

## Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea*

### Decomposition and mineralization of the nitrogen from the green manure *Crotalaria juncea*

Ellen Rúbia DINIZ<sup>1,2</sup>; Thiago de Oliveira VARGAS<sup>3</sup>; Wander Douglas PEREIRA<sup>4</sup>; Amanda Figueiredo GUEDES<sup>5</sup>; Ricardo Henrique Silva SANTOS<sup>6</sup>; Luiz Alexandre PTERNELLI<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, apresentada ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa/UFV. Pesquisa financiada pelo CNPq

<sup>2</sup> Autor para correspondência; Doutora; Instituto Federal do Paraná; Rodovia PR 466 – Seção C – Parte 2 – Gleba Pindaúva, Ivaiporã-PR; ellen.diniz@ifpr.edu.br

<sup>3</sup> Doutor; Universidade Tecnológica Federal do Paraná; thiagovargas@utfpr.edu.br

<sup>4</sup> Graduação; Universidade Federal de Viçosa; wanderdp@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Graduação; Universidade Federal de Viçosa; manda\_ufv@yahoo.com.br

<sup>6</sup> Doutor; Universidade Federal de Viçosa; rsantos@ufv.br

<sup>7</sup> Doutor; Universidade Federal de Viçosa; peternelli@dpi.ufv.br

Recebido em: 20-05-2013; Aceito em: 09-09-2013

#### Resumo

Estudos de decomposição e mineralização de nutrientes de adubos verdes são feitos com dose fixa, não se avaliando o efeito quantidade. Objetivou-se avaliar a decomposição e a mineralização do nitrogênio (N) de um adubo verde, em função de doses aplicadas ao solo. Os tratamentos consistiram em três doses de adubo verde (3; 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>). O experimento foi instalado, utilizando-se do delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo uma espécie de adubo verde (*Crotalaria juncea* L.) e 9 datas de coleta, com 4 repetições. A decomposição da matéria seca e a mineralização do N foram monitoradas por meio de coletas dos resíduos contidos sob as telas, aos 0; 7; 15; 25; 40; 60; 90; 120 e 150 dias. Foram ajustados modelos não lineares, para separar a matéria seca e o N do adubo verde, em dois compartimentos, sendo um mais facilmente decomponível e outro mais recalcitrante. O tempo de meia-vida [t<sub>(1/2)</sub>] de decomposição da matéria seca correspondeu a três dias no compartimento de decomposição mais decomponível e 134 dias no compartimento de decomposição mais lenta. A taxa de mineralização do N do compartimento de decomposição mais rápida diminuiu com o aumento da dose, apresentando um tempo de meia-vida [t<sub>(1/2)</sub>] de 1,8; 2,4 e 9 dias para as doses 3; 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A taxa de decomposição da matéria seca e a mineralização do N são mais rápidas em menores doses de crotalaria, principalmente nos primeiros dias após a aplicação.

**Palavras-chave adicionais:** adubação verde; doses; leguminosa.

#### Abstract

Studies on the decomposition and mineralization of nutrients from green manure are a fixed dose, not considering the quantity effect. The objective of this study was to evaluate the decomposition and the mineralization of the N of a green manure as influenced by the dose applied to the soil. The treatments consisted of the doses of a green manure (3, 6, and 9 t ha<sup>-1</sup>). The experimental units were distributed in the field according to completely random design in a split-plot scheme with a species of green manure (*Crotalaria juncea*) and 9 dates of collecting with 4 repetitions. The decomposition of the dry matter and the N mineralization were monitored by means of collecting residues under the screens at 0, 7, 15, 25, 40, 60, 90, 120 and 150 days. Non linear models were adjusted to separate the dry matter and the N of the green manure in two compartments with one more easily decomposable and another one more recalcitrant. The half-life [t<sub>(1/2)</sub>] of the dry matter decomposition corresponded to three days in the more available decomposition compartment and 134 days in the slower decomposition compartment. The N mineralization rate in the faster decomposition compartment reduced with increasing doses with a half-life [t<sub>(1/2)</sub>] of 1.8, 2.4, and 9 days for the doses of 3, 6, and 9 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The rate of decomposition of the dry matter and of N mineralization is quicker for the lower doses of crotalaria, mainly on the first days after application.

**Additional keywords:** doses; green manure; legumes; sunn hemp.

## Introdução

Muitas das leguminosas possuem a capacidade da fixação biológica de nitrogênio, acumulando também outros nutrientes do solo em sua massa (PERIN et al., 2004). Durante o processo de decomposição da matéria seca e da mineralização dos nutrientes, estes são disponibilizados às culturas.

O processo de decomposição da matéria seca e a mineralização do N estão relacionados com os seguintes fatores: teor de N, relação C/N, teores de lignina e polifenóis e suas relações associados ao clima, ação dos microrganismos e condições edáficas. Tais fatores podem ser modificados pelo sistema de manejo, em razão da forma de como a adubação verde é aplicada na cultura e do grau de revolvimento do solo (VARGAS & SCHOLLES, 2000).

