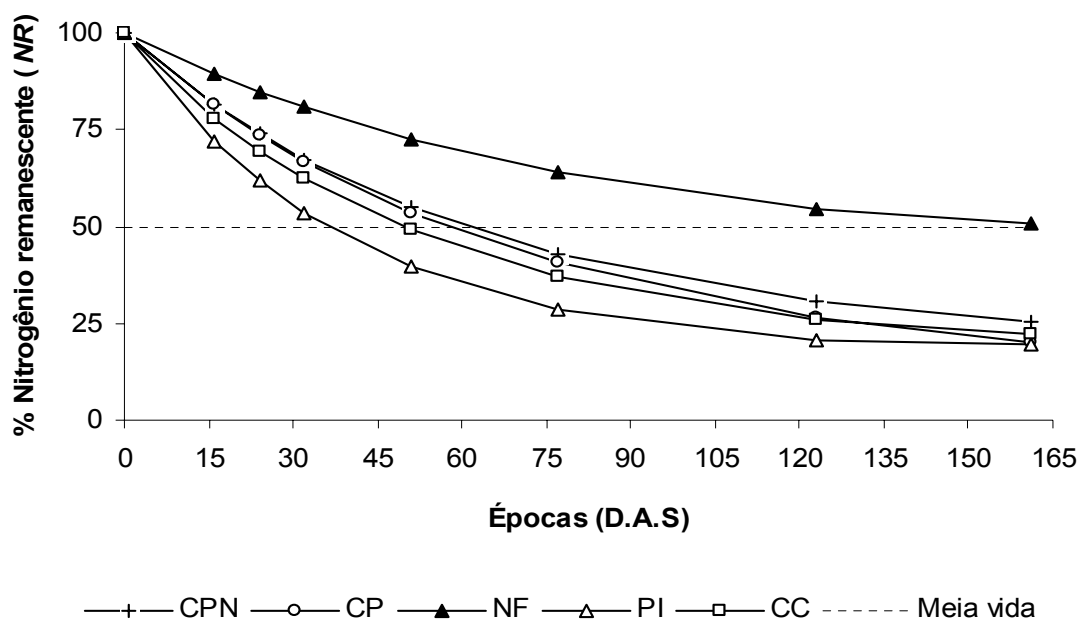


FIGURA 4. Nitrogênio remanescente das alternativas de cobertura do solo em avaliação realizada no campo até 161 dias após a distribuição dos "litter bags" na superfície do solo. CPN: cobertura com pastejo e com nitrogênio; CP: cobertura com pastejo e sem nitrogênio; NF: nabo forrageiro; PI: pousio invernal; CC: cobertura sem pastejo e sem nitrogênio.

TABELA 5. Coeficientes de correlação entre quantidades remanescentes de nitrogênio (NR) com algumas características dos resíduos culturais, nas coletas realizadas aos 16, 24, 32, 51, 77, 123 e 161 dias da distribuição dos litter bags no campo.

| NR | Lignina | N | Lig/N | C | C/N | Hemicelulose | Celulose |
|----------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 16 dias | 0,3331 p = 0,225 | -0,5906* p = 0,020 | 0,6473** p = 0,009 | 0,2321 p = 0,405 | 0,6641** p = 0,007 | 0,0166 p = 0,953 | 0,8722** p = 0,000 |
| 24 dias | 0,4297 p = 0,110 | -0,6921** p = 0,004 | 0,6267* p = 0,012 | 0,4022 p = 0,137 | 0,7413** p = 0,002 | -0,0553 p = 0,845 | 0,8003** p = 0,000 |
| 32 dias | 0,2503 p = 0,368 | -0,7182** p = 0,003 | 0,7158** p = 0,003 | 0,5184* p = 0,048 | 0,7787** p = 0,001 | -0,2403 p = 0,388 | 0,9301** p = 0,000 |
| 51 dias | 0,4048 p = 0,134 | -0,2807 p = 0,311 | 0,6449** p = 0,009 | 0,3734 p = 0,170 | 0,6824** p = 0,005 | 0,0552 p = 0,845 | 0,5482* p = 0,034 |
| 77 dias | 0,5538* p = 0,032 | -0,3778 p = 0,165 | 0,8234** p = 0,000 | 0,3691 p = 0,176 | 0,7435** p = 0,001 | -0,2376 p = 0,394 | 0,5738* p = 0,025 |
| 123 dias | 0,5053 p = 0,055 | -0,2454 p = 0,378 | 0,7161** p = 0,003 | 0,3177 p = 0,249 | 0,6629** p = 0,007 | -0,1349 p = 0,632 | 0,5477* p = 0,035 |
| 161 dias | 0,4975 p = 0,059 | 0,1637 p = 0,560 | 0,4277 p = 0,112 | 0,5509* p = 0,033 | 0,5858* p = 0,022 | -0,0756 p = 0,789 | 0,3194 p = 0,246 |

* e ** – significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro pelo Teste de Tukey, respectivamente.

