

QUOCIENTE METABÓLICO DO SOLO SOB CULTIVO DE NOGUEIRA-PECÃ (*Carya illinoensis*) EM UM SISTEMA DE MONOCULTIVO ORGÂNICO E EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL

JAIANE MACHADO BARBOSA¹;

JAQUELINE LÜBKE WEEGE²; CHARLES FERREIRA BARBOSA³; TAINARA HARTWIG DA SILVA⁴; JULIANA DORO HAFELE⁵; EZEQUIEL CESAR CARVALHO MIOLA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – jaihmbarbosa@gmail.com

²UFPEL – jaquelineweege@gmail.com; ³UFPEL – charlesbarbosaceufpel@gmail.com; ⁴UFPEL – tainarahtwg@gmail.com; ⁵UFPEL – julianadorohafele@gmail.com; ⁶UFPEL – ezequielmiola@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de nogueira pecã (*Carya illinoensis*) tem sido implementado em diversas regiões do Brasil especialmente na região Sul, sendo estimulada pela alta demanda no mercado e sua valorização em aspectos de saúde, tendo em vista condições climáticas e diversidade na produção. Visto isso, o manejo e correção de solo faz-se crucial para o bom desenvolvimento e produção.

O monocultivo ainda é significativo, tendo em vista que o consórcio vem crescendo, especialmente no cultivo de hortaliças, grãos, frutíferas, plantas de cobertura para pastejo de bovinos e ovinos, e em pequena parcela para galinhas (Bilharva *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2018; Crosa *et al.*, 2020).

Os sistemas orgânicos na produção de nogueira pecã vem sendo opção para os produtores já que a produção orgânica agrega valor ao produto final, sendo considerada também a sustentabilidade em razão do meio ambiente. Já sistemas agroflorestais visam as interações entre agentes do solo, sendo que a nogueira pecã é uma espécie de ciclo longo que influenciará os sistemas que nela integram, a fim de promover produtividade e aproveitamento de área.

O quociente metabólico (qCO_2) é a razão entre a respiração basal e a biomassa microbiana do solo, por unidade de tempo (Anderson; Domsch, 1993). Ele expressa quanto de CO_2 é liberado pela biomassa microbiana em função do tempo, representando a taxa de respiração específica da biomassa microbiana (Alves *et al.*, 2011). Dessa forma, torna-se fundamental entender a microbiologia do solo nesses sistemas, com ênfase na dinâmica do carbono da biomassa e atividade microbiana. Esses fatores estão intimamente ligados à ciclagem de nutrientes e funcionam como indicadores sensíveis das mudanças ambientais. A análise detalhada desses processos contribui significativamente para adoção de práticas mais eficientes de manejo e conservação, promovendo a sustentabilidade dos ecossistemas e a manutenção da qualidade dos solos a longo prazo.

Sendo assim, esse estudo objetivou avaliar o quociente metabólico do solo sob cultivo de nogueira pecã em um sistema de monocultivo orgânico e em um sistema agroflorestal.

2. METODOLOGIA

Foram avaliadas duas áreas com o cultivo de nogueira-pecã localizadas na Estação Experimental Cascata (EEC) - EMBRAPA Clima Temperado em Pelotas-RS. A área com sistema de monocultivo orgânico (SMO) tem aproximadamente 1,5 ha, as plantas estão distribuídas com o espaçamento de 10x10 m e o pomar foi implantado no ano de 2018 quando recebeu uma única calagem no solo. A

adubação deste pomar é feita com a aplicação de 10 kg de esterco de aves, duas vezes ao ano, na projeção da copa das plantas. Além disso, é realizada roçada, capina e aplicação de palhada no entorno das plantas e o solo recebe aveia no inverno e crotalária/azevém no verão.

Já a área do sistema agroflorestal (SAF) é composta por diversas árvores frutíferas e não-frutíferas, apresenta aproximadamente 0,36 ha, sendo um pomar bem adensado implantado no ano de 2013 com espaçamento de 5x1,5 m entre plantas, e neste SAF está inserido o cultivo da nogueira-pecã com espaçamento de 10x10 m entre as plantas. Em relação ao manejo do solo, não realizou-se a calagem nos últimos anos, não houve a aplicação de fertilizantes, porém, nas entrelinhas foi realizado um experimento com milho e feijão onde procedeu-se o preparo do solo e roçada.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso compostos por quatro blocos, sendo que cada unidade experimental continha uma planta. As amostras de solo foram coletadas em julho de 2024, na camada de 0-10 cm de profundidade, com quatro amostras de cada sistema e ambos apresentam um NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico (Santos *et al.*, 2018). As amostras de solo foram encaminhadas e analisadas no laboratório de microbiologia do solo no Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – RS, onde foram peneiradas na malha de 2 mm e em seguida, encaminhadas para as análises microbiológicas. O solo do SAF apresentou 18% de argila, pH em água de 5,2 e 2,35% de matéria orgânica e o SMO 24% de argila, pH em água de 5,6 e 2,35% de matéria orgânica.

