

# Estabilidade do carbono presente na cama de frango e em seu respectivo biocarvão após aplicação no solo

**Viviane Aparecida Alves Vilela<sup>(1)</sup>; Álvaro Guedes Soares<sup>(2)</sup>; Robson Cristiano Martins<sup>(3)</sup>; Adriana Marlene Moreno Pires<sup>(4)</sup>; Cristiano Alberto de Andrade<sup>(5)</sup>**

Trabalho executado com recursos de parceria entre Embrapa Meio Ambiente e SPPT Pesquisas Tecnológicas, celebrado por meio de contrato junto a FUNARBE.

<sup>(1)</sup> Engenheira Ambiental, bolsista da Rede Clima de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, viviane.av@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Diretor Técnico da SPPT Pesquisas Tecnológicas Ltda, Mogi Mirim, SP alvaro@sppt.com.br; <sup>(3)</sup> Pesquisador da SPPT Pesquisas Tecnológicas Ltda, bolsista CNPq-RHAE, Mogi Mirim, SP robson@sppt.com.br; <sup>(4)</sup> Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, adriana.pires@embrapa.br; <sup>(5)</sup> Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, cristiano.andrade@embrapa.br.

**RESUMO:** A pesquisa teve como objetivo geral avaliar a degradação do carbono de biocarvão obtido a partir de cama de frango e determinar o efeito na capacidade de troca de cátions do solo. A aplicação do biocarvão de cama de frango como insumo é interessante para uso na agricultura, pois tem potencial para aumentar a CTC do solo e fornecer P às plantas, o que torna esse material bastante interessante para uso no solo em função do exposto e devido a outros benefícios como correção da acidez do solo, redução do Al tóxico, aumento do teor disponível de outros nutrientes e sequestro de carbono.

**Termos de indexação:** biochar, mineralização do carbono, efeito estufa, seqüestro de carbono.

## INTRODUÇÃO

O carbono presente no solo (até 1 m de profundidade) representa globalmente cerca de 2,6 vezes o encontrado na atmosfera (Janzen, 2004), o que sugere a possibilidade de redução das concentrações atmosféricas desse gás pelo aumento do teor de carbono no solo. Como o CO<sub>2</sub> é um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa, práticas de manejo do solo para aumento do teor de C contribuiriam para a mitigação do aquecimento global.

De modo geral, o incremento do C do solo ocorre por meio do balanço entre entradas e saídas de C, estando as entradas basicamente relacionadas a produção de biomassa pelas plantas cultivadas e/ou a adição via fonte externa de C, como esterco compostado ou não, lodos de esgoto, torta de filtro de cana, etc. Em termos de saídas do sistema, a principal ocorre pela própria degradação ou mineralização dos compostos de carbono derivados da planta ou da fonte externa aplicada. Percebe-se, então, que alternativas de manejo que viabilizem elevados aportes de C no sistema e, na medida do possível, minimização das saídas, devem ser mais efetivas quanto ao incremento do C edáfico. É importante salientar também que sistemas de manejo que mantêm ou aumentam o C do solo têm

sido associados a modelos mais sustentáveis de produção.

O C presente nos biocarvões é considerado mais estável no solo do que aquele presente no material orgânico original submetido à pirólise e, dessa forma, sua aplicação pode promover incrementos no teor de C edáfico e, conseqüentemente, seqüestro de C (Sohi et al., 2009). Há dúvidas, porém, sobre o efeito do biocarvão na degradação do C presente na matéria orgânica original do solo (Steinbeiss et al., 2009), uma vez que alguns trabalhos destacam a maior decomposição dessa MO na presença do biocarvão em solos de floresta (Wardle et al., 2008).

Nesse contexto, a presente pesquisa foi conduzida para determinar a estabilidade ou a biodegradabilidade do C presente em amostra de cama de frango e de biocarvão de cama de frango após aplicação no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa envolveu a caracterização química da cama de frango e do biocarvão e a condução de experimento sob condição controlada de laboratório, utilizando amostra de um solo de textura média (29,9% de argila e 62,2% de areia).

