

III-052 - MINERALIZAÇÃO DO RESÍDUO PROVENIENTE DA SECAGEM DOS GRÃOS DE PIMENTA-DO-REINO APLICADO SUPERFICIALMENTE NO SOLO

Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco ⁽¹⁾

Graduada em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Agrícola (UFV). Doutora em Recursos hídricos e ambientais (UFV). Professora do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa.

Igor Rozado Bosa ⁽²⁾

Graduando em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa.

Henrique Teodoro Barth ⁽³⁾

Graduando em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa.

Vinicius Bonatto Roldi ⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa.

Gustavo Haddad Souza Vieira ⁽⁵⁾

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Agrícola (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola (UFV). Atualmente é Professor Titular do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, campus Santa Teresa.

Endereço⁽¹⁾: Rodovia ES-080 - Km 92 – São João de Petrópolis – Santa Teresa – ES – CEP: 29650-000 – Brasil – Tel: (27) 3259-7878 – e-mail: paolalm@ifes.edu.br

RESUMO

O aproveitamento de resíduos do beneficiamento dos grãos de pimenta-do-reino (moinha de pimenta) como adubo de culturas agrícolas implica na necessidade de se conhecer a dinâmica de sua decomposição e liberação dos nutrientes neles contidos, de modo a auxiliar o produtor rural no manejo desses resíduos, sobretudo na melhor época de sua aplicação. Objetivou-se avaliar a dinâmica do carbono e do nitrogênio orgânicos durante o processo de mineralização do referido resíduo, quando aplicados superficialmente em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd). O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente ao acaso, com dez tratamentos, relacionados a diferentes períodos pós-disposição no solo (0, 7, 13, 20, 27, 34, 48, 69, 98, 147 dias) e quatro repetições. Amostras foram coletadas para as quantificações das concentrações do carbono orgânico facilmente oxidado (COfo), nitrogênio orgânico (NO) e nas determinações de suas respectivas frações mineralizadas. A avaliação da mineralização do COfo, por ser mais estável e menos suscetível às variações climáticas, foi a mais apropriada para a estimativa da fração mineralizada do resíduo. A aplicação da moinha de pimenta em LVAd, durante o mês de agosto, proporciona, após 140 dias, frações mineralizadas de COfo e NO em torno de 99 e 60%, respectivamente, nas condições climáticas da região Serrana do Espírito Santo.

PALAVRAS-CHAVE: Moinha de pimenta, dinâmica de decomposição, adubação.

INTRODUÇÃO

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), também conhecida como pimenta-da-Índia, é uma planta trepadeira de grande produtividade e uma das mais valorizadas condimentares do mundo, com grande valor econômico, permitindo que a atividade desenvolvida pelos pipericultores seja altamente rentável. O Espírito Santo é o segundo maior produtor de pimenta-do-reino do Brasil, com uma área de 9706 ha destinados ao cultivo, com rendimento médio de 3566 kg ha⁻¹ (IBGE, 2017).

No processo de beneficiamento da pimenta-do-reino há uma etapa na qual se utilizam secadores, onde é gerado um resíduo conhecido na região norte do estado do Espírito Santo por “moinha de pimenta”. De maneira semelhante à moinha de café (Meneghelli et al. 2016), a moinha de pimenta é composta por restos vegetais tais como folhas, galhos, restos de inflorescências e grãos mal formados da própria pimenteira, que, quando secados sofrem queima e são rejeitados do secador. Diariamente, durante o beneficiamento dos grãos de pimenta, os produtores retiram esse resíduo depositado abaixo do secador, o estocam e posteriormente realizam sua

distribuição nas lavouras da própria pimenteira, por conter muitos nutrientes para as plantas. No entanto, os produtores desconhecem como é a dinâmica desse material orgânico no solo e quando estará mineralizado, para que se possa planejar a adubação da cultura de forma que possa absorver eficientemente os nutrientes disponibilizados, o que depende das condições edafoclimáticas da região.

O aproveitamento agrícola desses resíduos é uma alternativa econômica e ambientalmente viável, quando as doses de aplicação estiverem adequadas para atendimento das necessidades das culturas, sem que haja disponibilização acima da sua capacidade em absorver nutrientes (Matos, 2010). O potencial de utilização desses resíduos na adubação das culturas implica na necessidade de se conhecer a dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes neles contidos, visando-se estabelecer estratégias que permitam sincronizar a liberação de nutrientes com a época de maior demanda pelas culturas agrícolas (Pitta et al., 2012).

Segundo Matos (2010), o uso de resíduos orgânicos na agricultura, como fertilizante, além de disponibilizar macro e micronutrientes, também representa proteção ambiental e conservação de recursos naturais, uma vez que, dentre outros benefícios, a correta disposição dos resíduos no solo proporciona melhoria da estruturação e da estabilização dos agregados, aumento da porosidade total, melhoria das condições físico-hídricas, aumento da capacidade de retenção de água e complexação/quelatação de substâncias tóxicas. Por outro lado, se os resíduos forem dispostos acima da capacidade de suporte do solo ou da necessidade das culturas pode gerar problemas ambientais associados às perdas de nitrogênio, aumento na população de patógenos e vetores e na concentração de metais pesados além de possibilitar a salinização de solos agrícolas (Pereira et al., 2015).

Diante disso, alguns trabalhos tais como os conduzidos por Pereira et al. (2015), Paula et al. (2013) e Diniz et al. (2016) foram realizados com o intuito de avaliar a mineralização e degradação de alguns resíduos no solo, sendo a fração mineralizada importante variável na definição das doses de sua aplicação no solo (Paula, 2012). A obtenção dessa é, entretanto, complexa e influenciada por grande número de fatores que interferem na dinâmica do C e N no solo, como condições edafoclimáticas, características do resíduo e forma como ele é disposto no solo (Paula et al., 2013).

Em decorrência da falta de informações sobre a dinâmica de mineralização da moinha de pimenta-do-reino no solo e, sobretudo nas condições edafoclimáticas da região Serrana do Espírito Santo, esse estudo torna-se essencial, pois possibilita o uso e a época correta de aplicação desses resíduos agrícolas no solo. Tal fato proporciona a eliminação de um problema ambiental das propriedades que geram tais resíduos, em razão de serem aproveitados e dispostos de forma harmônica no meio ambiente e, ao mesmo tempo, promove redução nos custos de adubação, beneficiando toda a cadeia, do produtor ao consumidor. Assim, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a dinâmica do carbono e do nitrogênio orgânico durante o processo de mineralização do resíduo proveniente da secagem dos grãos de pimenta-do-reino (moinha de pimenta), quando aplicados superficialmente no solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condição de campo, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, no Ifes campus Santa Teresa, no município de Santa Teresa, Espírito Santo, nas coordenadas geográficas: latitude de 19°48' Sul, longitude 40°40' Oeste e altitude de 130 m. A temperatura média anual é de 24 °C e a pluviosidade entre 900 e 1200 mm.

O resíduo proveniente da secagem dos grãos de pimenta-do-reino foi coletado em um secador de uma propriedade agrícola, localizada no Município de São Mateus, Espírito Santo. Os resíduos foram utilizados na forma como foram coletados, ou seja, sem trituração ou peneiramento.

A caracterização química e físico-química da moinha de pimenta foi realizada no Laboratório de Qualidade da Água e de Resíduos Sólidos do IFES – campus Santa Teresa. A análise físico-química consistiu na determinação da condutividade elétrica (CE), por meio de um condutivímetro de bancada. A análise química consistiu na determinação do pH, por meio de um peagâmetro de bancada, e na quantificação das concentrações de carbono orgânico facilmente oxidável (CO_{fo}), carbono orgânico total (CO_T), nitrogênio total (N_T), fósforo (P) e potássio (K), seguindo-se metodologia descrita por Matos (2015). Na Tabela 1 apresentam-se os atributos químicos e físico-químico da moinha de pimenta utilizada no experimento.

Tabela 1. Atributos químicos e físico-químico (CE) da moinha de pimenta utilizada no experimento

pH	CE	CO _{fo}	CO _T	N _T	P _T	K	Na	C/N
	dS m ⁻¹dag kg ⁻¹						
7,50	1,92	36,2	47,0	1,90	0,22	0,33	0,05	24,7

¹pH – potencial hidrogeniônico em água; CE – condutividade elétrica 1:2,5 (v:v); CO_{fo} - carbono orgânico facilmente oxidável; CO_T- carbono orgânico total; N_T - nitrogênio total; P - fósforo; K – potássio.

A dose de resíduo aplicada foi baseada na quantidade requerida de N para uma produção de 6000 kg ha⁻¹ pela pimenteira, com densidade de plantio de 1000 plantas ha⁻¹ o que equivale a 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, conforme recomendado por Prezotti et al. (2007). As quantidades equivalentes aplicadas por área foram calculadas, considerando-se 2.000.000 kg de solo por hectare (massa de solo em 10.000 m², para a camada 0-0,2 m de profundidade e com densidade do solo de 1,12 kg dm⁻³).

O experimento foi conduzido segundo delineamento inteiramente ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições, sendo considerados na composição dos tratamentos os diferentes períodos pós-condicionamento do resíduo nos anéis (0, 7, 13, 20, 27, 34, 48, 69, 98 e 147 dias).

O acompanhamento do processo de mineralização foi realizado enterrando-se anéis perfurados de tubulação de PVC com 20 cm de diâmetro e 5 cm de altura, para permitir o livre movimento de solutos entre os dois meios (Figuras 1 e 2).



Figura 1. Anéis perfurados utilizados para acondicionar o resíduo do beneficiamento de grãos do café no solo.



Figura 2. Detalhe do cravamento dos anéis no solo e da disposição do resíduo sobre a superfície do solo.

O resíduo foi aplicado superficialmente sobre o solo, no interior dos anéis. Amostras com, aproximadamente, 100 cm³ de material foram coletadas aos 0, 7, 13, 20, 27, 34, 48, 69, 98, 147 dias, após a instalação do experimento, para análise da concentração do carbono orgânico facilmente oxidado (COfo) e das concentrações de nitrogênio total, nitrogênio inorgânico nas formas amoniacal (NH₄⁺) e nítrica (NO₃⁻), seguindo-se o método descrito por Matos (2015).

Os teores de COfo e NO, obtidos no tempo de 0 a 147 dias, foram utilizados diretamente na Equação 1, para a obtenção das frações mineralizadas observadas (FmCOfo(ob)), propostas por Paula et al. (2013).

$$FmCOfo(Ob) = 100 * [(COfo(Trat)in - COfo(Cont)in) - (COfo(Trat)fin - COfo(Cont)fin)] / (COfo(Trat)in - COfo(Cont)in) \quad \text{equação (1)}$$

Em que:

COfo(Trat)in e COfo(Trat)fin = C orgânico facilmente oxidável no solo/resíduo, respectivamente no início e final do período de incubação da amostra (dag kg⁻¹);

COfo(Cont)in e COfo(Cont)fin = C orgânico facilmente oxidável no solo, respectivamente no início e final do período de incubação da amostra (dag kg⁻¹).

No que se refere ao nitrogênio orgânico (Equação 2):

$$\text{FmNO(Ob)} = 100 * [(\text{NO(Trat)in} - \text{NO(Cont)in}) - (\text{NO(Trat)fin} - \text{NO(Cont)fin})] / (\text{NOfo(Trat)in} - \text{NOfo(Cont)in}) \quad \text{equação (2)}$$

Em que:

NO(Trat)in e NO(Trat)fin = N orgânico no solo/resíduo, respectivamente no início e final do período de incubação da amostra (dag kg⁻¹);

NO(Cont)in e NO(Cont)fin = N orgânico no solo, respectivamente no início e final do período de incubação da amostra (dag kg⁻¹).

Os teores de C orgânico COfo(min) e N orgânico NO(min), mineralizados ao longo do tempo, foram obtidos pelas diferenças entre os teores no dia em que foi aplicado o resíduo (Dia zero) e os quantificados na data imediatamente posterior.

Dados climáticos de precipitação e temperatura foram coletados durante os meses de agosto de 2018 a janeiro de 2019, na estação meteorológica do IFES- *campus* Santa Teresa, para serem utilizados como informações auxiliares na discussão dos resultados. Dessa forma, apresenta-se na Figura 3 os dados de temperatura do ar e precipitação durante o período experimental.