A Respiração Basal (RB) foi determinada com a soma de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é emitido como resultado da degradação da matéria orgânica, metodologia adaptada de Silva *et al.* (2007b). Foram realizadas quatro repetições por amostra, onde utilizou-se 100 g de solo em vidros cilíndricos de 800 mL, com 20 mL de solução NaOH 1M em copos plásticos, em seguida os vidros foram vedados, incubados em estufa a 25 °C e analisados 4 vezes durante 30 dias por meio de titulometria com uma solução de ácido clorídrico 1 M e 3 ml solução de cloreto de bário. O Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) procedeu-se como descrito por Silva *et al.* (2007a). Em associação entre as duas análises obteve-se o quociente metabólico (qCO₂), com a relação entre a RB por unidade de CBM e tempo, de acordo com Silva *et al.* (2007 b).

Fórmula para o cálculo do quociente metabólico:

$$qCO_2 (mg\ C - CO_2\ g^{-1}\ C - CBM\ h^{-1}) = \frac{RB (mg\ C - CO_2\ kg^{-1}\ solo\ h^{-1})}{CBM (mg\ C - CO_2\ kg^{-1}\ solo) \times 10^{-3}}$$

As análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR (versão 5.3-Build 75). Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi realizada pelo teste t student a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados deste estudo apresentados na Tabela 1 de Carbono da Biomassa Microbiana, Respiração Basal e quociente metabólico para os sistemas de monocultivo orgânico e agroflorestal, pode-se perceber algumas diferenças entre os sistemas e como a relação do manejo interfere nas propriedades microbiológicas do solo.

Os valores de CBM embora não sejam significativos, apresentam um ligeiro aumento na área do SAF, indicando maior quantidade de biomassa microbiana no solo, o que sugere uma maior diversidade e atividade microbiana em sistemas mais

complexos, como o agroflorestal. O SAF, ao combinar diferentes tipos de plantas, promove um ambiente mais favorável para o desenvolvimento da microbiota do solo, proporcionando maior diversidade de matéria orgânica e nichos ecológicos (Bastos *et al.*, 2023). Em oposição, o monocultivo tende a apresentar menor diversidade biológica, o que pode limitar o desenvolvimento da biomassa microbiana (Wang *et al.*, 2022).

Tabela 1. Carbono da biomassa microbiana (CBM), Respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO_2) do solo sob cultivo de noqueira pecã em um sistema de monocultivo orgânico (SMO) e em um sistema agroflorestal (SAF).

Manejo	CBM (mg C microbiano kg^{-1} solo)	RB (mg C- CO_2 kg^{-1} solo h^{-1})	qCO_2 (mg C- CO_2 g^{-1} C-CBM h^{-1})
SAF	631,82* ($\pm 40,8$)	0,63* ($\pm 0,14$)	1,00
SMO	599,32 ($\pm 31,3$)	0,47 ($\pm 0,14$)	0,78

* Não significativo; ** Significativo a 5%; \pm entre parênteses indica o desvio padrão da média.

O aumento da RB pode ser um dos primeiros indicadores de estresse microbiano causado por distúrbios no solo, isso resulta na perda de carbono na forma de CO_2 , pois a energia que seria utilizada para o crescimento e a reprodução é redirecionada para a manutenção celular (Kolln *et al.*, 2023). Neste estudo a RB apresentou-se ligeiramente mais alta no SAF, o que pode estar relacionado a maior quantidade de biomassa microbiana e maior atividade metabólica no solo. A maior RB sugere uma ciclagem mais ativa de nutrientes no solo, favorecida pela diversidade de plantas que contribuem com diferentes tipos de resíduos orgânicos e exsudatos radiculares.