A amostra de solo utilizada foi coletada da camada 0-20 cm em área pertencente ao Instituto Agrônomo (IAC). O solo apresentou pH<sub>CaCl2</sub> de 4,8; MO igual a 31 mg dm<sup>-3</sup>; P igual a 2 mg dm<sup>-3</sup>; e V% igual a 45%.

A cama de frango e o biocarvão foram caracterizados por meio de metodologias descritas em Andrade & Abreu (2006) e alguns resultados estão apresentados na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Valores médios ( $\pm$  erro padrão) de alguns atributos químicos da cama de frango e do biocarvão.

		Cama de frango	Biocarvão
pH		7,8 $\pm$ 0,0	10,2 $\pm$ 0,1
Umidade	%	6,2 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,0
C total	g/kg	376 $\pm$ 1	429 $\pm$ 0

N total	g/kg	36,8 ± 0,3	31,8 ± 0,0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/kg	1298 ± 45	407 ± 20
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/kg	269 ± 43	10 ± 4

O biocarvão foi obtido a partir da cama de frango (casca de arroz + dejeção das aves) em processo de pirólise com baixa concentração de oxigênio e a temperatura de 400 °C.

A estabilidade do C foi avaliada por meio de experimentos de biodegradação baseados na metodologia de Coscione & Andrade (2006).

Foram incubadas 300 g de solo (seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm) ou areia (lavada e queimada a 550 °C) com doses de cama de frango e de biocarvão durante 64 dias.

As doses foram iguais entre os materiais correspondendo a aplicação de 0, 2, 4, 8 e 16 t ha<sup>-1</sup> de C. A cama de frango e o biocarvão foram secos a 40°C e moídos, de forma a facilitar a mistura com a amostra de solo e padronizar a granulometria.

A incubação foi realizada em potes de plástico herméticos com volume de 1,5 L, em ambiente escuro, com temperatura controlada de 28 ± 1 °C e manutenção da umidade à 60-70% da capacidade máxima de retenção de água do solo ou da areia. Foi adicionado tratamento com sacarose em dose correspondente a 4 t ha<sup>-1</sup> de C, como controle positivo, de fácil degradação após aplicação no solo, além de servir para avaliar todo o procedimento.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições.

O C-CO<sub>2</sub> liberado foi capturado em solução padronizada de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>, colocada em frascos no interior dos potes de 1,5 L e trocadas periodicamente. A quantificação do C-CO<sub>2</sub> foi feita por meio de leitura da condutividade elétrica (Rodella & Saboya, 1999).

O dados de C-CO<sub>2</sub> liberado foram acumulado no tempo e descontado do controle (somente solo ou areia), para posterior ajuste a equação de cinética química de primeira ordem para caracterização do processo de degradação do C:

$$C\text{-degradado} = C_0 \cdot (1 - e^{-kt})$$

Em que:

C-degradado = quantidade de C emanada na forma de CO<sub>2</sub> no tempo t, em mg kg<sup>-1</sup>;

C<sub>0</sub> = C potencialmente mineralizável, em mg kg<sup>-1</sup>;

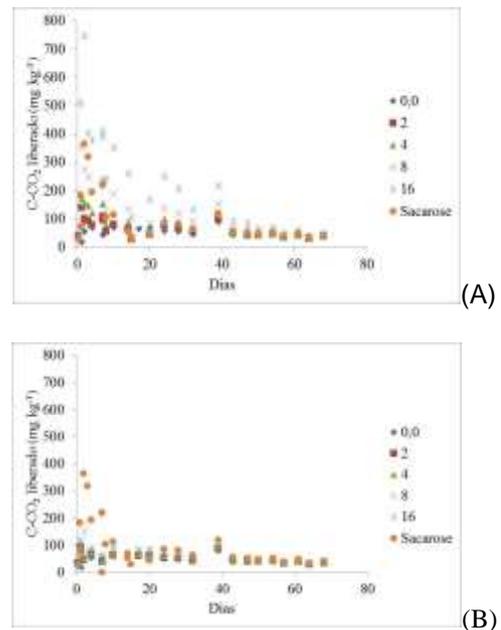
k = constante de velocidade da reação de degradação do C, em dia<sup>-1</sup>; e t = tempo, em dias.