A taxa de mineralização de nutrientes pode ser diferente dentro de uma mesma espécie. Essa diferença na qualidade do material resulta em diferentes taxas de decomposição da matéria seca e mineralização de nutrientes (MONTEIRO et al., 2002; GAMA-RODRIGUES et al., 2007; MATOS et al., 2008).

Os processos de decomposição do adubo verde e da mineralização do N podem estar diretamente relacionados com o fator quantidade de massa e, conseqüentemente, com a quantidade de N aplicada. É importante considerar previamente que nem todo o N aplicado via adubo verde estará disponível à cultura (AITA & GIACOMINI, 2003; DINIZ et al., 2007; MATOS et al., 2008), mesmo quando aplicado em quantidades superiores ao recomendado, principalmente em se tratando de cultura de ciclo curto, como as olerícolas. Parte desse N permanece no material vegetal até sua completa mineralização.

Além da escolha da espécie, da época mais apropriada para o plantio, da melhor época de corte, do manejo, da qualidade da massa a ser aplicada do adubo verde, existem outros fatores que estão envolvidos na utilização da adubação verde. A taxa de mineralização dos resíduos vegetais depende de sua qualidade, temperatura do ambiente, precipitação pluvial e das características do solo, como mineralogia da fração argila, acidez, atividade biológica e da disponibilidade de nutrientes (THÖNNISSEN et al., 2000). O estudo de doses de adubos verdes é importante, uma vez que nem todo o N estará disponível às plantas devido às particularidades do solo envolvidas no processo de decomposição da massa e da mineralização dos nutrientes dos adubos verdes. Entretanto, estudos de decomposição da matéria seca e da mineralização de nutrientes de adubos verdes são feitos com dose fixa, não se avaliando o

efeito de quantidades de massa. Dessa forma, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a decomposição da matéria seca e a mineralização do N de um adubo verde (*Crotalaria juncea* L.), em função de doses aplicadas ao solo.

## Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no campo, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, localizada a 20°45'14" S e 42°52'53" W, a 650 m de altitude, no período de março a agosto de 2010. A região apresenta inverno frio e seco, e verão quente e chuvoso, com classificação climática de Köppen tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com temperatura média de 19,4°C (máx. 26,4°C e mín. 14,8°C) e precipitação média de 1.221 mm ano<sup>-1</sup>.

A espécie de adubação verde *Crotalaria juncea* foi escolhida por apresentar rápido crescimento e altas taxas de produção de massa, bem como de fixação biológica de nitrogênio. A leguminosa crotalária (*C. juncea*) foi cultivada no campo, no período de 04-09-09 a 13-11-09, colhida com 70 dias e armazenada. As sementes de crotalária foram inoculadas com bactérias apropriadas do gênero *Bradyrhizobium* pelas estirpes produzidas pela coleção de cultura da Embrapa Agrobiologia (*C. juncea* – BR2001). Aproximadamente 40 sementes foram semeadas por metro linear em um espaçamento de 50 cm entre linhas. A leguminosa foi cortada rente ao solo e colocada sobre uma lona para secar, em casa de vegetação, por duas semanas. Em seguida, a crotalária foi triturada em pedaços de aproximadamente 30 cm, colocada em sacos de ráfia e guardada em galpão fechado, até a instalação do experimento.

Os tratamentos consistiram em três doses (3, 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>, base de matéria seca) do adubo verde, conforme descrito por DINIZ (2011). A parcela experimental consistiu em uma área de 30 x 30 cm, onde foram adicionadas sobre a superfície do solo as quantidades de massa de 27; 54 e 81 g equivalente às doses crescentes do adubo verde. O adubo verde foi aplicado sobre o solo na mesma relação talo:folha produzido no campo e coberto com telas de náilon com malha de 4 mm. Ao invés de se usar as sacolas de náilon (*litter bags*), foi utilizada uma técnica denominada de “*covered litter*”, conforme descrito por REZENDE et al. (1999). Os autores destacam possíveis vantagens quanto ao acesso da fauna do solo aos resíduos deixados sobre o solo. O experimento foi instalado, utilizando-se do delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo uma espécie de adubo verde (*C. juncea*) e 9 datas de coleta, com 4 repetições.

A decomposição do adubo verde foi avaliada pela perda de massa da matéria seca ao longo do tempo. As telas foram distribuídas no dia 26-03-10, ao lado de uma área de cultivo, e receberam irrigação periodicamente por aspersão (precipitação de 3 mm h<sup>-1</sup>). As amostras de crotalária foram coletadas aos 0; 7; 15; 25; 40; 60; 90; 120 e 150 dias após a instalação (DINIZ, 2011). Após a coleta, as amostras da matéria seca remanescente do adubo verde foram limpas com água deionizada para a retirada do solo aderido e colocadas para secar a 70 °C, por 48 horas, em estufa de circulação forçada de ar. Em seguida, as amostras foram pesadas, moídas e analisadas quanto ao teor de N. O teor total de N foi determinado pelo método Kjeldahl, segundo TEDESCO et al. (1995).