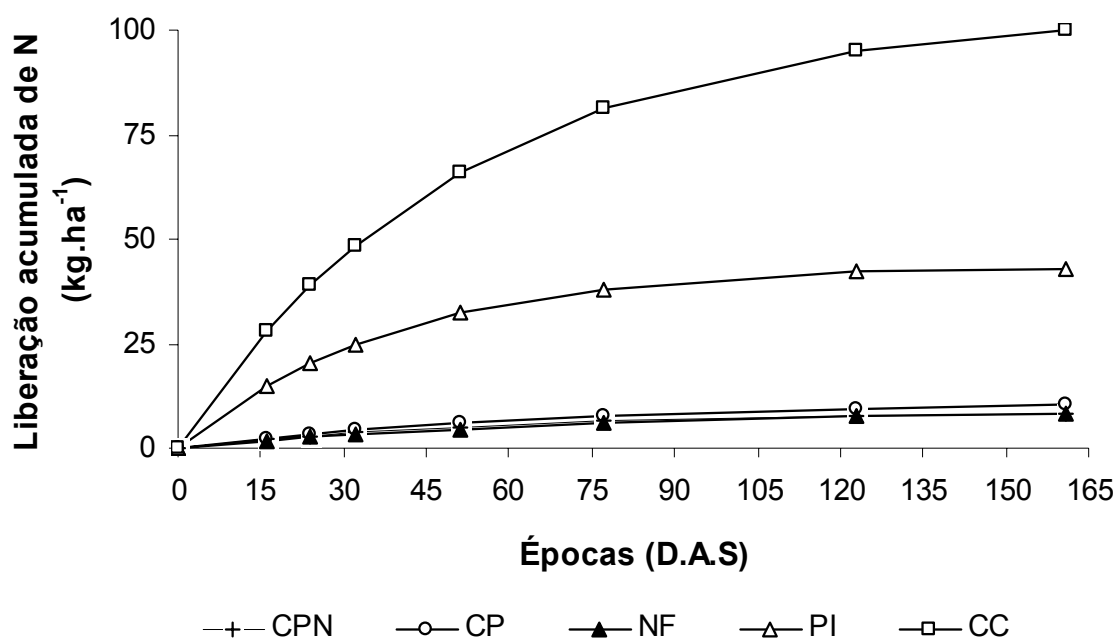


FIGURA 5. Liberação acumulada de nitrogênio dos resíduos culturais das cinco alternativas de cobertura do solo estudadas, em avaliações realizadas até 161 dias após a distribuição dos litter bags na área na superfície do solo. CPN: cobertura com pastejo e com nitrogênio; CP: cobertura com pastejo e sem nitrogênio; NF: nabo forrageiro; PI: pousio invernal; CC: cobertura sem pastejo e sem nitrogênio.

TABELA 6. Teores dos constituintes químicos na massa seca total (MST) no momento inicial (novembro/2006), referentes às cinco alternativas de cobertura do solo avaliadas.

| Alternativa de cobertura do solo | N | C | Lignina | Celulose | Hemicelulose |
|----------------------------------|---------------------|-----------|----------|-----------|--------------|
| | kg·ha ⁻¹ | | | | |
| CPN | 11,28 b | 183,96 b | 40,17 b | 157,14 b | 113,38 b |
| CP | 12,70 b | 196,81 b | 39,26 b | 161,86 b | 113,83 b |
| NF | 16,57 b | 318,14 b | 128,26 b | 323,97 b | 109,20 b |
| PI | 52,99 b | 681,30 b | 169,27 b | 370,14 b | 170,46 b |
| CC | 130,19 a | 2079,67 a | 487,06 a | 1601,56 a | 1190,33 a |
| CV (%) | 50,23 | 42,80 | 49,75 | 45,38 | 47,03 |

CPN: Cobertura com Pastejo e com nitrogênio; CP: Cobertura com Pastejo e sem nitrogênio; NF: Nabo Forrageiro; PI: Pousio invernal; CC: Cobertura sem pastejo e sem nitrogênio; N: Nitrogênio; C: Carbono; CV: Coeficiente de Variação. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Aos 161 dias, o NF registrou liberação acumulada de 8 kg ha⁻¹ (Figura 5), equivalente a 48% do nitrogênio contido na MST (Tabela 6). A alternativa PI, para este mesmo período de dias, apresentou liberação acumulada de 43 kg ha⁻¹, equivalente a 81% do nitrogênio contido na MST. Já as alternativas CPN e CP apresentaram liberação acumulada de 8 kg ha⁻¹ e 10 kg ha⁻¹, equivalente a 70% e 78% do nitrogênio contido na MST, respectivamente. Na alternativa CC, na qual foi observada a maior produção de MST, a liberação acumulada neste mesmo período foi de 101 kg ha⁻¹, o que equivale à 78% do nitrogênio contido na MST.