Os valores de qCO_2 encontrados neste estudo podem ser considerados baixos, não apresentando resultados que demonstram sinal de estresse ou intensa atividade metabólica (Ashraf *et al.*, 2022). Porém, há uma pequena diferença entre os sistemas, com o maior valor no SAF (1,00) sugerindo que, apesar de a respiração basal ser maior e a biomassa microbiana ser elevada, a microbiota do solo está utilizando mais carbono para sua manutenção. Este resultado pode ser atribuído pela acidez do solo nesta área (pH 5,2), onde os microrganismos estão "gastando" mais carbono, desviando sua energia do crescimento para manutenção celular, para manter suas funções metabólicas, que resulta no qCO_2 mais alto indicando que o sistema ainda está em processo de estabilização ou que as condições no solo são mais dinâmicas (Ashraf *et al.*, 2022; Pohn; Chodak, 2015).

No solo do monocultivo orgânico, o qCO_2 ligeiramente mais baixo (0,78) indica maior eficiência no uso do carbono pela microbiota, com menos carbono sendo gasto para a respiração relativa à biomassa microbiana (Ashraf *et al.*, 2022). Embora isso possa parecer positivo em termos de eficiência metabólica, também pode ser um sinal de menor dinamismo no solo, o que pode limitar a capacidade do sistema de responder a estresses ambientais ou à necessidade de ciclar nutrientes.

4. CONCLUSÕES

Diante disso, o quociente metabólico expressa a eficiência de utilização da matéria orgânica pelos microrganismos do solo. Quando feita a análise nos diferentes sistemas de cultivos, sendo sistema agroflorestal e sistema de monocultivo orgânico, ambos os valores de quociente mostraram-se baixos, mas o sistema que apresentou melhores valores foi o sistema orgânico, podendo estar fortemente associado às condições de solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAF, M. N.; WAQAS, M. A.; RAHMAN, S.. Microbial Metabolic Quotient is a Dynamic Indicator of Soil Health: trends, implications and perspectives (review). **Eurasian Soil Science**, [S.L.], v. 55, n. 12, p. 1794-1803, dez. 2022. Pleiades Publishing Ltd.
- BASTOS, T. R. dos S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; MENDES, I. de C.; MONROE, P. H. M.; CARVALHO, F. F. de. Response of soil microbial biomass and enzyme activity in coffee-based agroforestry systems in a high-altitude tropical climate region of Brazil. **Catena**, [S.L.], v. 230, p. 107270, set. 2023. Elsevier BV.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul Recife : convênio MA/DPP – SA/ DRNR, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- KÖLLN, O. T. (Organizador) *et al.* **Sistemas para produção agropecuária sustentável no norte pioneiro do Paraná**. Campus Cornélio Procópio – PR: Editora UENP, 2023. E-book disponível em: <https://uenp.edu.br/editora> 376 f. il. cor. ISBN: 978-65-87941-25-7.
- WANG, Z.; ZHOU, M.; LIU, H.; HUANG, C.; MA, Y.; GE, Hao X.; GE, X.; FU, S.. Pecan agroforestry systems improve soil quality by stimulating enzyme activity. **Peerj**, [S.L.], v. 10, p. 1-19, 4 jan. 2022. PeerJ.
- POHN, M.; CHODAK, M. Microbial respiration per unit biomass increases with carbon-to-nutrient ratios in forest soils. **Soil Biology And Biochemistry**, [S.L.], v. 81, p. 128-133, fev. 2015. Elsevier BV.
- DADALTO, J. P., FERNANDES, H. C., TEIXEIRA, M. M., MILAGRES, R. S. Cuidados com o sistema de preparo do solo. Revista Cultivar Máquinas. Edição 149. Universidade Federal de Viçosa, 2020. <https://revistacultivar.com.br/artigos/cuidados-com-o-sistema-de-preparo-do-solo>.
- MARTINS, C. R., HOFFMANN, A., NACHTIGAL, J. C., ALBA, J. M. F., Panorama da produção, processamento e comercialização de noz-pecã no Sul do Brasil. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2023.
- MARTINS, C. R., CASTRO, C. M., HELLWIG, C. G., NAVA, D. E., NAVA, G., HEIDEN, G., ALBA, J. M. F., WREGE, M. S., LAZAROTTO, M., MALGARIM, M. B., SOUZA, R. S., FARIAS, R. M., MARCO, R., Práticas básicas do plantio à colheita de Noz-pecã. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2021.
- SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos.; OLIVEIRA, V. A. de.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de.; ARAUJO FILHO, J. C. de.; OLIVEIRA, J. B. de.; CUNHA, T. J. F., 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa.
- SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS- C)** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 98). (a)
- SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99). (b).