Amostras do adubo verde na mesma relação talo:folha, produzidos no campo, foram retiradas e secadas em estufa a 70 °C, por 48 horas, em estufa de circulação forçada de ar. A composição bioquímica da crotalária apresentou teores médios de N= 2,21%; polifenóis= 3,11%; lignina= 12,99%; celulose= 39,84%; C/N= 23,04; Lig/N= 5,87; Pol/N= 1,40, e Lig/Pol= 0,32. O teor total de N foi determinado conforme metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995). O carbono total foi calculado a partir do teor de matéria orgânica total, determinada pelo método da perda por ignição (KIEHL, 1985). Os polifenóis foram extraídos com metanol a 50% e determinados por colorimetria, utilizando-se do reagente Folin-Denis (FRIGHETTO & VALARINI, 2000). Os teores de celulose e lignina foram obtidos via fibra detergente ácido, a partir do material vegetal, por ebulição com solução de ácido sulfúrico 0,5 mol L<sup>-1</sup> mais brometo de cetiltrimetilamônio (FRIGHETTO & VALARINI, 2000).

Os modelos de regressão não-lineares foram usados para o estudo das taxas de decomposição da matéria seca e da mineralização do N (WIEDER & LANG, 1982), por meio do método iterativo Gauss-Newton. O modelo assintótico (Modelo 1) e o modelo exponencial duplo (Modelo 2) têm as seguintes equações matemáticas:

Modelo 1 . MSR ou NR = A e<sup>-kat</sup> + (100-A)  
 Modelo 2 . MSR ou NR = A e<sup>-kat</sup> + (100-A) e<sup>-kbt</sup>

**Tabela 1** - Taxa de decomposição da matéria seca, k<sub>a</sub> e k<sub>b</sub>, nos compartimentos A e 100-A, respectivamente, e tempo de meia-vida (t<sub>1/2</sub>) correspondente. *Rate of dry matter decomposition, k<sub>a</sub>, k<sub>b</sub> in compartments A and 100 – A respectively and corresponding half-life.*

Dose do adubo verde (t ha <sup>-1</sup> )	k <sub>a</sub> (A) ----- (dia <sup>-1</sup> ) -----	k <sub>b</sub> (100-A) -----	t <sub>1/2</sub> k <sub>a</sub> (A) ----- (dia) -----	t <sub>1/2</sub> k <sub>b</sub> (100-A) -----
3	0,23647	0,00515	3	134
6	0,01542	-	44	-
9	0,01302	-	53	-

em que: MSR e NR = porcentagem de matéria seca e nitrogênio remanescentes no tempo t (dias); t = tempo de amostragem de 0 a 150 dias; k<sub>a</sub> = taxa constante de decomposição da matéria seca e de mineralização de N do compartimento mais decomponível (A); k<sub>b</sub> = taxa constante de decomposição da matéria seca e de mineralização de N do compartimento de decomposição mais lenta (100-A). A MSR em cada tempo foi calculada a partir da quantidade de matéria seca inicial amostrada no tempo 0. O NR em cada tempo foi calculado a partir da relação entre a quantidade de matéria seca e o teor de N obtido em cada tempo.

O modelo considera que tanto a matéria seca quanto o N do adubo verde podem ser divididos em dois compartimentos. No modelo 1, apenas a MSR ou o NR de um dos compartimentos (A) é decomposta ou mineralizado no período de tempo avaliado, diminuindo exponencialmente a uma taxa constante. No segundo compartimento (100-A), a fração não mineralizada no tempo avaliado é considerada como recalcitrante e, por isso, não sofre transformação. No modelo 2, a MSR ou o NR dos dois compartimentos diminuem exponencialmente a taxas constantes, sendo que a primeira fração (A) é decomposta ou mineralizada a taxas mais elevadas do que a segunda fração (100-A), considerada recalcitrante. A partir dos valores da constante de decomposição da MSR ou do NR em cada compartimento, calculou-se o tempo de meia-vida (t<sub>1/2</sub>), ou seja, o tempo necessário para que 50% da matéria seca ou o N daquele compartimento seja mineralizado para o solo. O tempo de meia-vida (t<sub>1/2</sub>) = ln 0,5/k, segundo PAUL & CLARK (1996). As análises foram realizadas no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, SAEG, versão 9.1 (Funarbe, 2007).

## Resultados e discussão

A decomposição da matéria seca do adubo verde na dose de 3 t ha<sup>-1</sup> ajustou-se ao modelo exponencial duplo, enquanto nas doses de 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>, ajustou-se ao modelo assintótico (Tabela 1). O percentual de massa no compartimento de decomposição mais rápida (k<sub>a</sub>), nas doses de 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>, apresentou valores similares.

Na dose de 3 t ha<sup>-1</sup>, o t<sub>(1/2)</sub> da decomposição da matéria seca foi maior, em relação ao compartimento mais decomponível, cerca de 50%, que em 6 e 9 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 1).

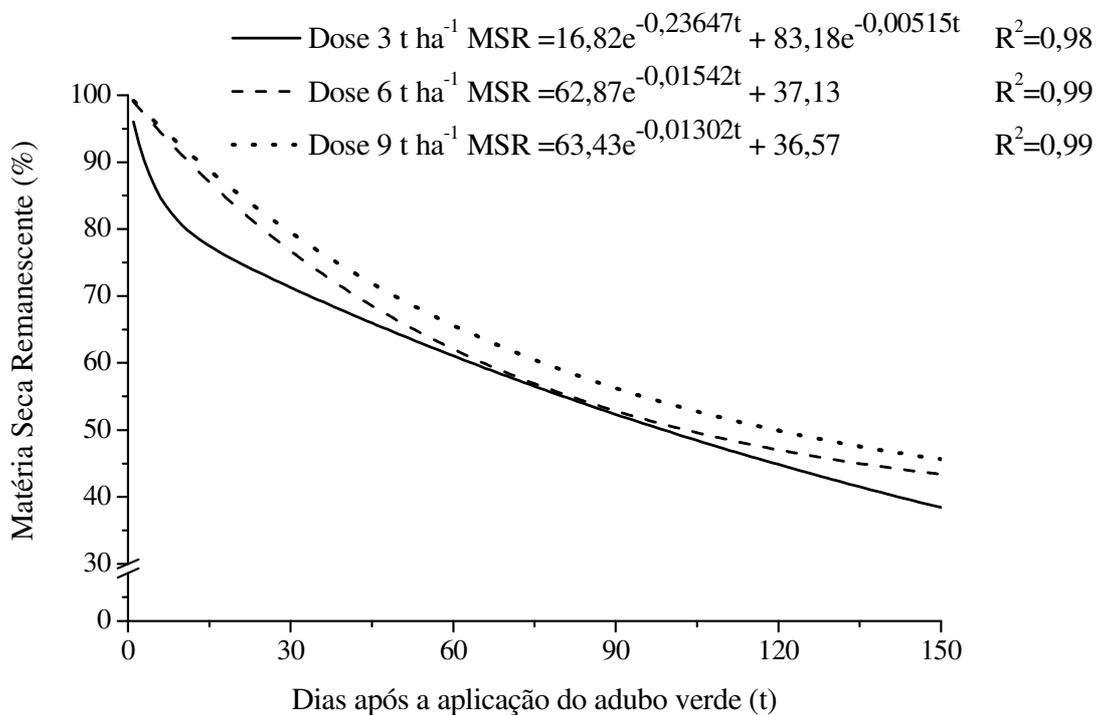
A rápida decomposição e mineralização do N do adubo verde, correspondente à aplicação de 3 t ha<sup>-1</sup>, possivelmente, está relacionada a um maior contato do tecido vegetal com o solo, proporciona o aumento da atividade microbiana (REZENDE et al., 1999; MEYER III et al., 2011; RIUTTA et al., 2012), acelerando o processo de decomposição especialmente na fração de decomposição mais rápida. A maior distribuição do tecido vegetal sobre o solo, na menor dose, proporcionou não só maior decomposição no compartimento mais lábil como também no compartimento de decomposição mais lenta. Analogamente, a maior distribuição do tecido vegetal sobre o solo, na dose 6 t ha<sup>-1</sup> em relação à dose 9 t ha<sup>-1</sup>, também proporcionou maior decomposição da matéria seca no compartimento de decomposição mais rápida.

Até 150 dias, ocorreu decomposição de 62,87 e 63,43% no compartimento mais decomponível para as doses de 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1). O tempo médio para decomposição de 50% da matéria seca de adubo verde, independentemente do compartimento, foi