Os valores de C<sub>0</sub> foram obtidos para cada unidade experimental, permitindo posterior análise estatística considerando o delineamento inteiramente ao acaso, com dois fatores (2 materiais e 3 doses).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mistura da cama de frango ou do biocarvão

com o solo estimulou a atividade microbiana, evidenciada pela liberação de carbono na forma de C-CO<sub>2</sub> (**Figura 1**).



**Figura 1.** Valores médios de C-CO<sub>2</sub> liberado em função do tempo de incubação até 64 dias de amostras de solo misturados com cama de frango (A) e biocarvão (B) em doses equivalentes a 0, 2, 4, 8 e 16 t ha<sup>-1</sup> de C; além de sacarose em dose de C equivalente a 4 t ha<sup>-1</sup> de C.

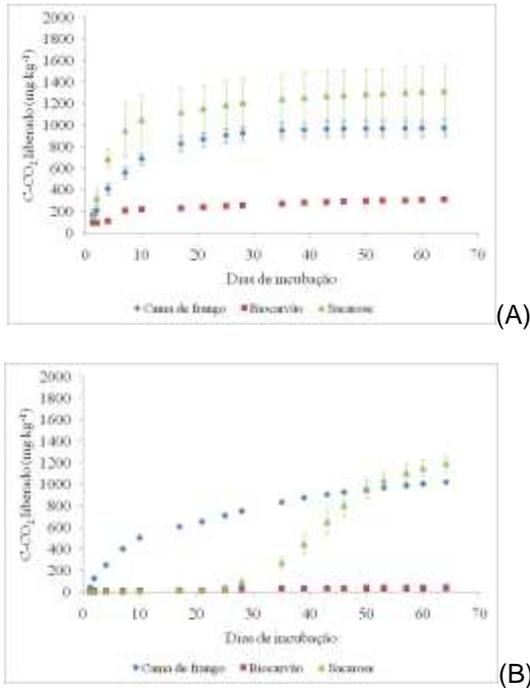
O estímulo à atividade microbiana foi relativamente maior nos tratamentos com cama de frango quando comparado com os tratamentos com biocarvão e, independentemente do material aplicado, maiores valores de C-CO<sub>2</sub> liberado foram verificados durante os primeiros dias de incubação do solo. Dejeito de galinha e cama de frango, em função de uma relação C/N estreita (próxima a 10:1), geralmente apresentam decomposição rápida após aplicação no solo (Vanéguas Chacon, 2006; Pitta et al., 2012). Também é fato reportado na literatura que durante os primeiros dias de incubação, compostos orgânicos mais lábeis são preferencialmente consumidos pelos microrganismos, seguindo uma ordem em que materiais mais recalcitrantes são acessados pela microbiota com o decorrer do tempo e a menores taxas (Giacomini et al., 2003; Andrade et al., 2006b).

Considerando a dose correspondente a 4 t ha<sup>-1</sup> de C, observou-se que o C-CO<sub>2</sub> acumulado após mistura com o solo foi maior no tratamento com sacarose, seguido pela cama de frango e depois pelo biocarvão (**Figura 2A**). O biocarvão exibiu valor final acumulado de C-CO<sub>2</sub> inferior a 50% do medido par os dois materiais restantes.

Os valores de C-CO<sub>2</sub> acumulado no tempo tenderam a uma estabilização após os 20 primeiros dias de incubação, porém a valores bastante diferenciados (**Figura 2A**).

Aspecto fundamental e claramente evidenciado por meio desses resultados de mineralização do C

refere-se à alteração da qualidade dos compostos contendo C presentes no biocarvão em função do processo de pirólise, tornando este material recalcitrante no solo. De fato, Lehmann et al. (2006) citam que produtos pirolisados tornam-se protegidos contra rápida degradação microbiana no solo e, dessa forma, devem ser considerados como opção eficaz para seqüestrar C e auxiliar na mitigação do aquecimento global.



