

Sensibilidade à temperatura dos micro-organismos do solo à adição de nitrogênio em área nativa e agrícola no Cerrado

Suellen Pereira Espíndola⁽¹⁾; Adão de Siqueira Ferreira⁽²⁾; Filipe Inácio Matias⁽³⁾

⁽¹⁾ Discente do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Umuarama; Rua Acre, Bloco 2E; Uberlândia-MG, CEP 38400-902; suellenesp@gmail.com; ⁽²⁾ Professor Adjunto IV de Microbiologia Agrícola e Ambiental do ICIAG da Universidade Federal de Uberlândia; ⁽³⁾ Discente do Curso de Agronomia do ICIAG da Universidade Federal de Uberlândia.

RESUMO: A respiração microbiana do solo (R_{MS}) é grande emissora terrestre de CO_2 para a atmosfera e, com o fenômeno de aquecimento global, investigações sobre os efeitos do aumento da temperatura se fazem necessárias, assim como das implicações das práticas de uso do solo adotadas. Além da temperatura, a disponibilidade de nutrientes, como o nitrogênio (N), também afeta o metabolismo respiratório microbiano, sendo importante verificar o efeito da incorporação de N no solo sobre esse fluxo. Modelos ecológicos da relação respiração-temperatura descrevem os efeitos do manejo do solo e da adição de nutrientes sobre o coeficiente de sensibilidade da temperatura (Q_{10}), como o Exponencial e de Arrhenius. O presente trabalho objetivou determinar os efeitos da adição de doses de N sobre a R_{MS} , além de valores de Q_{10} Exponencial e de Arrhenius em solos de mata nativa (MNC) e sistema agrícola (SA) no Cerrado. Os resultados mostraram altas taxas de fluxo de CO_2 para MNC em relação à SA. A adição de N estimula a R_{MS} somente em altas temperaturas. O aumento do índice ocorre na dose mais alta para MNC e intermediária para SA.

Termos de indexação: Q_{10} , uso da terra, atividade microbiana.

INTRODUÇÃO

As emissões de dióxido de carbono (CO_2) dentro do ciclo de carbono global são de grande interesse devido a sua relação com o efeito estufa e as mudanças climáticas (IPCC, 2007; Kirschbaum, 1995). Os ecossistemas terrestres desempenham um papel importante na regulação da concentração de CO_2 atmosférico (Landsberg & Gower, 1997). A liberação de CO_2 dos solos resultante do metabolismo de raízes e organismos do solo e, em especial, da atividade microbiana que atua na oxidação da matéria orgânica do solo é chamada respiração do solo e é o segundo maior fluxo de carbono para a atmosfera (Gabriel & Kellman, 2011; Kirschbaum, 1995).

A respiração do solo é um indicador metabólico do solo e depende diretamente da temperatura, umidade (Koch et al., 2007) e disponibilidade de nutrientes no solo (Kutsch et al., 2009). Muitos

estudos demonstraram relação positiva entre a respiração do solo e a temperatura (Fang & Moncrieff, 2001; Janssens et al., 2003), mas não se tem um consenso sobre o modelo dessa relação. Alguns autores propuseram o uso de regressão linear, enquanto outros têm usado a relação exponencial de Q_{10} , que é o múltiplo em que aumenta a taxa respiratória em resposta ao aumento gradual de 10 °C na temperatura, primeiramente desenvolvida por van't Hoff (1898) (Reichstein et al., 2005b). Enquanto Q_{10} exponencial é de fácil aplicação, o modelo proposto por Arrhenius (1889) também tem sido utilizado e preconizado para proporcionar uma melhor aplicação de modelos envolvendo as emissões de CO_2 (Xu & Qi, 2001). Experimentos que visam à determinação de Q_{10} têm sido amplamente realizados em vários ecossistemas, porém, poucos são os relatos sobre esse índice de temperatura em solos tropicais brasileiros.