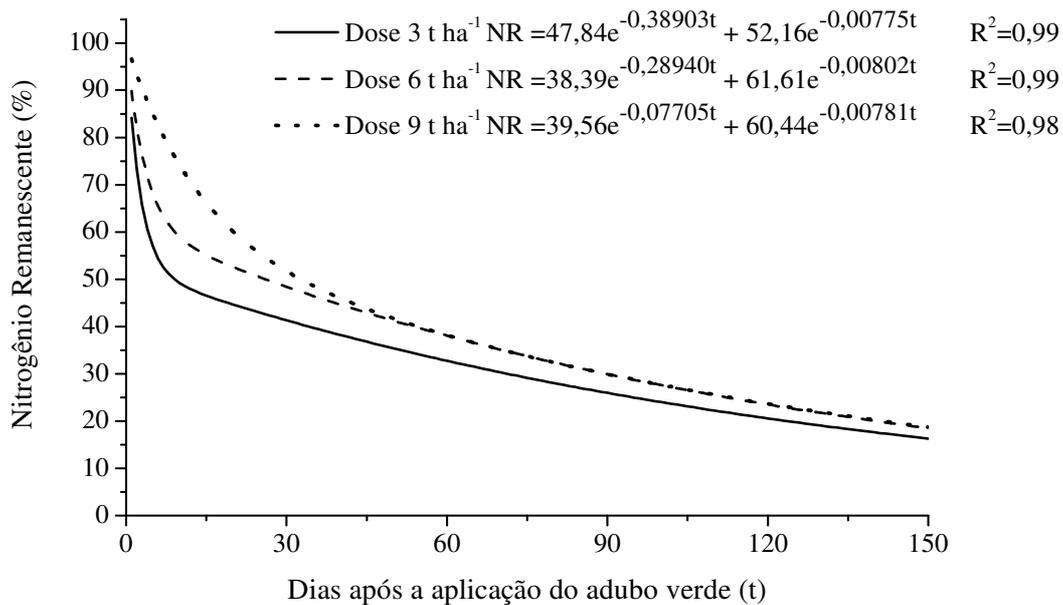
de 98; 102 e 120 dias nas doses de 3; 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. TORRES et al. (2008) relataram que a metade dos resíduos proveniente de crotalária foi decomposta aos 98 dias, com produção de matéria seca similar à primeira dose estudada (3,9 e 3,7 t ha<sup>-1</sup>, nos anos agrícolas de 2000 e 2001, respectivamente). No entanto, SORATTO et al. (2012) observaram que a massa de crotalária atingiu 50% da quantidade inicial aos 65 dias após o manejo, com produção de matéria seca de 8,11 t ha<sup>-1</sup>.

O melhor ajuste do modelo assintótico aos valores de MSR, nas doses 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>, indica que a decomposição da massa na dose de 3 t ha<sup>-1</sup> foi proporcionalmente maior do que aquela ocorrida nessas doses. Sobre uma área igual de aplicação do adubo verde, nas doses de 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>, a camada do adubo verde foi mais alta, propiciando menor contato do material com o solo, diferentemente da menor dose de 3 t ha<sup>-1</sup>.

O modelo exponencial duplo foi o que proporcionou o melhor ajuste aos valores observados de mineralização do N para todas as doses (Tabela 2). A mineralização do N da crotalária foi mais rápida na dose de 3 t ha<sup>-1</sup> (Figura 2, Tabela 2).



**Figura 1** - Efeito do tempo de decomposição sobre a matéria seca remanescente (MSR) da crotalária nas doses estudadas. *Effects of decomposition time on the remaining crotalaria dry matter (MSR) at the studied doses.*



**Figura 2** - Efeito do tempo de decomposição sobre o N remanescente (NR) na massa da crotalária nas doses estudadas. *Effect of time of decomposition on the remaining N (NR) in crotalaria mass at the studied doses*

**Tabela 2** - Taxa de mineralização do nitrogênio,  $k_a$  e  $k_b$ , nos compartimentos A e 100-A, respectivamente, e tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ) correspondente. *Nitrogen rate of mineralization,  $k_a$ ,  $k_b$ , in compartments A and 100-A respectively and corresponding half-life time.*

Dose do adubo verde (t ha <sup>-1</sup> )	$k_a$ (A) ----- (dia <sup>-1</sup> )	$k_b$ (100-A) -----	$t_{1/2} k_a$ ----- (dia)	$t_{1/2} k_b$ -----
3	0,38903	0,00775	1,8	89,4
6	0,28940	0,00802	2,4	86,4
9	0,07705	0,00781	9,0	88,7

A taxa de mineralização do N do compartimento mais facilmente mineralizável ( $k_a$ ) diminuiu com o aumento das doses (Tabela 2). Os valores de  $t_{1/2}$  indicam que, com o aumento da dose de adubo verde, no compartimento mais facilmente mineralizável (A), aumenta-se proporcionalmente o tempo necessário para que 50% do N do tecido vegetal seja mineralizado.

O tempo médio para a mineralização de 50% da quantidade total do N foi de 9; 26 e 32 dias nas doses de 3; 6 e 9 t ha<sup>-1</sup> de adubo verde, respectivamente. A diferença na porcentagem de N liberada na dose de 6 t ha<sup>-1</sup> em relação à dose

de 9 t ha<sup>-1</sup> diminuiu com o passar do tempo, tornando-se similar a partir do ponto estimado, dos 50 dias (Figura 2).

Independentemente da dose aplicada, verificou-se rápida mineralização de N na fase inicial do processo (Figura 2). O adubo verde, na dose de 3 t ha<sup>-1</sup>, mineralizou mais rapidamente o N, seguido das doses de 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>. Ao final de 150 dias após a aplicação do adubo verde, mais de 80% do N aplicado inicialmente via adubo verde já havia sido mineralizado em todas as doses (Tabela 3).

**Tabela 3** - Quantidade de matéria seca e nitrogênio adicionados com a adubação verde e percentual remanescente aos 150 dias. *Dry matter and nitrogen amounts added with green manure and remaining percentage at 150 days.*

Dose do adubo verde (t ha <sup>-1</sup> )	MSR (t ha <sup>-1</sup> )	(%)	Nitrogênio aplicado (kg ha <sup>-1</sup> )	NR (kg ha <sup>-1</sup> )	(%)
3	1,15	38,41	56,70	9,24	16,30
6	2,60	43,35	113,40	20,97	18,50
9	4,10	45,56	170,10	31,84	18,72

MSR = matéria seca remanescente; NR = nitrogênio remanescente.

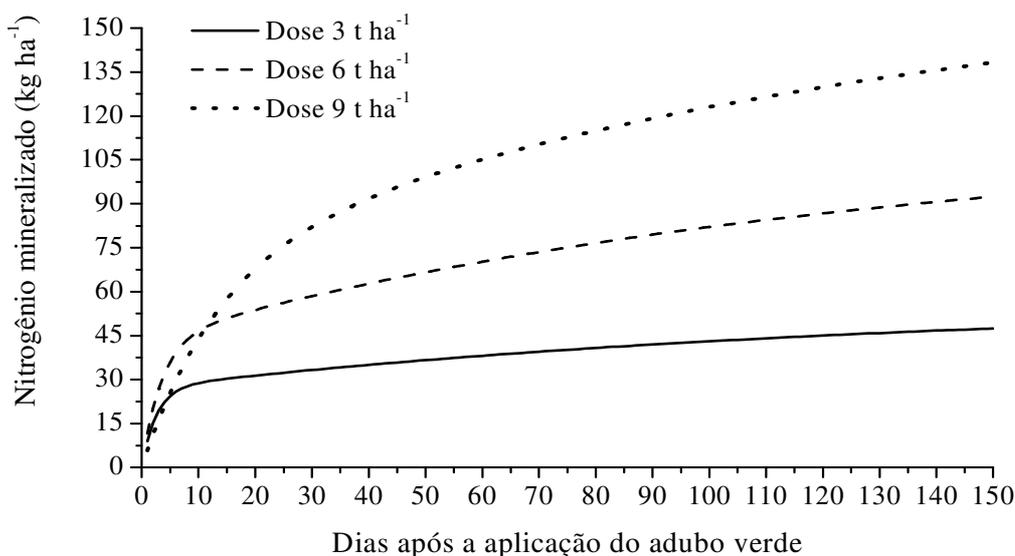
A decomposição das plantas de cobertura depende de processos biológicos influenciados por condições de clima, manejo e solo, e, apesar de a complexa dinâmica do N das leguminosas ser influenciada por vários fatores, a relação C/N no tecido vegetal governa o padrão de decomposição (AMADO et al., 2002; AITA & GIACOMINI, 2003; MATOS et al., 2011). Esses autores ressaltam que, quando as espécies de gramíneas e leguminosas são consorciadas, a decomposição dos resíduos depende da proporção entre as espécies que compõem o consórcio e da relação C/N resultante. Entretanto, o presente estudo demonstra que, considerando uma mesma espécie, o padrão de decomposição pode ser modificado quando se utilizam diferentes quantidades de massa, e essa mudança influencia na mineralização do N, principalmente no início do processo de decomposição. O fato de o modelo exponencial duplo ter-se ajustado melhor aos valores de NR nas maiores doses (6 e 9 t ha<sup>-1</sup>) os valores de MSR indicam que a diminuição das quantidades de N nos resíduos do adubo verde foi proporcionalmente maior do que aquela ocorrida na matéria seca.

A rápida mineralização do N em detrimento da decomposição da matéria seca, utilizando-se da mesma espécie em estudo, foi verificada por SORATTO et al. (2012) e MARCELO et al. (2012). TORRES et al. (2008) observaram que a maior taxa de decomposição da massa e de mineralização do N em *C. juncea*

ocorreu no mesmo período (42 dias após o manejo). No entanto, o manejo adotado neste trabalho foi diferente, pois o adubo verde foi seccionado em pequenos fragmentos (5 cm), o que pode explicar o comportamento similar entre estes dois processos.