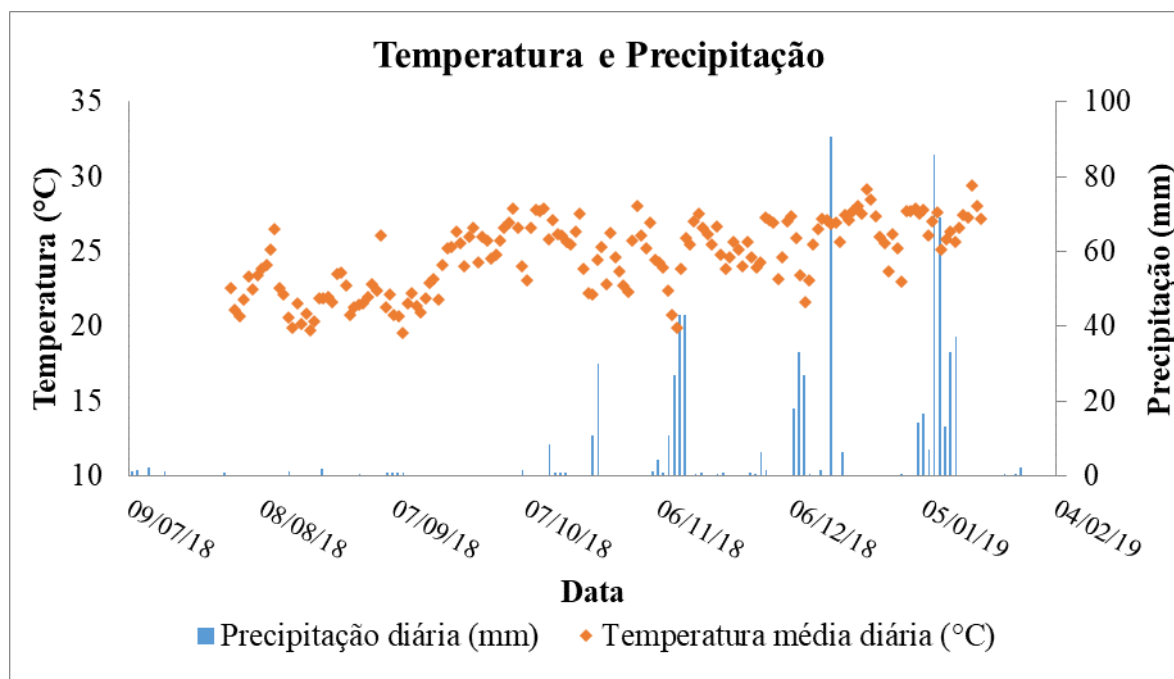


Figura 3. Dados de temperatura e precipitação durante a fase de monitoramento da decomposição da moinha de café disposta superficialmente no solo.

Os dados foram submetidos previamente ao Teste de Levene (Homocedasticidade) e Shapiro-Wilk (Normalidade) e, analisados conforme DIC, com 10 tratamentos (referente ao período pós-condicionamento dos resíduos nos anéis) e quatro repetições, avaliados por meio de análise de regressão linear (modelo linear), conforme a Equação 3:

$$y_{ij} = m + I_i + e_{ij} \quad \text{equação (3)}$$

Em que:

y_{ij} = valor observado

m = constante geral

I_i = efeito da idade

e_{ij} = erro aleatório pressuposto NID

As equações de regressão foram utilizadas para descrever o comportamento do carbono orgânico e do nitrogênio orgânico, bem como suas respectivas frações mineralizadas, ao longo do período pós-condicionamento no solo. Para todos os procedimentos foi adotado um “ α ” de até 0,01.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 4(a) e 4(b) apresentam-se os conteúdos de carbono orgânico e as frações mineralizadas de carbono orgânico, respectivamente, e, nas Figuras 5(a) e 5(b), os conteúdos de nitrogênio orgânico (diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio amoniacal) e as frações mineralizadas de nitrogênio orgânico da moinha de pimenta, ao longo do tempo de degradação no solo.

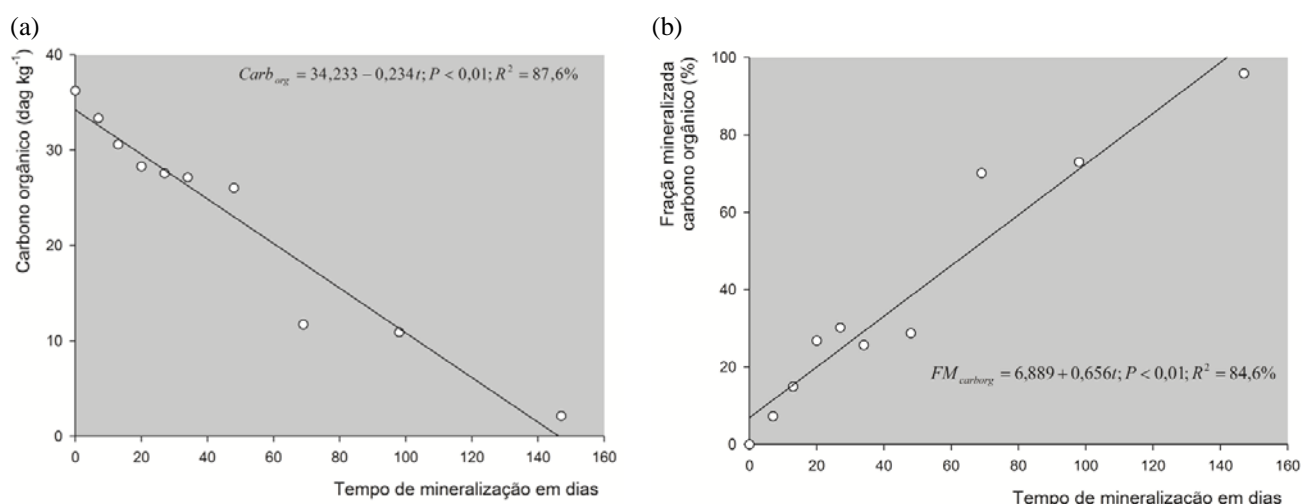


Figura 4. Conteúdo de carbono orgânico (a) e das frações mineralizadas de carbono orgânico (b) da moinha de pimenta-do-reino, ao longo do tempo de degradação no solo.