O nitrogênio (N) é um nutriente que tem papel fundamental no metabolismo microbiano por ser constituinte essencial de moléculas como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (Harper, 1994; Mifflin & Lea, 1976). É um elemento químico de ciclo muito dinâmico, sendo sua disponibilidade no solo decorrente de processos como a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, nitrificação, desnitrificação e volatilização (López-López et al., 2012). A microbiota do solo atua ativamente nesses processos, inclusive na decomposição e mineralização de compostos nitrogenados no solo (Mary et al., 1996). A disponibilidade de N no solo é de fundamental importância nos estudos envolvendo os processos biológicos em ecossistemas terrestres (Bayer et al., 2000a) e sua adição, na forma mineral, pode causar impactos nos processos biológicos, podendo afetar as emissões de CO_2 .

Com a intensificação das atividades agrícolas e queima de combustíveis fósseis, a quantidade de nitrogênio que é depositado na superfície do solo alcançou altos níveis (Holland et al., 1999). Junto a isso, as fontes e a distribuição de compostos nitrogenados estão expandindo rapidamente, tornando a deposição de N um problema ambiental da ordem global (Cao et al., 2011). Entretanto, pouco se sabe a respeito da influência da deposição

de N sobre a respiração microbiana e os efeitos nos processos ecológicos do solo.

O presente trabalho objetivou verificar o impacto da adição de nitrogênio na respiração microbiana do solo (R_{MS}) e no Q_{10} em solos de Cerrado brasileiros sob mata nativa e sistema agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS

Em novembro de 2012, amostras de solo foram coletadas na região do Triângulo Mineiro, próxima ao município de Uberlândia – MG, em mata nativa de Cerrado (MNC, 19° 20' 42" S e 48° 0' 59" O) e sistema agrícola (SA: 18° 55' 25" S e 48° 17' 19" O). As coletas ocorreram na profundidade de 5 cm, sendo que para cada amostra de campo, três amostras da foram combinadas. As amostras de solos foram homogeneizadas e tamisadas em 3 mm. Em quatro incubadoras nas temperaturas de 10, 20, 25 e 30 °C respectivamente, os tratamentos com N foram instalados em frascos (½ L) de vidro hermeticamente fechados. O experimento foi realizado simultaneamente com uma incubadora para cada temperatura e em triplicata. Utilizou-se como fonte de N soluções em água destilada de NH_4NO_3 . Uma alíquota das soluções foi adicionada ao solo, acondicionado nos frascos correspondentes de forma a obter 100 e 200 mg kg^{-1} de N no solo seco. O tratamento testemunha recebeu água destilada e a umidade do solo foi corrigida a 22% (g^{-1}) em todos os tratamentos.

A atividade microbiana foi avaliada pela quantificação do CO_2 liberado, conforme descrito por Stotzky (1965), com modificações. Copos descartáveis contendo 10 mL de hidróxido de sódio 1 mol L^{-1} foram colocados dentro de cada frasco de incubação para a captura de CO_2 . Os frascos foram hermeticamente fechados e mantidos nas quatro temperaturas por 21 dias. A determinação do CO_2 liberado foi realizada no terceiro, sétimo, décimo quarto e vigésimo primeiro dias após a instalação do experimento. Após cada período de incubação, foram retirados os copos plásticos dos frascos e, nestes, colocados 5 mL de $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 1 mol L^{-1} e algumas gotas do indicador fenolftaleína 1%, sendo o excedente de NaOH titulado com solução de HCl 0,5 mol L^{-1} . Novos copos plásticos com NaOH foram colocados nos frascos de vidro para subsequentes períodos de incubação. As amostras dos brancos foram constituídas por frascos sem a porção de solo.

Para se calcular Q_{10} , análise de regressão foi formulada usando dados linearizados para funções exponenciais; as equações aparecem abaixo para a dependência da respiração do solo pela temperatura:

Exponencial (van't Hoff, 1884):

$$y = ae^{bT} \quad (1)$$

Onde y é a atual taxa de respiração ($\mu\text{mol C-CO}_2$ g solo $\text{sec}^{-1} \text{h}^{-1}$); a e b são constantes e T é a temperatura em Celsius (°C).

