



Dinâmica de Carbono, Nitrogênio e os quocientes metabólico e microbiano sob biochar e adubação fosfatada num Latossolo⁽¹⁾.

Isnara Regina Assunção Medeiros⁽²⁾, Luiz Fernando Carvalho Leite⁽³⁾, Herony Ulisses Mehl⁽⁴⁾, Ewerton Gonçalves de Abrantes⁽⁵⁾ Josélia Paes Ribeiro de Souza⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa Meio-Norte, CAPES e Universidade Federal do Piauí.

⁽²⁾ Doutoranda em Ciência do Solo no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPB. Areia-PB, Brasil. CEP 58397-000. E-mail: regina_ys@hotmail.com. ⁽³⁾ Chefe e Pesquisador da Embrapa Meio-norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Bairro Buenos Aires, Teresina-PI, CEP 64006-220. E-mail: luiz.f.leite@embrapa.br ⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa Meio-norte, BR 343, km 35, Zona Rural, Parnaíba-PI, Cx Postal 341, CEP 64200-970. E-mail: herony.mehl@embrapa.br. ⁽⁵⁾ Doutorando em Ciência do Solo no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPB Areia-PB, Brasil. CEP 58397-000. E-mail: ewertonagroti@hotmail.com. ⁽⁶⁾ Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, UFPI, Bom Jesus-PI, CEP: 64900-000. E-mail: joselia.paes@ifpi.edu.br

RESUMO: O biochar ou biocarvão (do grego bio = vida e do inglês char =carvão) foi proposto a partir dos estudos da matéria orgânica das Terras Pretas de Índios (TPI's), em concordância com alguns questionamentos que envolvem o manejo sustentável de solos, mudanças climáticas globais e estoque de carbono em longo prazo. Com isso objetivou-se determinar os compartimentos de carbono e nitrogênio, e a ação microbiana no solo com o incremento de biochar em diferentes doses, com e sem adubação fosfatada. O experimento foi instalado na unidade da Embrapa Meio-Norte, no município de Parnaíba-PI, utilizou-se delineamento de blocos casualizados 5 x 2 com quatro repetições, totalizando 40 parcelas. Os níveis de biochar foram de 0, 5, 10, 20 e 40 Mg.ha⁻¹, com 0 e 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-10 cm para determinação dos totais de carbono orgânico (COT) e de nitrogênio (NT), com seus respectivos estoques, e os quocientes metabólico e microbiano através de equações. Os estoques e os teores de COT e NT foram influenciados positivamente pelo biochar com adubação fosfatada, no entanto, os quocientes não foram influenciados pela adubação fosfatada, pois, apenas houve influência para as doses de biochar. A utilização de biochar aumenta os teores e estoques de nitrogênio total e carbono orgânico total do solo; A adubação fosfatada proporciona maiores teores e estoques de nitrogênio total e carbono orgânico total do solo; O quociente microbiano e metabólico não é influenciado pelas aplicações de P no solo.

Termos de indexação: Sequestro de C, Fertilidade, Condicionador do solo.

INTRODUÇÃO

A ideia do biochar surgiu a partir de estudos da matéria orgânica das *Terras Pretas de Índio* (TPI), solos amazônicos antropogênicos com excelentes características agronômicas e ambientais, alta fertilidade e alto conteúdo de carbono estável (de origem pirogênica) em sua fração orgânica, que

forneceu um modelo de solo adequado ao sequestro de carbono, no qual, o conhecimento da sua estrutura e de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, vem possibilitando a busca por materiais e técnicas que visem mimetizá-lo através de práticas agrícolas (Novotny et al., 2009).

Quando adicionado ao solo por si só o biochar, melhora o desempenho e proporciona muitos benefícios ao solo, tais como o aumento da fertilidade, maior retenção de água, aumento da atividade microbiana, embora alguns estudos tenham mostrados que na presença de alguns adubos minerais ele tem sido mais eficiente, consequentemente, aumentou ainda mais o potencial produtivo do solo (Sohi et al., 2010; Kookana et al., 2011; Warnock et al, 2007).

O sequestro de carbono nos solos agrícolas tem sido repetidamente considerado como opção interessante, devido principalmente a grande quantidade de carbono potencialmente que pode ser armazenada. Portanto, o manejo da matéria orgânica visando à conservação e melhoria de sua qualidade é fundamental para a manutenção da sustentabilidade dos agroecossistemas tropicais, principalmente em solos intemperizados como nos Latossolos (Madari et al., 2010).

A estabilidade do biochar é de fundamental importância para o manejo ambiental, pois, determina quanto tempo o carbono (C) contido no biochar permanecerá sequestrado no solo, e por quanto tempo pode influenciar as emissões de gases de efeito estufa vindos da pedosfera, contribuindo assim, para a mitigação das mudanças climáticas, além de determinar por quanto tempo o biochar influencia a qualidade do solo (MAIA et al., 2010).

Caso o biochar fosse decomposto em uma velocidade acelerada, estes benefícios seriam afetados em extensão e duração. Portanto, o biochar precisa ser de estabilidade significativamente maior no ambiente do que outra fonte de matéria orgânica, de modo a estender a duração destes benefícios nos solos (Lehmann & Joseph, 2009).



O objetivo deste estudo foi determinar os compartimentos de carbono e nitrogênio, e a ação microbiana no solo com o incremento de biochar em diferentes doses, com e sem adubação fosfatada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo experimental da Embrapa Meio-Norte em Parnaíba-PI, (03°05'00" S e 41°46'05" W, altitude 46,8 m) em área experimental classificada como Latossolo Amarelo. O clima da região é do tipo Aw (tropical chuvoso) segundo a classificação de Köppen, com verões chuvosos e invernos secos, apresentando precipitação média anual de 1.077 mm.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, no esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco doses de biochar (0; 5; 10; 20 e 40 Mg ha⁻¹), com e sem adubação fosfatada (60 e 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅), sendo assim 10 tratamentos com quatro repetições, totalizando 40 parcelas. As unidades experimentais foram constituídas de parcelas de 2 x 3 m, totalizando 240 m² de área útil, as plantas foram arranjadas com espaçamentos de 0,07 m entre plantas e 0,40 m entre fileiras.

Realizou-se uma amostragem de solo, em julho de 2013, correspondente ao período posterior à colheita da soja. De cada parcela experimental, foram retiradas com o auxílio de um trado, 12 amostras simples, para formar uma composta, nas camadas de 0-10 cm. Uma parte das amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2,0 mm de malha, para a obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA).

As amostras de TFSA para determinação do COT e do nitrogênio total (NT) foram moídas em gral de porcelana. O COT foi quantificado por meio de oxidação da matéria orgânica via úmida, empregando-se solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor (Yeomans & Bremner, 1988) e o NT por meio de digestão sulfúrica e dosado por destilação Kjeldhal (Bremner, 1996).

Os estoques de COT em cada camada foram calculados a partir da expressão: Est.COT = (COT x Ds x e), em que Est.COT é o estoque de carbono orgânico total em determinada camada; COT é o teor de carbono orgânico total; Ds é a densidade do solo e e, a espessura da camada considerada. O cálculo dos estoques de NT foi efetuado de acordo com a seguinte expressão: Est. NT = (NT x Ds x e), em que Est. NT é o estoque de nitrogênio total do solo e NT o teor de nitrogênio total.

O quociente microbiano (qM) foi calculado de acordo com Sparling (1992), pela fórmula: qM = (C-BMS/COT)/100. Onde: qM = quociente microbiano (%); C-BMS = carbono da biomassa microbiana (mg C kg⁻¹); COT = carbono orgânico total (g kg⁻¹).

O quociente metabólico (qCO₂) foi calculado pela razão entre a taxa de respiração microbiana e o carbono da biomassa microbiana, sendo expresso em mg C-CO₂ g⁻¹ solo seco/ mg C-CO₂ g⁻¹ solo seco. qCO₂ = RM/C-BMS. Onde: qCO₂ = quociente metabólico (mg C-CO₂ g⁻¹ solo seco/ mg C-CO₂ g⁻¹ solo seco); RM = respiração microbiana (mg C-CO₂ g⁻¹ solo seco).

Os dados foram submetidos à análise de variância (p < 0,15), e os efeitos das doses de biochar por meio de regressão polinomial, realizando o desdobramento quando pertinentes e utilizando o software SAS (SAS Institute, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo para as doses de biochar para o teor de N total, ocorrendo interação nas diferentes doses de biochar com e sem adubação fosfatada (**Figura 1A**), sendo ajustada ao modelo quadrático com máxima na dose 9 Mg ha⁻¹ para os tratamentos sem adubação fosfatada e de 19,84 Mg ha⁻¹ para os tratamentos com adubação fosfatada. Para o estoque de N no solo, observou-se também resultado semelhante ao N total (**Figura 1B**), onde os tratamentos sem adubação foram inferiores aos que receberam adubação fosfatada com dose máxima de 22,25 Mg ha⁻¹. Afirmando assim que o aporte de grandes quantidades de biomassa vegetal ao solo pode maximizar o efeito da relação C/N do biochar, e conseqüentemente aumentar a imobilização de N.

Segundo Petter et al. (2012), elevadas doses de biochar podem provocar deficiência induzida de nitrogênio, devido à alta relação C/N, principalmente em função da estabilidade molecular proporcionado pelas estruturas aromáticas, resultados estes semelhantes aos que foram observados no presente estudo, no qual, o uso de biochar tem sido uma alternativa para o aumento na qualidade e na fertilidade desses solos.

Para o teor de carbono orgânico total verificou-se interação entre as doses de biochar com e sem adubação fosfatada (**Figura 1C**), apresentou-se tendência quadrática significativa com dose máxima de 10,97 Mg ha⁻¹ com adubação e de 20,36 Mg ha⁻¹ sem adubação fosfatada. O estoque de C foi influenciado significativamente pelas doses de biochar com e sem adubação fosfatada, com tendência linear crescente (**Figura 1D**). O biochar é um material rico em C, além de suas propriedades físicas serem bastante favoráveis para o sequestro de C no solo, com isso ele pode vir a ser uma alternativa muito importante para o sequestro de carbono no solo, aumentando o aporte do mesmo por mais tempo no solo.

De acordo Lehmann (2009), o biochar é bifásico, contendo uma parte de C lábil e outra de C estável, onde a parte lábil apresenta uma parcela alifática



que é mais rapidamente mineralizável e existe em menor abundância no bichar produzido a altas temperaturas, a parte estável apresenta uma porção aromática que é oxidada mais lentamente. Por outro lado Nóbrega (2011), relata que o biochar pode incentivar a formação de agregados minerais no solo, que potencialmente é possível proteger tanto o C pirogênico quanto o carbono orgânico da degradação.

Uma grande proporção de matéria orgânica do solo mineralizada pode ser adsorvida na superfície do biochar e tornar-se indisponível, pois, geralmente a mineralização de C é suprimida em solos com baixos teores de matéria orgânica, como nos Latossolos, com isso torna o biochar uma importante fonte de matéria orgânica além de condicionador desses tipos de solos (Madari et al. 2010; Zimmerman et al., 2011).

Para os quocientes microbianos e metabólico só foi possível observar efeito significativo para as doses de biochar nos tratamentos sem adubação fosfatada, por outro, lado não houve efeito significativo para os tratamentos que receberam adubação fosfatada, com ajuste ao modelo quadrático para ambos com mínima $24,35 \text{ Mg ha}^{-1}$ e máxima na dose $15,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ (**Figuras 1E e 1F**). Tais resultados podem estar associados ao fato que a quantidade de nutrientes presentes neste solo sob a influência do biochar sem o fósforo adicionado, proporcionou melhor atividade metabólica dos microrganismos em contrapartida com o quociente microbiano com isso favoreceram a diminuição do processo de mineralização.

Corroborando com Quilliam et al. (2012) e Jones et al. (2012), onde foi possível observar que a adição de biochar influenciou diretamente nas alterações da estrutura na comunidade microbiana e na atividade microbiana, mediada por mudanças no pH do solo e disponibilidade de micronutrientes.

CONCLUSÕES

A utilização de biochar aumenta os teores e estoques de nitrogênio total e carbono orgânico total do solo;

A adubação fosfatada proporciona maiores teores e estoques de nitrogênio total e carbono orgânico total do solo;

O quociente microbiano e metabólico não é influenciado pelas aplicações de P no solo.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a todos que colaboraram direto e indiretamente na conclusão deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BREMNER, J.M. Nitrogen Total. In: SPARKS, D.L. Methods of Analysis: Part 3. Madison, SSA Book Series, 5:1085-1121, 1996.

JONES, D.L.; ROUSK, J.; EDWARDS-JONES, G.; DELUCA, T.H.; MURPHY, D.V. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. *Soil Biology & Biochemistry*, 45:113-124. 2012.

KOOKANA, R.S.; SARMAH, A.K.; VAN ZWIETEN, L.; KRULL, E.; SINGH, B. Chapter three-Biochar Application to Soil: Agronomic and Environmental Benefits and Unintended Consequences. In: DONALD, L.S. *Advances in Agronomy*, 112:103-143, 2011.

LEHMANN, J. & JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (ed). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. 1. Ed. earthscan, Londres, 2009. p.4-18.

MADARI, B.E.; PETTER, F.A.; CARVALHO, M.T.M.; MACHADO, D.M.; SILVA, O.M.; FREITAS, F.C. OTONI, R.F. Biomassa Carbonizada como Condicionante de Solo para a Cultura do Arroz de Terras Altas, em Solo Arenoso, no Cerrado: Efeito Imediato para a Fertilidade do Solo e Produtividade das Plantas. In: COMUNICADO TÉCNICO. 197. Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 2010. 8p.

MAIA, C.M.B.F. Finos de carvão: fonte de carbono estável e condicionador de solos. Embrapa Florestas. Dados eletrônicos. - Colombo, 2010.

NÓBREGA, I.P.C. Efeitos do Biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: Sequestro de carbono no solo. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa. 2011. 46p.

NOVOTNY, E.H.; HAYES, M. H.B.; MADARI, B.E.; BONAGAMBA, T.J.; AZEVEDO, E. R.; SOUZA, A.A.; SONG, G.; NOGUEIRA, C.M.; MANGRICH, A.S. Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon Region for the Utilisation of Charcoal for Soil Amendment. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 20:1003-1010, 2009.

PETTER, F.A.; MADARI, B.E.; CARNEIRO, M.A.C.; MARIMON JUNIOR, B.H.; CARVALHO, M.T.M.; PACHECO, L.P. Soil fertility and agronomic response of rice to biochar application in the Brazilian savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47:699-706. 2012.

QUILLIAM, R.S.; MARSDEN, K.; GERTLER, G.; ROUSK, J.; DELUCA, T.H.; JONES, D.L. Nutrient dynamics, microbial growth and weed emergence in biochar amended soil are influenced by time since application and reapplication rate. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 158:192-199, 2012.

SAS INSTITUTE. SAS® 9.2 Software. Carry, 2014. Disponível em: <<http://support.sas.com/software/92/>> Acesso em: 4 de fevereiro de 2014.

SOHI, S.P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R.A. Review of Biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy*, 105:47-82, 2010.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal Soil Research*, 30:195-207, 1992.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M.A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications Soils Science and Plant Analysis*, 19:1464-1476, 1988.

WARNOCK, D.D.; LEHMANN, J.; KUYPER, T.W.; RILLING, M. Mycorrhizal responses to biochar in soil: concepts and mechanisms. *Plant and Soil*, 300:9-20, 2007.

ZIMMERMAN, A.R.; GAO, B. & AHN, M.Y. Positive and negative carbon mineralization priming effects among a variety of biochar-amended soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 43:1169-1179. 2011.

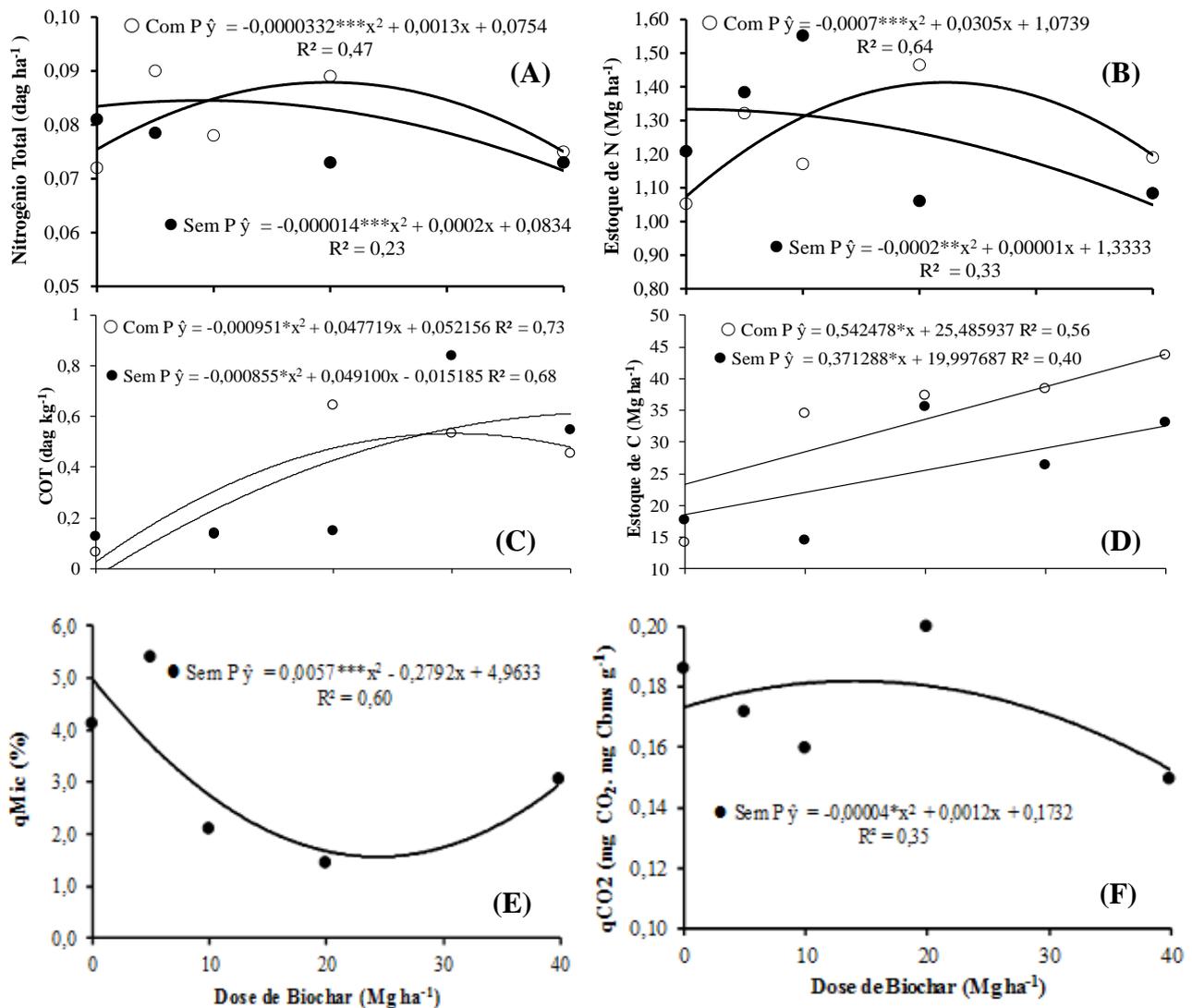


Figura 1. Nitrogênio total (A), estoque de N (B), carbono orgânico total (C), estoque de carbono (D), quociente microbiano (E) e quociente metabólico (F) em função de diferentes doses de biochar, sem e com adubação fosfatada (0 e 60 kg ha⁻¹). ns: não significativo; *: significativo (0.05>p>0.01); **: significativo (0.01>p>0.001); ***: significativo (p<0.001).