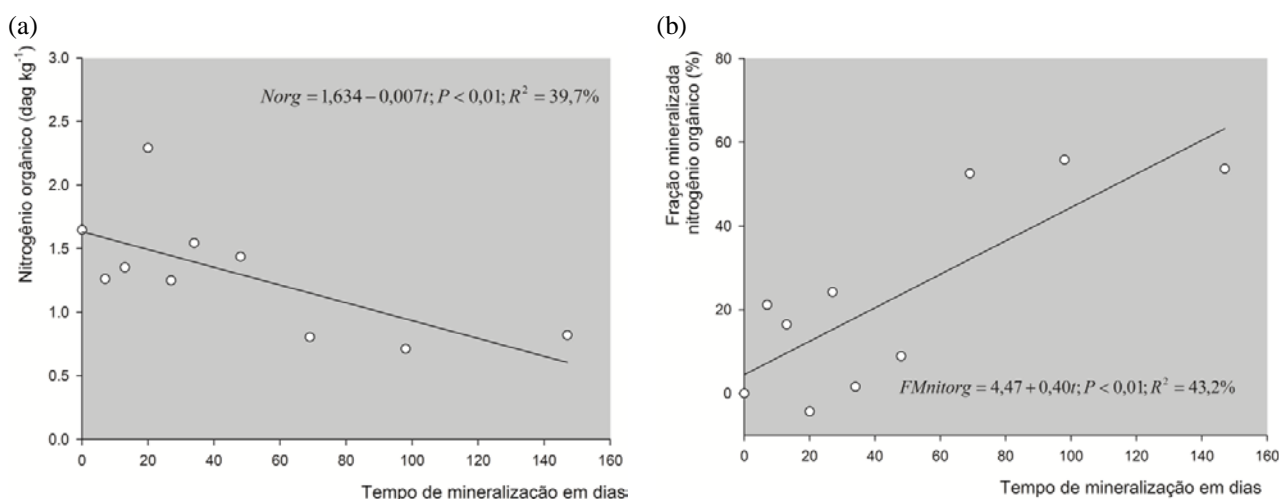


Figura 5. Conteúdo de nitrogênio orgânico (a) e das frações mineralizadas de nitrogênio orgânico (b) da moinha de pimenta-do-reino, ao longo do tempo de degradação no solo.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 4a, verifica-se um comportamento linear decrescente do carbono orgânico da moinha de pimenta, ao longo dos dias de monitoramento, em razão do processo de mineralização. O decréscimo no teor de carbono orgânico durante a mineralização é inerente a tal processo,

pois se deve, principalmente, à liberação de CO₂, resultante da respiração dos microrganismos responsáveis pela transformação da matéria orgânica (Kiehl, 2002).

Na Figura 4b verifica-se que as frações mineralizadas de carbono orgânico, aos 30, 60, 90, 120 e 140 dias de monitoramento, foram de 26,6; 46,2; 65,9; 85,6 e 98,7%, respectivamente.

Comparando-se os resultados obtidos neste trabalho com os obtidos por outros autores, embora tenham utilizado outros resíduos, verifica-se que a fração mineralizada de carbono orgânico, neste trabalho, foi mais lenta. Pereira et al. (2015), ao estudarem o processo de decomposição do carbono orgânico (CO) e nitrogênio orgânico (NO) dos resíduos da pupunheira, em condições de campo e laboratório, e em duas formas de aplicação (com incorporação ou em disposição superficial no solo), verificaram que as frações mineralizadas de CO_{fo} estimadas, foram, após 28 dias de incubação do resíduo, 50,98 %, quando os resíduos foram dispostos superficialmente. Paula et al. (2013), ao analisarem diferentes métodos de estimativa das frações mineralizadas dos esterco de bovinos, suínos e galinhas, bem como do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano, em campo, quando incorporados ou dispostos sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), verificaram que as frações mineralizadas de CO_{fo} estimadas, foram, após 30 dias de incubação do resíduo, superiores a 75,6 %, nos resíduos dispostos superficialmente.

Segundo Figueiredo et al. (2012), diversos fatores interferem na decomposição e na mineralização dos resíduos orgânicos, dentre os quais se podem citar a relação C/N dos resíduos, as características físico-químicas e biológicas, além da temperatura e umidade do solo.

O maior tempo requerido para a mineralização do carbono orgânico da moinha de pimenta pode estar associado principalmente às condições climáticas ocorridas durante o período de monitoramento, principalmente nos meses de agosto e setembro. De acordo com a Figura 3, observa-se que durante esses meses não houve precipitação, retardando, portanto, o processo de mineralização. A própria característica do resíduo pode também ter contribuído para que os microrganismos tivessem maior dificuldade em degradar esse material. Parmar et al. (1997) destacaram que há uma ampla variedade de metabólitos especiais presentes na espécie *Piper nigrum*, os quais se distribuem em diferentes classes de compostos: amidas/alcalóides, propenilfenóis, ligninas, neolignanona, terpenos, flavonas e miscelâneas de compostos, dos quais alguns são encontrados apenas nesta espécie. Dentre as amidas/alcalóides, Pissinate (2006) afirma que a piperina apresenta-se como o metabólito majoritário da espécie *P. nigrum*, possuindo várias atividades biológicas, incluindo inseticida, nematocida e antiparasitária.

Quanto à mineralização do nitrogênio orgânico (Figura 5a), verifica-se também tendência linear decrescente, porém, com coeficiente de determinação baixo, em razão da elevada instabilidade dessa variável, dificultando a estimativa da fração mineralizada (Figura 5b). Tal fato foi também verificado por Pereira et al. (2015) e Paula et al. (2013), estudando a mineralização de diversos resíduos no solo. Paula et al. (2013) concluíram que os teores de nitrogênio inorgânico e, conseqüentemente, de nitrogênio orgânico, estão sujeitos à forte influência de variações climáticas e, por essa razão, geraram estimativas pouco confiáveis de fração mineralizada dos resíduos orgânicos estudados, tal como ocorrido neste trabalho. Pereira et al. (2015) afirmaram que a utilização do CO_{fo}, como referencial para a avaliação de resíduos orgânicos, é a mais indicada.

De acordo com a Figura 5b, verifica-se que a fração mineralizada de nitrogênio orgânico passou a ser maior a partir dos 70 dias, período em que coincidiu com o início da precipitação (Figura 3). Ao final dos 140 dias de monitoramento, verifica-se que a fração mineralizada de nitrogênio orgânico alcançou cerca de 60%.

Dessa forma, se o produtor dispuser o resíduo em pimenteiros no mês de agosto, proporcionará, após 140 dias, frações mineralizadas de CO_{fo} e NO em torno de 99 e 60%, respectivamente, nas condições climáticas da região Serrana do Espírito Santo. Este resultado torna-se importante, porque permite planejar melhor a adubação, visando-se coincidir a liberação de nutrientes com a época de maior demanda pelas pimenteiros, nas quais serão aplicados esses resíduos.

CONCLUSÕES

A avaliação da mineralização do COfo, por ser mais estável e menos suscetível às variações climáticas, é a mais apropriada para a estimativa da fração mineralizada do resíduo.

A aplicação da moinha de pimenta em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, durante o mês de agosto, proporciona, após 140 dias, frações mineralizadas de COfo e NO em torno de 99 e 60%, respectivamente, nas condições climáticas da região Serrana do Espírito Santo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPES, pelo financiamento desta pesquisa, e ao Programa de Difusão Científica (PRODIF) da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação do Ifes, pelo auxílio na tradução deste manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade CA, Oliveira C & Cerri CC (2006) Cinética de degradação da matéria orgânica de biossólidos após aplicação no solo e relação com a composição química inicial. *Bragantia* 65: 659-668.
2. Diniz ICC, Matos AT, Borges AC, Aquino JM L, Matos MP (2016). Degradation of sewage sludge compost disposed on the soil. *Engenharia Agrícola* 36: 822-829.
3. Figueiredo CC, Ramos MLG, Pimentel CMM, Menezes AMD (2012) Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. *Horticultura Brasileira*, 30:175-179.
4. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção Agrícola - Lavoura Permanente. IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/pesquisa/15/11863?localidade1=0>>. Acesso em: 12/10/2018.
5. Kiehl EJ (2002). Manual de compostagem: Maturação e qualidade do composto. 3.ed. Piracicaba: E. J. Kiehl. 171p.
6. Matos AT (2010) Poluição ambiental – Impactos no meio físico. 1º ed. Viçosa, Editora UFV. 260p.
7. Matos AT (2015) Manual de análise de resíduos sólidos e águas residuárias. 1ª ed. Viçosa, Editora UFV. 149p.
8. Meneghelli CM, Lo Monaco PAV, Haddade IR, Meneghelli LAM, Krause MR (2016) Resíduo da secagem dos grãos de café como substrato alternativo em mudas de café Conilon. *Coffee Science*, 11: 329 - 334.
9. Parmar VS, Jain SC, Bisht KS, Jain R, Taneja P, Jha A, Tyagi OD, Prasad AK, Wengel J, Olsen CE, Boll PM (1997). Phytochemistry of the Genus Piper. *Phytochemistry*, 46:597-673.
10. Paula JR, Matos AT, Matos MP, Pereira MS, Andrade CA (2013). Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos aplicados ao solo em campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37: 1729-1741.
11. Pereira MS, Matos AT, Borges AC, Nunes MF (2015). Mineralização do resíduo da pupunheira em condições de campo e laboratório. *Engenharia Agrícola*, 35:918-930.
12. Pitta CSR, Adami PF, Pelissari A, Assmann TS, Franchin MF, Cassol LC, Sartor LR. (2012) Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. *R. Bras. Ci. Solo*, 36: 1043-1053.
13. Pissinate K (2006). Atividade citotóxica de Piper nigrum e Struthanthus marginatus. Estudo preliminar da correlação entre a citotoxicidade e hidrofobicidade da piperina e derivados sintéticos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 94p.
14. Prezotti LC, Gomes JA, Dadalto G, Oliveira JÁ (2007). Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação. 301 p.