Arrhenius (1889):

$$Y = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (2)$$

Onde Y é a taxa de respiração ($\mu\text{mol C-CO}_2$ g solo $\text{sec}^{-1} \text{h}^{-1}$), A e E_a são constantes relacionadas à taxa de sensibilidade da temperatura, R é a constante universal dos gases ($8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) e T é a temperatura em Kelvin (°K).

A sensibilidade da temperatura (Q_{10}) foi calculada usando parâmetros derivados de cada uma das equações (1 e 2) (Jenkins e Adams, 2011):

Exponencial:

$$Q_{10} = e^{10b} \quad (3)$$

Arrhenius:

$$Q_{10} = e^{\frac{10E_a}{RT(T+10)}} \quad (4)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com delineamento inteiramente casualizado utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 1999). As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A R_{MS} foi função do aumento da temperatura apresentando uma maior resposta na temperatura de 30 °C e foi sempre maior para a MNC em comparação com as amostras de solo agrícola (Fig. 1). Isso pode ser explicado pelo elevado teor de matéria orgânica e características de comunidade microbiana desse ecossistema como tem sido reportado na literatura (Vinhai-Freitas et al., 2013).

Notou-se grande diferença de amplitude nas curvas de respiração entre o solo de mata nativa de Cerrado e os agrícolas, demonstrando uma maior resposta da atividade microbiana em mata nativa (Fig. 1). O uso agrícola dos solos tem sido uma das principais causas da degradação dos solos incluindo os processos microbianos (Bayer & Mielniczuk, 2008). O cultivo de monoculturas, revolvimento do solo e retirada da cobertura vegetal influencia na atividade microbiana do solo com diminuição da matéria orgânica do solo e maiores emissões de CO_2 para a atmosfera (Kaiser et al., 2010).

A adição de N alterou a taxa de R_{MS} , sendo a resposta dependente da temperatura e dos sistemas. A resposta da R_{MS} à aplicação de N foi significativa nas temperaturas de 25 e 30 °C (Fig. 1). Para a MNC, a temperatura de 25 °C obteve maior influência do N no aumento da taxa respiratória. No entanto, para SA a temperatura de 30 °C resultou em um maior aumento (Fig. 1).

A adição de N no solo possivelmente altera a relação C:N do mesmo, tendo como consequência uma maior atividade microbiana em altas temperaturas. A relação C:N é um dos principais atributos do solo que afeta seus processos bioquímicos (López-López et al., 2012).

Os modelos cinéticos aplicam-se aos solos de Cerrado utilizados e à adição de nutrientes. No caso

da MNC o modelo de Arrhenius (1889) apresentou melhores ajustes o que está de acordo com a literatura (Xu e Qi, 2001). Entretanto, o modelo exponencial melhor se aplicou em SA (Tabela 1).

Tabela 1 – Ajuste de modelos cinéticos (Exponencial e Arrhenius) em MNC e SA com relação aos tratamentos com N.

Sistema	Tratamento	Exponencial	Arrhenius
		R ²	R ²
MNC	0	0,9698	0,9728
	100	0,9552	0,957
	200	0,8337	0,8387
SA	0	0,7668	0,7533
	100	0,7817	0,7676
	200	0,7095	0,6924

Os valores de Q₁₀ para MNC foram maiores com relação ao solo agrícola, o que representa maior sensibilidade da microbiota a responder à alterações na temperatura (Fig. 2). A alta sensibilidade da MNC pode ser explicada pelo fato deste ambiente ser caracterizado por maiores teores de matéria orgânica e complexa comunidade microbiana (Luciano et al., 2012).

Para a MNC, a adição de dose de 200 mg N kg solo seco⁻¹ elevou o valor de Q₁₀. O mesmo não ocorreu para SA, que apresentou maior valor de Q₁₀ na dose intermediária (100 mg kg solo seco⁻¹). Observa-se também que mesmo com a adição de N, a diferença de sensibilidade permanece entre o sistema agrícola e o natural (Fig. 2).

CONCLUSÕES

A adição de N altera a resposta da RMS à temperatura e depende do sítio de Cerrado avaliado. A aplicação de doses de N resulta em aumento da taxa da R_{MS} nas temperaturas de 25 a 30 °C.

Os dois modelos, Exponencial e de Arrhenius, são indicados para determinar a sensibilidade à temperatura independente do sítio.

Na MNC, a maior sensibilidade à temperatura ocorre com a adição de 200 mg N kg solo seco⁻¹ e, em SA, com 100 mg N kg solo seco⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa do Instituto de Ciências Agrárias (UFU) e pela bolsa de iniciação científica do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ARRHENIUS, S. Über die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren. Zeitschrift für Physik Chemie, 4, 226-248, 1889.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. Soil Till. Res., 53:95-104, 2000a.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, p.7-18, 2008.

CAO, Y.S.; LIN, Y.B.; RAO, X.Q. & FU, S.L. Effects of artificial nitrogen and phosphorus depositions on soil respiration in two plantations in southern China, Journal of Tropical Forest Science, 23(2): 110–116, 2011.

FANG, C., MONCRIEFF, J.B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. Soil Biol. Biochem. 155–165, 2001.

GABRIEL, C. E.; KELLMAN, L.: Examining moisture and temperature sensitivity of soil organic matter decomposition in a temperate coniferous forest soil, Biogeosciences Discuss., 8, 1369-1409, 2011.

HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. Physiology and determination of crop yield. Madison : ASA/CSSA/SSSA. Cap.11A. p.285-302, 1994.

HOLLAND, E.A., DENTENER, F.J., BRASWELL, B.H. & SULZMAN, J.M. Contemporary and pre-industrial global reactive nitrogen budgets. Biogeochemistry 46: 7–43, 1999.

van't HOFF, J.H. Lectures on Theoretical and Physical Chemistry. Part I. Chemical Dynamics (translated by R. A. Leffeldt), pp. 224-229. Edward Arnold, London, 1898.

IPCC: Summary for Policymaker. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. The 4th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2007.

JANSSENS, I., PILEGAARD, K., 2003. Large seasonal change in Q₁₀ of soil respiration in a beech forest. Glob. Change Biol. 9, 911–918.

KAISER, M. ; WIRTH, S. ; ELLERBROCK, R. H. ; SOMMER, M.: Microbial respiration activities related to sequentially separated, particulate and water-soluble organic matter fractions from arable and forest topsoils. - Soil Biology and Biochemistry. 42 (3): 418-428, 2010.

KIRSCHBAUM, M. U. F.; The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. Soil Biology e Biochemistry, v. 27, p. 753 - 760, 1995.

KOCH, O., TSCHERKO, D., KANDELER, E. Temperature sensitivity of microbial respiration, nitrogen mineralization, and potential soil enzyme activities in organic alpine soils. Global Biogeochemical Cycles 21 (4), GB4017, 2007.

KUTSCH W, BAHN M, HEINEMEYER A, eds. 2009. Soil carbon dynamics. An integrated methodology. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2009.

LANDSBERG, J.J., GOWER, S.T., 1997. Applications of Physiological Ecology to Forest Management. Academic Press, New York, p. 354.

LÓPEZ-LÓPEZ, G.; LOBO, M.C.; NEGRE, A.; COLOMBÀS, M.; ROVIRA, J.M.; MARTORELL, A.; REOLID, C.; SASTRE-CONDE, I. Impact of fertilisation practices on soil respiration, as measured by the metabolic index of short-term nitrogen input behaviour, Journal of Environmental Management, Volume 113, 30, Pages 517-526, dez 2012.

LUCIANO, Rodrigo Vieira et al. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 36, n. 6, Dec. 2012.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. *Plant and Soil*, v. 181, p. 71-82, 1996.

MIFLIN, B.J., LEA, P.J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. *Phytochemistry*, New York, v.15, p.873-885, 1976.

REICHSTEIN, M., SUBKE, J.-A., ANGELI, A. C., AND TENHUNEN, J. D.: Does the temperature sensitivity of decomposition of soil organic matter depend upon water content, soil horizon, or incubation time? *Global Change Biology*, in press, 2005.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, v.2. p.1550-1570, 1965.

VINHAL-FREITAS, I. C.; FERREIRA, A. S.; CORRÊA, G. F.; WENDLING, B. Land Use Impact on Microbial and Biochemical Indicators in Agroecosystems of the Brazilian Cerrado. *Vadose Zone J.* Vol. 12 No. 1, 2013.

XU, M.; QI, Y. Spatial and seasonal for Q10 determined by respiration measurements at Sierra Nevada forest. *Global Biogeochemical*. v. 15, n 3. p. 687-696, 2001.

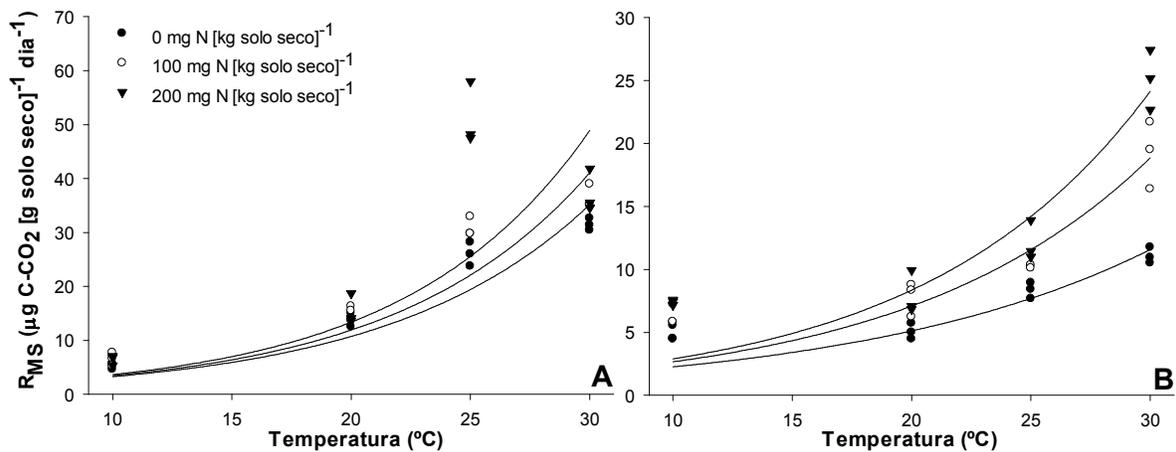


Figura 1 – Taxa respiratória microbiana para MNC (A) e SA (B) com relação à adição de doses de N. SA (B).

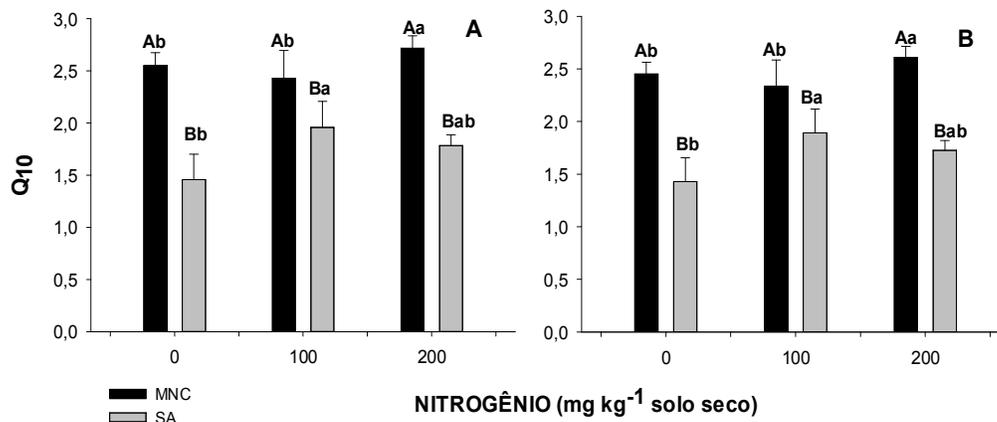


Figura 2 - Sensibilidade da temperatura (Q10) calculada pelos modelos Exponencial (A) e Arrhenius (B) para os sistemas MNC e SA. Letras maiúsculas diferentes entre sistemas em cada dose representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas diferentes entre doses para cada sistema representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).