**Figura 2.** Valores médios de C-CO<sub>2</sub> acumulado em função do tempo de incubação até 64 dias de amostras de solo (A) ou areia (B) misturados com cama de frango, biocarvão e sacarose em dose equivalente a 2000 mg kg<sup>-1</sup> de C ou 4 t ha<sup>-1</sup> de C

No primeiros 18 dias de incubação os tratamentos exibiram uma liberação de C-CO<sub>2</sub> semelhante ao controle (somente areia), ou seja, com liberação líquida próxima de zero (**Figura 2B**). Essa semelhança em relação ao controle significa que o processo de mineralização do C do biocarvão e da sacarose não havia iniciado e a explicação está relacionada ao preparo da areia para a incubação e a inocuidade microbiológica tanto da sacarose, como do biocarvão. A lavagem da areia e queima em mufla a elevada temperatura deve ter eliminado a comunidade microbiana previamente existente no material, bem como o processo de pirólise da cama de frango deve ter proporcionado efeito semelhante. No caso da sacarose, utilizou-se um reagente puro para análise e, portanto, livre de contaminação microbiológica. Nos tratamentos com cama de frango não foram verificados atrasos no processo de mineralização do C, uma vez que o próprio material serviu como inóculo de microrganismos na incubação.

No 18<sup>o</sup> dia de incubação foi adicionado nos tratamentos com sacarose e biocarvão 5 g de solo (o mesmo usado no experimento) para servir de

inóculo de microrganismos, o que proporcionou o início do processo de degradação do C, evidenciado pela liberação de C-CO<sub>2</sub> (**Figura 2B**).

De modo geral na mistura dos materiais com areia, os valores de C-CO<sub>2</sub> ficaram abaixo dos verificados na mistura com solo, exceto no caso da sacarose, em que o valor final acumulado foi semelhante entre as duas situações. Tal comportamento para a sacarose é esperado devido a natureza lábil em C e energia para microrganismos.

Em termos do processo de degradação do C, as principais diferenças entre cama de frango e biocarvão foram relacionados com o tamanho do compartimento mineralizável – C<sub>0</sub>. Na menor dose testada, o compartimento mineralizável de C da cama de frango foi cerca de 2,4 vezes maior do que aquele verificado para o biocarvão e tais diferenças aumentaram com o incremento da dose.

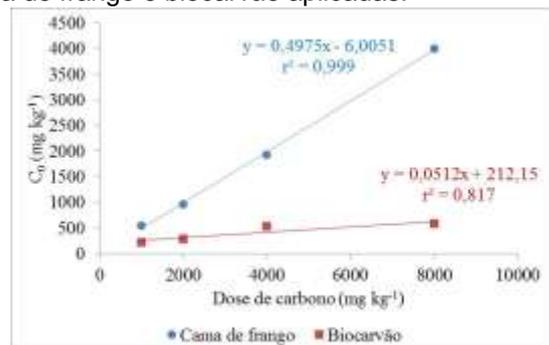
Percebe-se, portanto, que a pirólise proporcionou certa concentração de C na massa final de biocarvão, comparativamente a cama de frango (**Tabela 2**), mas a proporção desse carbono disponível para o processo de degradação microbiana após aplicação no solo foi totalmente alterado. Tal aspecto adquire importância fundamental ao se pensar o biocarvão como insumo capaz de aumentar do teor de C edáfico.

**Tabela 2.** Carbono potencialmente mineralizável (C<sub>0</sub>) da cama de frango e do biocarvão após incubação desses materiais com amostras de solo.

Dose de C	C <sub>0</sub>	
	Biocarvão	Cama de frango
t ha <sup>-1</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
(1)		
2 (1000)	224,27 a	543,66 b
4 (2000)	285,44 a	967,02 b
8 (4000)	529,24 a	1925,54 b
16 (8000)	578,04 a	4002,05 b
Equação	y = 212,15 + 0,0512 x	y = -6,00 + 0,4975 x
r <sup>2</sup>	0,817**	0,999**

(1) Valores em t ha<sup>-1</sup> e o correspondente entre parênteses em mg kg<sup>-1</sup> de C.

Na **Figura 3** são mostradas as equações lineares de regressão para o C<sub>0</sub> em função das doses de cama de frango e biocarvão aplicadas.



**Figura 3.** Relação entre doses de carbono aplicadas ao solo

via cama de frango e biocarvão.