Além das características químicas e bioquímicas das plantas, a dose também é importante fator a ser considerado na recomendação da adubação verde, por influenciar tanto na decomposição como na mineralização do N. PALM et al. (2001) sugerem que plantas utilizadas como adubos verdes em cultivos anuais devem ter seu teor de N igual ou superior a 2,5%, e, caso o teor de N esteja abaixo, os teores de lignina e polifenóis devem estar abaixo de 15 e 4%, respectivamente. Neste estudo, apesar do baixo teor de nitrogênio (2,21%), os teores de lignina (12,99%) e de polifenóis (3,11%) estão dentro dos valores sugeridos por PALM et al. (2001).

No décimo segundo dia, a quantidade de N mineralizada na dose de 6 t ha<sup>-1</sup> foi mais elevada do que na dose de 9 t ha<sup>-1</sup>. Na segunda semana, o percentual de massa decomposta nas doses de 6 e 9 t ha<sup>-1</sup> correspondeu a 10,6 e 9,2%, respectivamente, enquanto a proporção de N mineralizada na dose de 6 t ha<sup>-1</sup> foi 46% mais elevada do que na dose de 9 t ha<sup>-1</sup>. Em média, as doses de 6 e 9 t ha<sup>-1</sup> mineralizam 49 kg ha<sup>-1</sup> de N, ao passo que, ao longo do tempo, a dose de 9 t ha<sup>-1</sup> proporcionou maior mineralização (Figura 3).



**Figura 3** – Efeito do tempo de decomposição sobre a mineralização acumulada do nitrogênio da massa de crotalaria nas doses de 3, 6 e 9 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca. *Effect of the time of decomposition on the accumulated mineralization of N in the mass of crotalaria at the doses of 3,6, and 9 t ha<sup>-1</sup> of dry matter.*

Nos primeiros dias após a aplicação do adubo verde, a quantidade mineralizada do material nas maiores doses encontrava-se superior à menor ( $6 \approx 9 \gg 3 \text{ t ha}^{-1}$ ). Com o passar do tempo, a quantidade mineralizada na maior dose encontrava-se superior às demais ( $9 > 6 > 3 \text{ t ha}^{-1}$ ). Aos 150 dias, as quantidades mineralizadas foram proporcionais às doses.

Em trabalho sobre a decomposição e a mineralização do N da massa de *Crotalaria juncea* utilizada como cobertura morta do solo, foi verificado que, após 35 dias de cultivo de alfaca, a matéria seca e o N remanescente foram de 49,3 e 32,7%, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2008). No presente trabalho, os valores apresentados aos 35 dias para matéria seca e o N remanescentes foram 69 e 39% para a dose de  $3 \text{ t ha}^{-1}$ , 73 e 46% para a dose de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  e de 76 e 48% para a dose de  $9 \text{ t ha}^{-1}$ . Entretanto, tais autores não consideraram o efeito da dose na avaliação, e a aplicação do adubo verde foi realizada em uma camada uniforme de massa com espessura de 5,0 cm sobre os canteiros. A avaliação da decomposição foi feita pela amostragem de 25 g de material acondicionados em sacolas de polietileno de 40 x 30 cm, com malha de 2 mm, distribuídos na superfície das parcelas experimentais (OLIVEIRA et al., 2008) e, proporcionalmente, a dose adicionada foi menor do que a menor dose estudada no presente trabalho.

Possivelmente, a decomposição em resíduos vegetais diretamente sobre o solo (*covered litter*) seja mais rápida do que em sacolas de náilon (*litter bags*), devido ao contato direto do solo com os tecidos vegetais. Segundo REZENDE et al. (1999), estudos conduzidos pela técnica "*covered litter*" possuem um resultado mais realista do que acontece com os resíduos vegetais no campo, pelo acesso da macrofauna do solo ao material em decomposição (MEYER III et al., 2011; RIUTTA et al., 2012).

Aos 60 e 90 dias, a decomposição da matéria seca foi de 68 e 75%, respectivamente, na dose de  $3 \text{ t ha}^{-1}$ . CARVALHO et al. (2008) relatam que a decomposição da crotalária (C/N=21) em sacos de tela de náilon incorporados ao solo foi mais rápida do que quando os sacos foram deixados em superfície. Neste caso, aos 60 e 90 dias, a decomposição da crotalária foi de 17 e 39% respectivamente, quando incorporada e 16 e 33% quando deixado em superfície, na dose de  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ , estimada a partir da área do saco de náilon. No presente estudo, a decomposição da crotalária foi mais rápida, mesmo apresentando uma relação C/N mais alta, resultado que possivelmente se deve ao contato direto do material vegetal na superfície do solo, além das condições de umidade favorecidas pela irrigação constante.

A mineralização do N aos 150 dias após a aplicação do adubo verde correspondeu a 83% para a dose de  $3 \text{ t ha}^{-1}$  e 81% para as doses de 6 e  $9 \text{ t ha}^{-1}$  da quantidade aplicada. Entretanto, além da mineralização do N, outros processos, como a imobilização, a lixiviação e a volatilização, atuam na disponibilização de nutrientes às culturas. O potencial de mineralização e de imobilização do N de leguminosas foi avaliado por MATOS et al. (2008) durante sete semanas. Os autores relatam maior mineralização na primeira semana, seguida de mineralização negativa, especialmente até a terceira ou quinta semanas devido à predominância do processo de imobilização, período após o qual os teores de N mineral indicaram mineralização positiva. No estudo feito por RIBAS et al. (2010), os autores verificaram um aumento do percentual de perda de N por volatilização à medida que aumenta a dose de mucuna-cinza, com perda de aproximadamente  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na dose de  $8 \text{ t ha}^{-1}$ . Na maior dose, devido ao menor contato com o solo, há formação de amônia diretamente na massa vegetal em decomposição, devido à sua alcalinização, resultando em volatilização, sem passar pelo solo, como relatado por JANZEN & MCGINN (1991).

Considerando que há maior perda relativa de N em doses mais elevadas, os resultados do presente trabalho evidenciam a importância do ajuste de doses de adubos verdes associada ao tempo e à quantidade de N necessária às culturas. Analisando uma situação prática, pode ser mais vantajoso aplicar pouco material, menor dose, com maior frequência do que uma dose elevada de uma só vez, equilibrando quantidade e velocidade de mineralização dos nutrientes.

## Conclusões

A taxa de decomposição da matéria seca e da mineralização do N é mais rápida em menores doses de crotalária, principalmente nos primeiros dias após a aplicação.

Os resultados demonstram que, para garantir uma mineralização mais rápida do N nos primeiros dias de crescimento da cultura subsequente, doses menores de adubo verde, como  $3 \text{ t ha}^{-1}$ , poderão ser aplicadas. Entretanto, se a adubação verde for direcionada para sincronizar o fornecimento de N com a demanda ao longo do ciclo de culturas, como as olerícolas ou as anuais, a aplicação de maiores doses fornecerá maior quantidade de N.

**Agradecimentos**

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor e pelo suporte financeiro da pesquisa.

**Referências**

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**, Viçosa, MG, v.27, p.601-612, 2003.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.241-248, 2002.

CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; SOUSA JUNIOR, J. G. A.; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, p.2831-2838, 2008.

DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.199-206, 2007.

DINIZ, E. R. **Efeito de doses de adubo verde em cultivo sucessivos de brócolis, abobrinha e milho**. 2011. 101f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198p.

FUNARBE - Fundação Arthur Bernardes [Funarbe]. **Sistema para Análises Estatísticas (SAEG)**, Versão 9.1: UFV – Viçosa, 2007.

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). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.31, p.1421-1428, 2007.

JANZEN, H. H.; MCGINN, S. Volatile loss of nitrogen during decomposition of legume green

manure. **Soil Biology & Biochemistry**, Philadelphia, v.23, p.291-297, 1991.

KIEHL, J. B. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres. 1985. 492p.

MARCELO, A. V.; CORA, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta: II - decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.36, p.1568-1582, 2012.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. C.; COELHO, M. S.; MATEUS, R. F.; CARDOSO, I. M. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, p.2027-2035, 2008.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; LIMA, P. C.; FREESE, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.141-149, 2011.

MEYER III, W.M.; OSTERTAG, R. ; COWIE, R.H. Macro-invertebrates accelerate litter decomposition and nutrient release in a Hawaiian rainforest. **Soil Biology & Biochemistry**, Philadelphia, v.43, p.206-211, 2011.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; JUNIOR, D. M.; REGAZZI, A. J. ; FONSECA, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.31, p.1092-1102, 2002.

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. S. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, p.216-220, 2008.

PALM, C. A.; CATHERINE, C. N.; DELVE, R. J.; CADISCH, G. ; GILLER, K. E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Philadelphia, v.83, p.27-42, 2001.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2<sup>nd</sup>.ed. California: Academic Press, 1996. 340p.

- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.35-40, 2004.
- REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, New York, v.54, p.99-112, 1999.
- RIBAS, R. G. T.; SANTOS, R. H. S.; SIQUEIRA, R. G.; DINIZ, E. R.; PETERNELLI, L. A.; FREITAS, G. B. Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, p.878-885, 2010.
- RIUTTA, T.; SLADE, E. M.; BEBBER, D. P.; TAYLOR, M. E.; MALHI, Y.; RIORDAN, P.; MACDONALD, D. W.; MORECROFT, M. D. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. **Soil Biology & Biochemistry**, Philadelphia, v.49, p.124-131, 2012.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F.; CASTRO, G. S. A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, p.1462-1470, 2012.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- THÖNNISSEN, C.; MIDMORE, D. J.; LADHA, J. K.; OLK, D. C.; SCHMIDHALTER, U. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, p.253-260, 2000.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.421-428, 2008.
- VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um solo Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, p.35-42, 2000.
- WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Ithaca, v.63, p.1636-1642, 1982.