A rápida liberação inicial do N (38% do NI aos 32 dias) aliada à alta produção de MST (4970

kg ha⁻¹) com baixa relação C/N (16,3) observada na CC atribui a esta alternativa, elevado potencial de fornecimento de nitrogênio para a cultura em sucessão, especialmente no caso da cultura do milho, cujo fornecimento deste nutriente nos seus primeiros estádios de desenvolvimento é de suma importância para a obtenção de uma produção final satisfatória, além de poder contribuir na redução de custos ao produtor, principalmente por meio da diminuição da quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicada. Contudo, no presente trabalho não foi observado diferenças significativas entre as alternativas de cobertura do solo estudadas, no tocante à produção de milho (Tabela 7).

TABELA 7. Produtividade de grãos de milho nas alternativas de cobertura do solo estudadas antecedendo a cultura.

| Alternativas de cobertura do solo | Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) |
|-----------------------------------|---|
| CPN | 10.986 a (*) |
| CP | 11.465 a |
| NF | 11.079 a |
| PI | 11.697 a |
| CC | 11.187 a |
| CV% | 7,6 |

CPN: Cobertura com Pastejo e com nitrogênio; CP: Cobertura com Pastejo e sem nitrogênio; NF: Nabo Forrageiro; PI: Pousio invernal; CC: Cobertura sem pastejo e sem nitrogênio; N: Nitrogênio; C/N: Relação carbono/nitrogênio; Lig/N: Relação lignina/nitrogênio; CV: Coeficiente de Variação. (*) Dados cedidos por Balbinot Jr., 2007.

Tendo em vista a potencialidade do nabo forrageiro apresentado em diversos trabalhos, é possível considerar que se a coleta do material for realizada quando este apresentar menor relação haste/folha, então os resultados obtidos poderão mostrar-se mais promissores para esta cultura.

CONCLUSÕES

A alternativa nabo forrageiro apresenta as características químicas mais limitantes à uma rápida decomposição e fornecimento de nutrientes para a cultura em sucessão.

A alternativa cobertura sem pastejo e sem nitrogênio por apresentar rápida liberação inicial de

N foi considerada a mais adequada para a utilização na sucessão com a cultura do milho.

O pastejo teve influência sobre a liberação de nitrogênio, principalmente pela menor quantidade

de de massa seca total produzida.

A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelas alternativas estudadas.

REFERÊNCIAS

1. 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.
2. ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; CAMPOS, M. C. C. Decomposição de resíduos vegetais de espécies da Caatinga, na região de Patos, PB. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 57-63, 2006.
3. AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 679-686, 1999.
4. ASSIS, E.P.M.; CORDEIRO, M.A.S.; PAULINO, H.B.; CARNEIRO, M.A.C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de Cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, n.2, p.107-112, 2003.
5. BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia e ervilhaca comum com cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 897-903, 2000.
6. BOCOCK, K. L.; GILBERT, O. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. **Plant Soil**, v. 9, p. 179-185, 1957.
7. CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A. J. V. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, p. 13-28, 2008. Revisão.
8. CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M.J.da. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.49-54, 2002.
9. CRUSCIOL, C.A.C.; CIOTTA, R.L.; LIMA, E.do.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.2, p.161-168, 2005.
10. EMBRAPA. Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
11. ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.J.de.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R.da. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.104-113, 2001.
12. GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HÜBNER, A. P.; ANDRADA, M. C.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura: II. Decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa. In: FERBIO, 25. Santa Maria, 2000. **Anais**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2000. CD-ROM.
13. HEINRICH, R., FANCELLI, A.L. Influência do cultivo consorciado de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) e ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) na produção de fitomassa e no aporte de nitrogênio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.27-32, 1999.
14. HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 331-340, 2001.
15. MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
16. MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
17. PEGADO, C. M. A.; BARBOSA, L. J. N.; MENDES, J. E. M. F.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 218-223, 2008.
18. SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M.L.; SILVA, A.A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p. 1011-1020, 2006.
19. STATSOFT, Inc. (2000). **STATISTICA for Windows (Computer program manual)**.Tulsa, USA.
20. VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Corvallis: O & B BOOKS, 1982.
21. ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. SANEST: sistema de análises estatísticas para microcomputadores. Pelotas-UFPel, 1984. 75p.

Recebido em 25/05/2011

Aceito em 29/08/2011