A partir dos coeficientes angulares das equações de reta e multiplicando-se tais valores por cem (100), têm-se as taxas de degradação do C da cama e do biocarvão, com valores de 49,7% e 5,1% respectivamente. Somente a título de comparação, o C da sacarose aplicada ao solo e após 64 dias de incubação foi calculado por meio da relação entre  $C_0$  e C adicionado, sendo a taxa de degradação igual a 65,9%.

Os resultados de mineralização do C permitem afirmar que o processo de pirólise alterou a qualidade do C originalmente presente na cama de frango, proporcionando uma estabilidade relativa do C do biocarvão após aplicação no solo. Tal aspecto é interessante em termos de aumento do teor edáfico de C, até porque se teria ao longo de sucessivas aplicações certo efeito cumulativo em função da baixa taxa de mineralização do C presente no referido material. Deve-se ressaltar que a baixa taxa de mineralização não é sinônimo de material inerte no solo, conforme discutido em Smith et al. (2010), em que os autores também encontraram baixos valores de C-CO<sub>2</sub> liberado a partir da mistura de um biocarvão obtido a partir de biomassa vegetal a uma amostra de solo, porém comprovaram por meio de técnica isotópica que a maior parte do C-CO<sub>2</sub> liberado durante o período inicial de incubação realmente foi proveniente do biocarvão e atribuída a fração de C solúvel presente neste material. Na presente pesquisa não se utilizou de técnica isotópica para comprovação da origem do C medido nas misturas de solo e biocarvão ou cama de frango, mas os resultados da incubação com areia livre de material orgânico (areia lavada e queimada) suportam a mesma discussão feita por Smith et al. (2010).

## CONCLUSÕES

O processo de pirólise da cama de frango para obtenção do biocarvão conduz a uma maior estabilidade do C após aplicação no solo, o que é interessante quando se considera o seqüestro de C no solo para mitigação do aquecimento global. Respostas aditivas em função de sucessivas aplicações desse material numa mesma área devem ocorrer, diferentemente do que aconteceria com a cama de frango, cuja degradação reduz o efeito residual.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SPPT Pesquisas Tecnológicas Ltda pelo apoio para o desenvolvimento do trabalho e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsas RHAE para o projeto conduzido pela SPPT.

## REFERÊNCIA

- ANDRADE, C.A.; OLIVEIRA, C.; CERRI, C.C. Degradation kinetics of biosolids organic matter after soil application and its relationship with initial chemical composition. *Bragantia*, Campinas-SP, v. 65, p. 659-668, 2006.
- ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais. Campinas: Instituto Agronômico, 2006. 178p.
- COSCIONE, A.R.; ANDRADE, C.A. Protocolos para avaliação da dinâmica de resíduos orgânicos no solo. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais. Campinas: Instituto Agronômico, p.159-177, 2006.
- 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.1097-1104, 2003.
- JANSEN, H.H. Carbon cycling in earth systems – a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.104, n.3, p.399-417, 2004.
- LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, n.11; p. 403-427, 2006.
- PITTA, C.S.R.; ADAMI, P.F.; PELISSARI, A.; ASSMANN, T.S.; FRANCHINI, M.F.; CASSOL, L.C.; SARTOR. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.3, p.1043-1053, 2012.
- RODELLA, A.A.; SABOYA, L.V. Calibration for conductimetric determination of carbon dioxide. *Soil Biology & Biochemistry*, v.31, p.2059-2060, 1999.
- SMITH, J.L.; COLLINS, H.P.; BAILEY, V.L. The effect of young biochar on soil respiration. *Soil Biology and Biochemistry*, v.42, p.2345-2347, 2010.
- SOHI, S.; LOPEZ-CAPEL, E.; KRULL, E.; BOL, R. Biochar's roles in soil and climate change: A reevaluation of research needs. *CSIRO Land and Water Science Report 05/09*, 64p. 2009.
- STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G.; ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil balance and soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, n.41, p. 1301-1310, 2009.
- VANEGAS CHACÓN, E.A. Caracterização, decomposição e biodisponibilidade de nitrogênio e fósforo de materiais orgânicos de origem e vegetal. 2006. 143 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- WARDLE, D.A.; NILSSON, M.C.; ZACKRISSON, O. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus.