



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

Barbosa Teixeira, Michelle; Loss, Arcângelo; Pereira, Marcos Gervasio; Pimentel, Carlos  
Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 35, núm. 3, junio, 2011, pp. 867-876

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180219357021>

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

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

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

## **DIVISÃO 3 - USO E MANEJO DO SOLO**

### **Comissão 3.1 - Fertilidade do solo e nutrição de plantas**

#### **DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE MILHETO E SORGO<sup>(1)</sup>**

**Michelle Barbosa Teixeira<sup>(2)</sup>, Arcângelo Loss<sup>(3)</sup>, Marcos Gervasio  
Pereira<sup>(4)</sup> & Carlos Pimentel<sup>(5)</sup>**

#### **RESUMO**

O milheto pode ser usado como planta de cobertura para o solo e recicladora de nutrientes em solos de baixa fertilidade natural. O objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes pela parte aérea de plantas de milheto e sorgo deixada sobre o solo. Os tratamentos consistiram de plantas de milheto, com as cultivares pérola ENA 2 e BRS 1501, e plantas de sorgo do híbrido BRS 310. Após o corte, no final do ciclo, amostras da parte aérea foram acondicionadas em bolsas de decomposição distribuídas na superfície das parcelas. A decomposição da matéria seca e a liberação de nutrientes foram monitoradas por meio de coletas dos resíduos, contidos nas bolsas de decomposição, realizadas aos 10, 20, 30, 60, 90 e 120 dias após o corte das plantas. A massa do milheto ENA 2 apresentou menor velocidade de decomposição, com  $t_{1/2}$  (tempo de meia-vida) = 112 dias, sendo maior que a do BRS 1501 (98 dias) e do sorgo (96 dias). Houve rápida liberação de N pelo sorgo, enquanto nas cultivares de milheto a liberação foi gradativa, sendo o K e o Mg os nutrientes liberados mais rapidamente em todas as plantas de cobertura utilizadas. Os resultados indicam que a cultivar de milheto ENA 2 apresenta maior  $t_{1/2}$  para matéria seca, sendo mais favorável para uso em áreas de clima tropical, como planta de cobertura e recicladora de nutrientes, com liberação gradativa de N, P e Ca para o solo.

**Termos de indexação: biomassa vegetal, cultivar ENA 2, fertilidade do solo.**

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em março de 2010 e aprovado em janeiro de 2011.

<sup>(2)</sup> Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia (CPGF), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. BR 465, Km 7, CEP 23890-000 Seropédica (RJ). Bolsista CAPES. E-mail: michellebte@yahoo.com.br

<sup>(3)</sup> Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo, UFRRJ. Bolsista FAPERJ. E-mail: arcangelloss@yahoo.com.br

<sup>(4)</sup> Professor Associado III do Departamento de Solo, Instituto de Agronomia, UFRRJ. Bolsista do CNPq e FAPERJ. E-mail: gervasio@ufrj.br

<sup>(5)</sup> Professor Titular do Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia, UFRRJ. Bolsista do CNPq. E-mail: greenman@amcham.com.br

**SUMMARY: DECOMPOSITION AND NUTRIENT RELEASE FROM MILLET AND SORGHUM BIOMASS**

*Millet can be used as cover crop and enhance nutrient cycling in low-fertility soils. The aim of this study was to evaluate the decomposition rate and nutrient release from shoot residues of millet and sorghum left on the soil surface. The treatments consisted of pearl millet (cultivars ENA 2 and BRS 1501), and sorghum (hybrid BRS 310) plants. After cutting, at the end of the cycle, the shoot samples were placed in decomposition bags distributed on the plot surface. Plant material decomposition and nutrient release were monitored by sampling the material in the bags 10, 20, 30, 60, 90, and 120 days after cutting. The decomposition rate of biomass of millet ENA 2 was slowest ( $t_{1/2}$  (half-life) = 112 days) and higher than of BRS (98 days) and sorghum (96 days). N release by sorghum was rapid, and gradual from millet; K and the Mg were released most rapidly from all covers crops used. Results indicated that the  $t_{1/2}$  of dry matter of millet cultivar ENA 2 was highest, indicating it for tropical areas as cover plant and soil nutrient recycler, with gradual release of N, P and Ca to the soil.*

*Index terms:* plant biomass; cultivar ENA 2; soil fertility.

## INTRODUÇÃO

A taxa de decomposição de resíduos culturais é importante na ciclagem de nutrientes, e o conhecimento dessa dinâmica é fundamental para a compreensão desse processo. Estudos de campo, envolvendo a perda de massa e a liberação de nutrientes pela decomposição de resíduos, com enfoque na dinâmica de distribuição de nutrientes, nos vários compartimentos do sistema palhada-solo ao longo do tempo, são essenciais para o entendimento dessa dinâmica de distribuição e liberação de nutrientes (Kliemann et al., 2006). A permanência da palha na superfície do solo é importante para a manutenção e a proteção do sistema solo-planta, beneficia a manutenção da umidade e favorece a biota do solo e a ciclagem de nutrientes (Brancalão & Moraes, 2008; Calvo et al., 2010). Esse fato reforça a preocupação de produzir biomassa vegetal com decomposição mais lenta, o que significa mantê-la sobre o solo por maior período (Ceretta et al., 2002). O milheto é um exemplo clássico de planta de cobertura que atende a essa premissa, pois apresenta relação C/N de 30 ou maior nas fases de emborrachamento e florescimento (Kliemann et al., 2006).

O milheto fornece palhada mais duradoura na superfície do solo e, com seu sistema radicular mais desenvolvido, podendo alcançar mais de 2,0 m, absorve nutrientes em maiores profundidades, extraíndo e reciclando nutrientes não absorvidos pelas culturas anuais, que têm raízes menos profundas (Alvarenga et al., 2001). Além disso, segundo Foy (1997), com a decomposição do sistema radicular do milheto, ocorre incorporação de carbono em profundidade, o que é muito importante em solos arenosos e de baixa fertilidade natural. Em trabalho desenvolvido no oeste africano, mesmo em solo de baixa fertilidade, a cultura do milheto extraiu, para um rendimento de grãos de

3.100 kg ha<sup>-1</sup>, 132, 28, 65 e 56 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K e Ca, respectivamente, sendo esses valores superiores aos observados em plantas de milho (Norman et al., 1995).

O milheto normalmente é cultivado até a fase de floração, quando é dessecado, com o uso de herbicidas, e cortado para ser efetuada a semeadura da cultura subsequente. Entretanto, o manejo do milheto em outros estádios fenológicos, antecedendo a cultura de verão, ainda é pouco estudado (Carpim et al., 2008). Apesar de os cultivos de milheto no Brasil se voltarem principalmente para a produção de palhada, a introdução de genótipos selecionados também para a produção de grãos, com baixo custo, pode propiciar renda adicional ao produtor (Geraldo et al., 2000; Pimentel et al., 2003); como é o caso da cultivar ENA 2.

Em estudos para avaliação da composição da matéria seca da parte aérea do milheto, Moraes (2001), Oliveira et al. (2002) e Teixeira et al. (2005) quantificaram valores de matéria seca de 9,65 t ha<sup>-1</sup> no estádio de pleno florescimento, 14,18 t ha<sup>-1</sup> aos 100 dias após a semeadura e 2,91 t ha<sup>-1</sup> aos 119 dias após a semeadura, respectivamente; e a quantidade de nutrientes, nos três trabalhos, variou, para o N, de 49 a 64 kg ha<sup>-1</sup>; para o P, de 7 a 25 kg ha<sup>-1</sup>; para o K, de 21 a 166 kg ha<sup>-1</sup>; para o Ca, de 11 a 106 kg ha<sup>-1</sup>; e para o Mg, de 5 a 54 kg ha<sup>-1</sup>. Moraes (2001) observou, após 168 dias de avaliação, uma mineralização de 96,8; 93,6; 95,8; 96,9; e 90,0 %, respectivamente, para N, P, K, Ca e Mg.

Além do milheto, o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) também é uma excelente opção como cultura de cobertura de inverno e produtora de palhada para o sistema plantio direto (SPD), em razão da sua resistência às condições de déficit hídrico, com elevada capacidade de aproveitamento da água e produção de matéria seca (Magalhães et al., 2000). Assim como o

milheto, o sorgo é uma cultura de enorme utilidade em regiões muito quentes e muito secas, onde culturas como o milho não atingem elevada produtividade de grãos ou de forragem (Molina et al., 2000). Segundo Assis et al. (2003), a constante de decomposição (k) e o tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) da palhada de sorgo foram influenciados pela aplicação de N, que acelerou o processo de decomposição em 21 % com relação ao tratamento sem N. Na presença desse nutriente foram necessários 119 dias para ocorrer a decomposição de 50 % da palhada e, na ausência, 150 dias.

Tendo em vista o exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes pela parte aérea de plantas de milheto e sorgo deixada sobre o solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área do Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizado a 22° 45' S, 43° 41' W e 40 m de altitude, em Seropédica, RJ. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw. A precipitação pluvial total, a evaporação total e a temperatura média até o corte final das plantas de cobertura (de outubro a dezembro de 2008) foram de 544 mm, 400 mm e 24 °C, respectivamente. A partir da instalação até a retirada das amostras do campo (janeiro a maio de 2009), a precipitação pluvial total, a evaporação total e a temperatura média foram de 632 mm, 531 mm e 25 °C, respectivamente.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006), apresentando textura franco-arenosa no horizonte A. Os atributos químicos do solo na camada de 0,0-10,0 cm foram: pH em H<sub>2</sub>O = 6,26; Ca + Mg trocáveis (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) = 5,10 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Al trocável (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) = 0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; H + Al (acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>) = 0,99 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; K (Mehlich-1) = 0,13 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; P (Mehlich-1) = 1 mg kg<sup>-1</sup>; carbono orgânico total do solo (COT) = 11,02 g kg<sup>-1</sup>, segundo Embrapa (1997); e N = 0,77 g kg<sup>-1</sup>, segundo Tedesco et al. (1995).

Antes da implantação do experimento, na área havia sido cultivada tangerina (*Citrus* sp.), seguida de soja (*Glycine max*) e, por último, laranja (*Citrus* sp.) e limão-taiti (*Citrus aurantifolia*). Para esses cultivos, foram feitas a calagem e adubações na área, de acordo com a análise de fertilidade do solo e a necessidade das culturas (Geraldo, 2000). Após a retirada do cultivo de laranja e limão, a área experimental permaneceu em pousio por aproximadamente 12 anos. Ao longo desse período, foram feitas roçadas esporádicas, sendo o material roçado deixado sobre o solo. Esse material era

composto basicamente de plantas das famílias das gramíneas, leguminosas, ciperáceas e convolvuláceas.

As plantas de cobertura utilizadas foram: milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), cultivares ENA 2 e BRS 1501, e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), híbrido BRS 310. O experimento foi instalado em 13/10/2008 (período das águas), sendo as sementes colocadas em covas de 2-3 cm de profundidade, com 5 a 10 sementes por cova. Foi feito um desbaste aos 14 dias após a semeadura, mantendo-se uma planta por cova, pelo fato de a maioria das plantas ter atingido o estádio de cinco folhas naquele momento, conforme Geraldo et al. (2000). Não foram realizadas adubações ou irrigações; os tratos culturais consistiram apenas de capinas manuais, para eliminar as plantas invasoras, no início do ciclo das plantas de cobertura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, totalizando 12 parcelas. As parcelas foram constituídas por três tratamentos (duas cultivares de milheto e um híbrido de sorgo), e as subparcelas, por sete épocas de avaliação (0, 10, 20, 30, 60, 90 e 120 dias). Nas parcelas, o milheto e o sorgo foram semeados em cinco linhas de 4 m de comprimento, distanciadas de 0,50 m entre si (população de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>), perfazendo uma área total de 8 m<sup>2</sup>; a área útil utilizada para o desenvolvimento do trabalho foi de 1 m<sup>2</sup> (quatro plantas centrais distanciadas de 0,5 m entre plantas e 0,5 m entre linhas).

Durante o desenvolvimento das plantas de cobertura, foi medida a massa de matéria fresca e seca das plantas, na floração e na maturação, de acordo com o ciclo de desenvolvimento de cada cultivar. Para avaliação na floração (área útil de 1 m<sup>2</sup>), o corte das plantas de milheto foi realizado no dia 11/12/2008 (59 dias após o plantio - DAS), e para o sorgo, no dia 20/12/2008 (68 DAS). Na maturação (ao final do ciclo), todas as plantas foram cortadas manualmente no dia 13/01/2009 (92 DAS) e deixadas sobre o solo. O material proveniente da área útil de 1 m<sup>2</sup> foi pesado logo após o corte (matéria verde) e, em seguida, seco em estufa a 65 °C, a fim de, posteriormente, ser pesado para obtenção da matéria seca.

Em seguida, 10 g desse material foram colocados em bolsas de decomposição de 2 mm de malha, com dimensões de 20 x 20 cm, para avaliação da taxa de decomposição e liberação de nutrientes. Em cada parcela do experimento, foram colocadas seis bolsas de decomposição sobre a superfície do solo, sendo a coleta delas realizada aos 10, 20, 30, 60, 90 e 120 dias. Após a coleta das bolsas de decomposição, o material foi seco em estufa de circulação forçada (65 °C até peso constante), para determinação da matéria seca remanescente. Após a pesagem, o material foi triturado, utilizando moinho tipo Wiley, sendo posteriormente determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg, segundo Tedesco et al. (1995). Também foi determinada a relação C/N das plantas de cobertura

no tempo zero (após o corte na maturação) e o acúmulo dos nutrientes em estudo na parte aérea das plantas de cobertura até os 120 dias após o corte, sendo este obtido pelo produto da matéria seca com o teor dos nutrientes. Durante a avaliação da taxa de decomposição da palhada e da liberação dos nutrientes, a área experimental não foi usada para cultivo subsequente, sendo apenas avaliada a decomposição do material contido nas bolsas de decomposição.

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais e a liberação dos nutrientes estudados, foi utilizado o modelo matemático exponencial descrito por Thomas & Asakawa (1993), do tipo  $X = X_0 e^{-kt}$ , em que  $X$  é a quantidade de matéria seca remanescente após um período de tempo  $t$ , em dias;  $X_0$  é a quantidade inicial de matéria seca ou de nutriente; e  $k$  é a constante de decomposição do resíduo. Com o valor de  $k$ , foi calculado o tempo de meia-vida ( $t_{1/2} = 0,693/k$ ) (Paul & Clark, 1989), que expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha ou para que metade dos nutrientes contidos nos resíduos seja liberada.

Os dados de matéria fresca e seca e o conteúdo de nutrientes remanescentes em cada época de coleta foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F a 5 % entre os tratamentos; havendo significância, os valores médios, para os tratamentos, foram comparados entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Biomassa das plantas na floração e na maturação

A cultivar ENA 2 apresentou maiores valores ( $p < 0,05$ ) de matéria fresca e seca, na floração, quando comparados aos do BRS 1501, mas semelhantes aos do sorgo BRS 310. Entretanto, na maturação, a ENA 2 apresentou maior valor de matéria fresca que o sorgo, porém semelhante aos valores de matéria seca (Quadro 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2005a), avaliando a produção de grãos do milheto ENA 2, semeado na época

da seca, com maiores valores de produção de matéria verde e seca, na floração, para o ENA 2 (14.563 e 2.938 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) quando comparado ao BRS 1501 (12.600 e 2.338 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

As massas de matéria seca do sorgo foram inferiores aos observados por Cruz et al. (2009), ao avaliarem o rendimento de matéria seca para o sorgo BRS 310 cultivado na região da zona da mata do Estado de Alagoas. Esses autores verificaram valores de 4.824 kg ha<sup>-1</sup> no estádio de grão leitoso e 6.397 kg ha<sup>-1</sup> no estádio de grão farináceo. Os maiores valores observados por Cruz et al. (2009), em comparação com os obtidos no presente trabalho, podem ser decorrentes do uso de calagem e adubação com N, P e K, antes da semeadura do sorgo.

Na maturação, observou-se aumento da matéria seca em relação à floração em todas as plantas de cobertura, o qual foi mais acentuado para o milheto ENA 2 e o sorgo. Esse aumento demonstra a manutenção do crescimento e da acumulação de material vegetativo após a floração das plantas de cobertura, o que permite, segundo Norman et al. (1995), a planta se recuperar de um estresse na floração e obter maior biomassa, ainda com alto teor de proteína, como também observado em plantas de milheto por Maiti & Bidinger (1981), Geraldo et al. (2002) e Costa et al. (2005a).

As massas de matéria seca do milheto ENA 2 (3,5 t ha<sup>-1</sup>) e do sorgo (3,6 t ha<sup>-1</sup>) são semelhantes aos observados por Torres et al. (2005), que encontraram valores de 3,6 t ha<sup>-1</sup> para o milheto e 4,0 t ha<sup>-1</sup> para o sorgo, em estudo realizado no ano agrícola de 2001/02 em Uberaba, MG. Entretanto, Carvalho et al. (2008), avaliando a decomposição de plantas de milheto BN-2, em Planaltina, DF, encontraram valores de matéria seca de 2,1 t ha<sup>-1</sup>, os quais foram superiores aos do BRS 1501 e inferiores aos do ENA 2.

Em relação ao rendimento de matéria seca dos milhetos na maturação, resultados diferentes dos deste estudo foram relatados por Costa et al. (2005a,c), os quais avaliaram o rendimento de matéria seca de plantas de milheto BRS 1501 e ENA 2 e observaram que, na maturação, as plantas não apresentaram diferenças na massa de matéria seca. Esses autores

**Quadro 1. Produção de matéria fresca e seca e relação C/N de plantas de cobertura**

| Planta de cobertura | Floração       |              | Maturação      |              | Relação C/N |
|---------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|-------------|
|                     | Matéria fresca | Matéria seca | Matéria fresca | Matéria seca |             |
| $\text{kg ha}^{-1}$ |                |              |                |              |             |
| Milheto ENA 2       | 12.333 a       | 2.833 a      | 9.650 a        | 3.482 a      | 38 a        |
| Milheto BRS 1501    | 5.266 b        | 1.466 b      | 4.736 c        | 1.738 b      | 26 b        |
| Sorgo BRS 310       | 10.800 a       | 2.500 a      | 6.500 b        | 3.560 a      | 24 b        |
| CV (%)              | 16,66          | 12,99        | 14,13          | 7,99         | 15,25       |

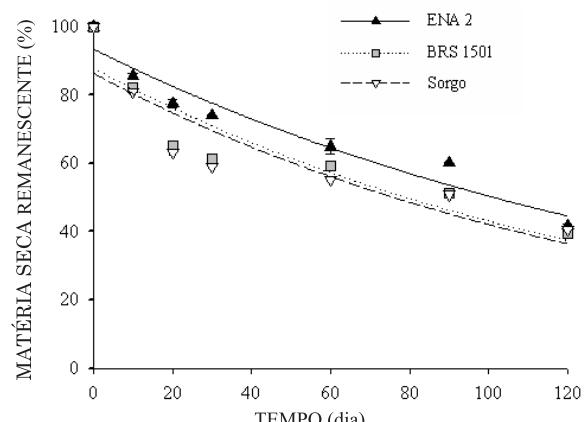
Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

relataram que, para o BRS 1501, a maioria dos perfis acompanha o crescimento do colmo principal (1,27 m), atingindo um tamanho muito próximo ao deste, permitindo assim grande acúmulo de matéria seca após a floração do colmo principal. Ao contrário, para genótipos de milhetos africanos, como o ENA 2, apesar de o colmo principal atingir altura consideravelmente maior que a do BRS 1501 (1,61 m), a maioria dos seus perfis permanece com tamanho inferior. Esse padrão acarreta valores de matéria seca semelhantes na maturação.

Entretanto, neste estudo, o desenvolvimento dos perfis do ENA 2 foi muito semelhante ao do colmo principal, o que pode ter propiciado maior massa de matéria seca no final do ciclo das plantas, quando comparado ao BRS 1501. As diferenças encontradas podem ser decorrentes do balanço hídrico, que neste estudo foi positivo (144 mm), enquanto o balanço hídrico encontrado por Costa et al. (2005a,c) foi negativo (-110 mm). Com a maior disponibilidade de água, os perfis do ENA 2 mostraram maior desenvolvimento e, consequentemente, maior acumulação de matéria seca. Os resultados sugerem que o milheto ENA 2 é mais eficiente que o BRS 1501 em extrair os nutrientes do solo para a manutenção do crescimento e posterior acúmulo de matéria seca, nas condições do presente ano agrícola.

#### Aporte e decomposição de resíduos vegetais

Entre as plantas de cobertura, a cinética de decomposição dos resíduos culturais apresentou padrão semelhante com decaimento exponencial, com progressivo decréscimo da massa de matéria seca. Destaca-se que o milheto ENA 2 foi o que apresentou as maiores quantidades de massa de matéria seca ao longo do período de decomposição (Figura 1). Essa cultivar de milheto também apresentou o maior  $t_{1/2}$ ,



**Figura 1.** Massa de matéria seca remanescente das plantas de cobertura em avaliações realizadas ao longo do tempo em bolsas de decomposição na superfície do solo. (A equação e a significância dos ajustes estão apresentados no Quadro 2).

sendo este de 112 dias. Para o milheto BRS 1501 e o sorgo BRS 310 não foram verificadas diferenças entre os  $t_{1/2}$ , sendo estes de 98 e 96 dias, respectivamente (Quadro 2).

O maior  $t_{1/2}$  do ENA 2 está relacionado com sua maior relação C/N (38), quando comparado com o do BRS 1501 e o do sorgo BRS 310 (26 e 24, respectivamente, Quadro 1). Torres & Pereira (2008) constataram resultados semelhantes aos do presente trabalho, ao verificar maior  $t_{1/2}$  para o milheto, seguido do sorgo, com valores de 131 e 117 dias, respectivamente.

Quanto ao milheto ENA 2, além de apresentar maior relação C/N que o BRS 1501 e o sorgo (Quadro 1), essa cultivar também possui maior proporção de colmos em relação à proporção de folhas (Teixeira, 2010), sendo verificado padrão inverso para as plantas de sorgo e BRS 1501. Segundo Teixeira (2010), 62 % da matéria seca do ENA 2 é proveniente de colmos, ao passo que para o BRS 1501 e o sorgo verificam-se 41 e 45 %, respectivamente, da proporção de colmos em relação à matéria seca total. Portanto, com maior relação C/N e maior proporção de colmos, a biomassa do ENA 2 apresenta decomposição mais

**Quadro 2.** Parâmetros dos modelos ajustados ( $\chi = \chi_0 e^{-kt}$ ) aos valores de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio remanescentes, tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) de cada compartimento e valores de  $R^2$  de cada planta de cobertura

| Tratamento    | Parâmetros da equação de decomposição |                    |                          |        |
|---------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------|
|               | $\chi_0$ <sup>(1)</sup>               | $k$ <sup>(2)</sup> | $t_{1/2}$ <sup>(3)</sup> | $R^2$  |
|               | %                                     | $g g^{-1}$         | (dias)                   |        |
|               |                                       |                    | Matéria seca             |        |
| ENA 2         | 93,41                                 | 0,0062**           | 112                      | 0,93** |
| BRS 1501      | 87,84                                 | 0,0071**           | 98                       | 0,83** |
| Sorgo BRS 310 | 86,34                                 | 0,0072**           | 96                       | 0,80** |
|               |                                       |                    | Nitrogênio               |        |
| ENA 2         | 90,77                                 | 0,0050**           | 139                      | 0,88** |
| BRS 1501      | 85,83                                 | 0,0053*            | 131                      | 0,77*  |
| Sorgo BRS 310 | 82,05                                 | 0,0166*            | 42                       | 0,73*  |
|               |                                       |                    | Fósforo                  |        |
| ENA 2         | 87,15                                 | 0,0061**           | 113                      | 0,83** |
| BRS 1501      | 86,36                                 | 0,0079**           | 88                       | 0,82** |
| Sorgo BRS 310 | 81,59                                 | 0,0070*            | 99                       | 0,74*  |
|               |                                       |                    | Potássio                 |        |
| ENA 2         | 99,70                                 | 0,1685**           | 4                        | 0,98** |
| BRS 1501      | 99,67                                 | 0,1559**           | 4                        | 0,99** |
| Sorgo BRS 310 | 99,75                                 | 0,1093**           | 6                        | 0,99** |
|               |                                       |                    | Cálcio                   |        |
| ENA 2         | 88,74                                 | 0,0111**           | 62                       | 0,87** |
| BRS 1501      | 91,48                                 | 0,0147**           | 47                       | 0,93** |
| Sorgo BRS 310 | 92,39                                 | 0,0283**           | 24                       | 0,87** |
|               |                                       |                    | Magnésio                 |        |
| ENA 2         | 95,54                                 | 0,0358**           | 19                       | 0,94** |
| BRS 1501      | 93,45                                 | 0,0438**           | 16                       | 0,93** |
| Sorgo BRS 310 | 96,56                                 | 0,0637**           | 11                       | 0,94** |

<sup>(1)</sup> Proporção inicial de matéria. <sup>(2)</sup> Constante de decomposição.

<sup>(3)</sup> Tempo de meia-vida; \* e \*\* Significativos a 5 e 1 % pelo teste Tukey.

lenta ( $t_{1/2}=112$  dias) quando comparada à do BRS 1501 ( $t_{1/2}=98$  dias) e à do sorgo ( $t_{1/2}=96$  dias).

A liberação de N e P dos resíduos vegetais (Figuras 2 e 3) mostrou padrão semelhante ao verificado para a decomposição da matéria seca (Figura 1). Para o N, foi observada liberação mais gradativa das plantas de milheto (ENA 2 e BRS 1501), quando comparada à do sorgo, com  $t_{1/2}$  de 139 e 131 dias para o ENA 2 e BRS 1501, respectivamente, e 42 dias para o sorgo (Quadro 2).

No momento do corte das plantas de cobertura, no final do ciclo, o sorgo apresentou, visualmente, maior teor de água quando comparado com as plantas de

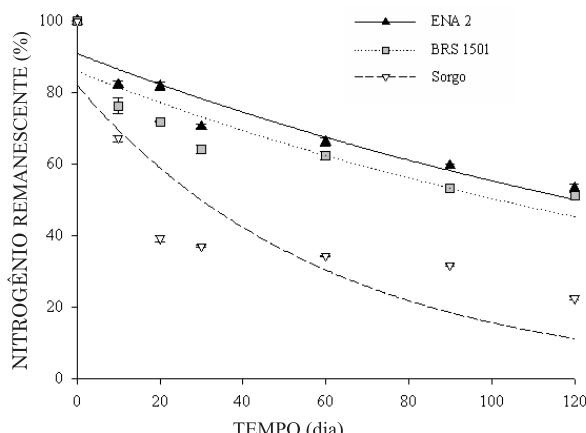
milheto. Em estudo realizado por Teixeira (2010), com as mesmas plantas de cobertura e no mesmo local deste estudo, porém no período da seca (ano agrícola de 2009), verificou-se que em 50 g de matéria fresca (no final do ciclo das plantas de cobertura) o sorgo BRS 310 apresentou 23,61 g de água, sendo observados, para o ENA 2 e BRS 1501, 18,97 e 20,26 g de água, respectivamente. Assim, a liberação mais rápida de N pela palhada do sorgo pode estar associada ao maior teor de água e à menor relação C/N, com exceção do BRS 1501, que apresentou relação C/N semelhante à do sorgo.

Quanto à liberação do N da matéria seca remanescente, de maneira geral, observou-se maior velocidade de liberação desse nutriente nos resíduos do sorgo e menores nos de milheto (Figura 2). Esse padrão está relacionado à menor relação C/N do sorgo (Quadro 1) e também aos menores teores de lignina: 260 g kg<sup>-1</sup> contra 320 g kg<sup>-1</sup> dos milhetos (Teixeira, 2010). Dessa forma, nos resíduos culturais do sorgo, o N é mais facilmente mineralizado, em comparação com os dos milhetos.

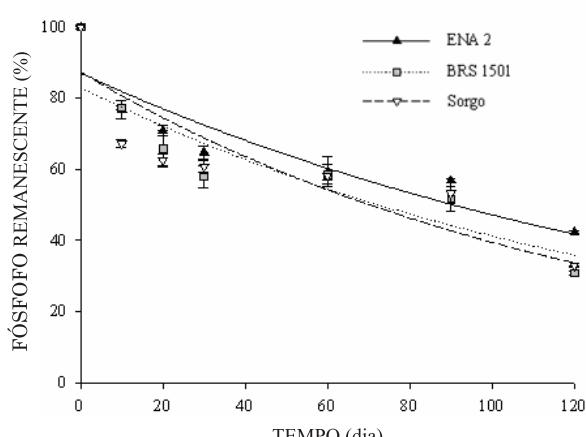
Para o P, observou-se maior  $t_{1/2}$  para o ENA 2 (113 dias) e menor para o BRS 1501 (88 dias), com valor intermediário para o sorgo (99 dias). Comparando-se os  $t_{1/2}$  do P e da matéria seca, observa-se similaridade entre os valores, sendo encontrados, para o ENA 2 e o sorgo, valores de 112 e 96 dias, respectivamente (Quadro 2). Esse padrão demonstra que os fatores e mecanismos responsáveis pela decomposição da biomassa interferem diretamente na liberação de P. Ou seja, a maior relação C/N (Quadro 1) e maior proporção de colmos (Teixeira, 2010) do ENA 2 acarretam diminuição da velocidade de decomposição da biomassa, quando comparado com o BRS 1501 e o sorgo. Em contrapartida, a menor relação C/N (Quadro 1) e a maior proporção de folhas no BRS 1501 e no sorgo (Teixeira, 2010), além de aumentarem a velocidade de decomposição da biomassa, propiciam maior contato entre as folhas e o solo, culminando em maior área exposta para ação dos organismos decompositores, o que favorece um maior taxa de decomposição e, por sua vez, maior liberação de P dos resíduos culturais.

Avaliando a decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura no Noroeste Fluminense (RJ), nas mesmas condições de solo e temperatura deste estudo, Gama-Rodrigues et al. (2007) verificaram que a relação C/N mostrou capacidade preditiva (correlacionou-se positivamente) apenas com as taxas de liberação de N e P. Esse padrão também foi observado neste estudo, e, segundo esses autores, quanto maior a relação C/N, menor será a liberação desses nutrientes por ação dos microrganismos decompositores.

Em relação ao K, verificou-se rápida liberação no início e, aos 40 dias, foram observados reduzidos teores de K na matéria seca remanescente (Figura 4). O  $t_{1/2}$  foi de 4, 4, 6 dias, para ENA 2, BRS 1501 e sorgo

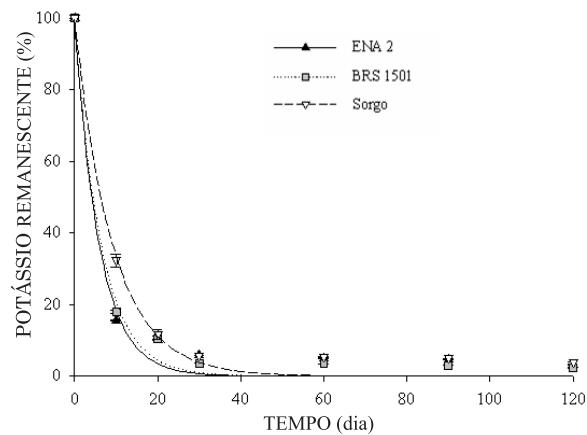


**Figura 2. Teores de nitrogênio na matéria seca remanescente das plantas de cobertura em avaliações realizadas ao longo do tempo em bolsas de decomposição na superfície do solo (A equação e a significância dos ajustes estão apresentadas no Quadro 2).**



**Figura 3. Teores de fósforo na matéria seca remanescente das plantas de cobertura em avaliações realizadas ao longo do tempo em bolsas de decomposição na superfície do solo. (A equação e a significância dos ajustes estão apresentadas no Quadro 2).**

BRS 310, respectivamente (Quadro 2). Observou-se maior liberação de K para o milheto ENA 2, seguido do sorgo e do BRS 1501 (Quadro 3). Esses resultados são corroborados por Torres & Pereira (2008), os quais verificaram que as plantas de milheto apresentaram maior liberação de K ( $56,47 \text{ kg ha}^{-1}$ ) quando comparadas às do sorgo ( $43,01 \text{ kg ha}^{-1}$ ).



**Figura 4. Teores de potássio na matéria seca remanescente das plantas de cobertura em avaliações realizadas ao longo do tempo em bolsas de decomposição na superfície do solo (A equação e a significância dos ajustes estão apresentadas no Quadro 2).**

De maneira geral, a rápida liberação de K ocorrida nos primeiros dias de decomposição indica que a lixiviação seria um dos principais mecanismos de transferência de K para o solo, uma vez que ele não é componente estrutural de qualquer composto das plantas e a mineralização não é um pré-requisito para sua liberação (Gama-Rodrigues & Barros, 2002; Costa et al., 2005b). Adicionalmente, parte do N e P são rapidamente liberados no estádio inicial de decomposição dos resíduos vegetais, podendo também ser perdidos por lixiviação (Giacomini et al., 2003; Gama-Rodrigues et al., 2007). Esse mesmo padrão também foi verificado para o Ca (Figura 5) e Mg (Figura 6) (Gama-Rodrigues et al., 1999, 2007).

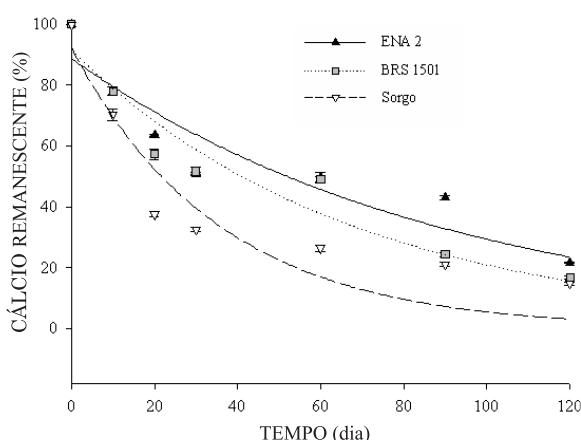
Para os teores de Ca remanescentes, verificou-se liberação mais gradativa para o ENA 2, com  $t_{1/2}$  de 62 dias, e maior liberação para o sorgo, com  $t_{1/2}$  de 24 dias (Figura 5, Quadro 2). Para o Mg, o ENA 2 também mostrou liberação mais gradativa, com  $T_{1/2}$  de 19 dias, e o sorgo apresentou menor  $t_{1/2}$  : 11 dias (Figura 6, Quadro 2). Aos 90 dias, verificou-se que quase todo o Mg foi liberado, não sendo esse padrão verificado para o Ca.

O Ca é um elemento que faz parte da composição estrutural das células (como parede celular); além disso, é cofator de algumas enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e de fosfolipídios e mensageiro secundário na regulação metabólica (Taiz & Zeiger, 2004), apresentando maior dificuldade de ser mineralizado e liberado para o solo.

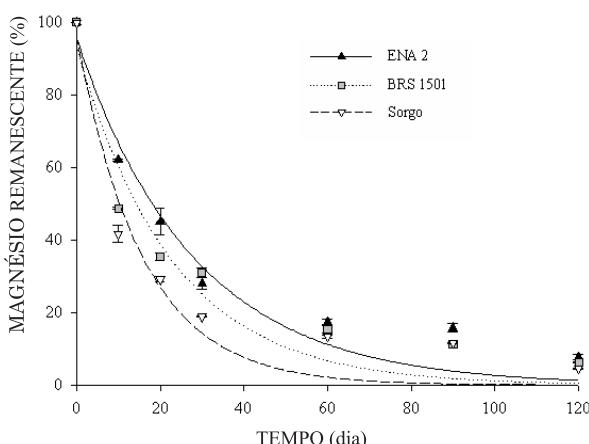
**Quadro 3. Nutrientes remanescentes na matéria seca das plantas de cobertura em bolsas de decomposição na superfície do solo ao longo do tempo**

| Plantas de cobertura | Tempo após o corte (dias) |         |         |         |         |         |         |
|----------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                      | 0                         | 10      | 20      | 30      | 60      | 90      | 120     |
| kg ha <sup>-1</sup>  |                           |         |         |         |         |         |         |
| ENA 2                | 31,34 b                   | 25,77 b | 25,63 a | 22,08 a | 20,75 a | 18,66 a | 16,75 a |
| BRS 1501             | 14,68 c                   | 10,78 c | 10,15 c | 9,04 b  | 8,79 b  | 7,51 b  | 7,20 c  |
| Sorgo BRS 310        | 58,78 a                   | 39,41 a | 22,96 b | 21,72 a | 20,04 a | 18,62 a | 13,10 b |
| Fósforo              |                           |         |         |         |         |         |         |
| ENA 2                | 22,04 a                   | 16,10 a | 14,41 a | 13,66 a | 12,72 a | 11,4 a  | 10,26 a |
| BRS 1501             | 12,44 c                   | 8,95 b  | 7,98 b  | 6,93 b  | 6,67 b  | 6,01 c  | 5,35 c  |
| Sorgo BRS 310        | 19,69 b                   | 15,12 a | 14,23 a | 12,61 a | 11,01 a | 9,12 b  | 8,03 b  |
| Potássio             |                           |         |         |         |         |         |         |
| ENA 2                | 99,03 a                   | 14,59 b | 9,44 a  | 5,43 a  | 4,77 a  | 4,42 a  | 3,06 a  |
| BRS 1501             | 59,06 c                   | 11,24 c | 6,57 b  | 2,24 b  | 2,17 b  | 1,88 b  | 1,44 b  |
| Sorgo BRS 310        | 76,58 b                   | 24,74 a | 8,90 a  | 4,45 a  | 4,13 a  | 3,81 a  | 3,03 a  |
| Cálcio               |                           |         |         |         |         |         |         |
| ENA 2                | 21,83 a                   | 17,27 a | 14,07 a | 11,25 a | 11,00 a | 9,54 a  | 4,81 a  |
| BRS 1501             | 8,57 c                    | 6,76 c  | 4,97 b  | 4,48 b  | 4,24 b  | 2,10 c  | 1,44 b  |
| Sorgo BRS 310        | 11,93 b                   | 8,62 b  | 4,63 b  | 3,99 b  | 3,24 c  | 2,60 c  | 1,78 b  |
| Magnésio             |                           |         |         |         |         |         |         |
| ENA 2                | 10,65 b                   | 6,48 a  | 4,70 a  | 2,92 a  | 1,81 ns | 1,64 a  | 0,80 a  |
| BRS 1501             | 6,45 c                    | 2,95 b  | 2,16 b  | 1,88 b  | 0,94 ns | 0,70 b  | 0,38 c  |
| Sorgo BRS 310        | 12,85 a                   | 5,38 a  | 3,74 ab | 2,42 a  | 1,71 ns | 1,46 a  | 0,57 b  |

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ns: não significativo pelo teste F a 5 %.



**Figura 5. Teores de cálcio na matéria seca remanescente das plantas de cobertura em avaliações realizadas ao longo do tempo em bolsas de decomposição na superfície do solo (A equação e a significância dos ajustes estão apresentadas no Quadro 2).**



**Figura 6. Teores de magnésio na matéria seca remanescente das plantas de cobertura em avaliações realizadas ao longo do tempo em bolsas de decomposição na superfície do solo (A equação e a significância dos ajustes estão apresentadas no Quadro 2).**

O maior acúmulo de N foi verificado na palhada de sorgo, e o de P e K, na palhada de milheto ENA 2. Esses maiores acúmulos de nutrientes demonstram o grande potencial dessas plantas para serem usadas como recicladoras de nutrientes em detrimento às do milheto BRS 1501 (Quadro 3). Em estudo com milheto, sorgo, milho, mucuna-preta e feijão-de-porco, Oliveira et al. (2002) relataram o milheto como a cultura de maior acúmulo de macronutrientes, os quais posteriormente podem retornar ao solo. Os menores teores de todos os nutrientes encontrados na palhada do milheto BRS 1501 estão relacionados com o seu menor rendimento de matéria seca (Quadro 1).

O acúmulo de N no milheto ENA 2, neste estudo, foi inferior ao encontrado por Torres et al. (2005), que obtiveram, com  $3.600 \text{ kg ha}^{-1}$  de matéria seca,  $55,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Entretanto, deve-se ressaltar que neste estudo foi feita uma única semeadura das plantas de cobertura em Argissolo de textura arenosa e sem o uso de adubação. Portanto, o N que o milheto ENA 2 e as demais plantas de cobertura acumularam foi aquele que estava presente no solo ao longo de seu ciclo. Já no trabalho de Torres et al. (2005), os maiores valores de N podem ser atribuídos à presença de resíduos de milheto associados a resíduos culturais do milho, associada à adubação com NPK realizada para a cultura do milho.

Ainda sobre o trabalho de Torres et al. (2005), para o sorgo, esses autores quantificaram valores de  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, com  $4.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de matéria seca – valor inferior ao encontrado neste estudo para o sorgo ( $58,78 \text{ kg ha}^{-1}$  de N com  $3.560 \text{ kg ha}^{-1}$  de matéria seca). Essas diferenças estão relacionadas com o tipo (cultivar) de sorgo, sendo o granífero BRS 310 utilizado neste estudo e o forrageiro no estudo de Torres et al. (2005).

Avaliando a decomposição e liberação de nutrientes com plantas de milheto BN-2, em Planaltina, DF, durante o ano agrícola de 2002/2003, Carvalho et al. (2008) encontraram valores de N de  $20,86 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $1,75 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, com produção de matéria seca de  $2.103 \text{ kg ha}^{-1}$  no período de 50 % do florescimento. Esses autores iniciaram esse experimento no ano de 1997, em um Latossolo de textura argilosa, com a correção da fertilidade do solo. Após a semeadura e posterior dessecagem do milheto, foi semeado milho – esse procedimento foi adotado até 2002/2003. Os valores de N encontrados neste estudo são inferiores aos quantificados para o milheto ENA 2 e superiores aos verificados para o milheto BRS 1501; para o P, os valores encontrados neste estudo são mais elevados que os relatados por Carvalho et al. (2008). Essas diferenças estão relacionadas principalmente com a cultivar de milheto utilizada, sua capacidade de produção de matéria seca, época de corte e fertilidade do solo.

Em estudos sobre plantas de cobertura, observa-se que a quantidade de nutrientes acumulados depende da espécie, da fertilidade do solo, do estádio fenológico na dessecção, da produção de matéria seca, da relação C/N, da época de semeadura, além das condições climáticas de cada estudo (Primavesi et al., 2002; Boer et al., 2007).

Quanto à liberação de nutrientes da matéria seca das plantas de cobertura, verificou-se que após 120 dias houve liberação de 47, 53, 97, 78 e 93 %, respectivamente, de N, P, K, Ca e Mg no material remanescente do ENA 2; de 51, 57, 98, 83 e 94 % para o BRS 1501; e 78, 59, 96, 85 e 95 % para o sorgo. Com exceção do N, os demais macronutrientes apresentaram taxas de mineralização semelhantes aos 120 dias; para esse nutriente, observou-se

mineralização média de 49 % para os milhetos, sendo verificada maior taxa de mineralização de N para o sorgo. Esse padrão indica que pode haver maiores perdas de N por lixiviação da palhada de sorgo quando comparada com a dos milhetos. De acordo com a taxa de mineralização de cada nutriente das plantas de cobertura avaliadas, pode-se adequar a semeadura das culturas comerciais subsequentes, em função de suas necessidades para cada nutriente, diminuindo, dessa forma, os custos com adubação mineral.

Em relação aos nutrientes remanescentes das plantas de cobertura de acordo com a época de avaliação, verificaram-se maiores valores para o milheto ENA 2 e o sorgo aos 60, 90 e 120 dias após o corte para N, P e K, quando comparados com os do milheto BRS 1501 (Quadro 3).

Os nutrientes mais rapidamente liberados foram o K e o Mg; para o primeiro, foi observado que, aos 30 dias, em torno de 95 % do seu conteúdo já havia sido liberado em todas as coberturas. Quanto ao Mg, verificou-se que 72, 71 e 81 % do seu conteúdo já havia sido liberado, para o milheto ENA 2 e BRS 1501 e sorgo, respectivamente (Quadro 3). Esses resultados são confirmados com os menores  $t_{1/2}$  observados para o K (4, 4 e 6 dias, respectivamente, para ENA 2, BRS 1501 e sorgo) e Mg (19, 16 e 11 dias, respectivamente, para ENA 2, BRS 1501 e sorgo), quando comparado com os demais  $t_{1/2}$  do N, P e Ca (Quadro 2).

## CONCLUSÕES

1. A cultivar de milheto ENA 2 apresenta menor taxa de decomposição de biomassa, sendo mais favorável para utilização como planta de cobertura e recicladora de nutrientes em ambiente tropical.

2. O sorgo apresenta maior acúmulo de N, e o milheto ENA 2, maior acúmulo de K e de P em solo arenoso sem adubação.

3. O K e o Mg são mais rapidamente liberados dos resíduos das plantas de cobertura.

## LITERATURA CITADA

- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C. & SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Inf. Agropec., 22:25-36, 2001.
- ASSIS, E.P.M.; CORDEIRO, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C. & BARBOSA, H.P. Atividade microbiana e decomposição da palha de sorgo sob aplicação de nitrogênio em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Resumos...Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A. & PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. Pesq. Agropec. Bras., 42:1269-1276, 2007.

BRANCALIÃO, S.R. & MORAES, M.H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 32:393-404, 2008.

CALVO, C.L.; FOLONI, J.S.S. & BRANCALIÃO, S.R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. Bragantia, 69:77-86, 2010.

CARPIM, L.K.; ASSIS, R.L.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVA, G.P.; PIRES, F.R.; PEREIRA, V.C.; GOMES, G.V. & SILVA, A.G. Liberação de nutrientes pela palhada de milheto em diferentes estádios fenológicos. R. Bras. Ci. Solo, 32:2813-2819, 2008.

CARVALHO, A.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; GERALDO JUNIOR, J. & VIVALDI, L.J. Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. R. Bras. Ci. Solo, 32:2831-2838, 2008.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S. & VIEIRA, F.C.B. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 26:163-171, 2002.

COSTA, A.C.T.; OLIVIERA, L.B.; CARMO, M.G.; PEREIRA, M.B. & PIMENTEL, C. Produção de biomassa e de grãos e resistência à ferrugem no composto ENA 2 de milheto pérola, semeado na época da seca. Agronomia, 39:71-76, 2005a.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. R. Árvore, 29:563-570, 2005b.

COSTA, A.C.T.; GERALDO, J.; OLIVEIRA, L.B.; DIAS, A.H.; PEREIRA, M.B. & PIMENTEL, C. Correlação residual entre caracteres de importância em genótipos de milheto pérola, semeados em duas épocas. R. Univ. Rural. Série Ci. Vida, 25:38-45, 2005c.

CRUZ, S.J.S.; OLIVEIRA, S.S.C.; CRUZ, S.C.S.; MACHADO, C.G. & PEREIRA, R.G. Adubação fosfatada para a cultura do sorgo forrageiro. Caatinga, 22:91-97, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

FOY, C.D. Tailoring plants to fit problem soil – progress and problems for future research. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M. & SHAFFERT, R.E., eds. Plant soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.55-57.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F. & MENDONÇA, E.S. Alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. R. Bras. Ci. Solo, 23:581-592, 1999.

- GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F. & BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1421-1428, 2007.
- GAMA-RODRIGUES, A.C. & BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *R. Árvore*, 26:193-207, 2002.
- GERALDO, J. Avaliação e seleção de cultivares de milheto pérola (*Pennisetum glaucum* (L.) Brown) para o plantio das águas e da seca. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica (RJ), 2002. 86p. (Tese de Doutorado)
- GERALDO, J.; OLIVEIRA, L.D.; PEREIRA, M.B. & PIMENTEL, C. Fenologia e produção de matéria seca e de grãos em cultivares de milheto-pérola. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:1263-1268, 2002.
- GERALDO, J. Avaliação e seleção de cultivares de milheto pérola (*Pennisetum glaucum* (L.) Brown) para o plantio das águas e da seca. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002. 86p. (Tese de Doutorado)
- GERALDO, J.; ROSSILO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P. & PIMENTEL, C. Diferenças em crescimento e produção de grãos entre quatro cultivares de milheto pérola. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:1367-1376, 2000.
- GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E. & AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:1097-1104, 2003.
- KLIEMANN, J.H.; BRAZ, A.J.P.B. & SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. *Pesq. Agropec. Trop.*, 36:21-28. 2006.
- MAGALHÃES, P.C.; DURAES, F.O.M. & SCHAFFERT, R.E. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas, Embrapa-CNPMS, 2000. 46p. (Circular Técnica, 3)
- MAITI, R.K. & BIDINGER, F.R. Growth and development of the pearl millet plant. Patancheru, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1981. 14p. (Research Bulletin, 6)
- MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. & FERREIRA, V.C.P. Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Arq. Bras. Med. Veter. Zootec.*, 52:385-390, 2000.
- MORAES, R.N.S. Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 90p. (Tese de Mestrado)
- NORMAN, M.J.T.; PEARSON, C.J. & SEARLE, P.G.E. Pearl millet (*Pennisetum glaucum*). In: NORMAN, M.J.T.; PEARSON, C.J. & SEARLE, P.G.E., eds. *The ecology of tropical food crops*. Cambridge, Cambridge University Press, 1995. p.164-184.
- OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J. & MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:1079-1087, 2002.
- PAUL, E.A. & CLARK, F.E. *Soil microbiology and biochemistry*. San Diego, Academic Press, 1989. 275p.
- PIMENTEL, C.; GERALDO, J.; COSTA, A.C.T.; PEREIRA, M.B. & MAGALHÃES, J.R. Traits of nitrogen use efficiency for the selection of *Pennisetum glaucum* in an environment of nutrient limitations. *Physiol. Molec. Biol. Plants*, 9:111-116, 2003.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C. & ARMELIN, M.J.A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. *R. Agric.*, 77:89-102, 2002.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.C.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, M.J.B. & MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. *Ci. Agrotecnol.*, 29:93-99, 2005.
- TEIXEIRA, M.B. Teores de nutrientes na palhada e no solo, após o corte das plantas de milheto e sorgo. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010. 48p. (Tese de Mestrado)
- THOMAS, R.J. & ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biol. Biochem.*, 25:1351-1361, 1993.
- TORRES, J.L.R. & PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1609-1618, 2008.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C. & FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:609-618, 2005.