



## INDICADORES BIOLÓGICOS DO SOLO COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO SUSTENTÁVEL DA RENOVAÇÃO DO CANAVIAL

Camila Aparecida da Silva<sup>1</sup>, Amanda Eustachio Pereira<sup>2</sup>, Samilly de Oliveira Souza<sup>3</sup>, Jean Evens Alcinat<sup>4</sup>, Stephanie Abisag Sáez Meyer Piazza<sup>5</sup>, Francielli Gasparotto<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Agronomia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsista ICETI-UniCesumar/Fundação Araucária. camila.aps.silvaa@gmail.com

<sup>2</sup>Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil. Bolsista CAPES. maeustachio1998@hotmail.com

<sup>3</sup>Mestrando em Tecnologias Limpas, PPGTL, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. Bolsista ICETI-UniCesumar/Fundação Araucária. anasamily07@gmail.com

<sup>4</sup>Mestrando em Tecnologias Limpas, PPGTL, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. Bolsista ICETI-UniCesumar/Fundação Araucária. alcinajeanevens@gmail.com

<sup>5</sup>Pós-Doutorando, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsista ICETI-UniCesumar/Fundação Araucária. s.meyer.piazza@gmail.com

<sup>6</sup>Orientadora, Doutora, Docente no Curso de Agronomia, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. francielli.gasparotto@unicesumar.edu.br

### RESUMO

A cana-de-açúcar é uma gramínea de extrema importância na economia e agricultura brasileira, dela advém diversos produtos como o açúcar e o etanol, além de subprodutos como a vinhaça, torta de filtro entre outros. É necessário que seu cultivo e manejo seja apropriado respeitando as necessidades da cultura para que esta alcance seu máximo potencial produtivo. O emprego de terraços é uma das práticas conservacionista mais utilizadas em áreas com declive e ela pode impactar significativamente nos microrganismos do solo, assim como a reforma do canavial. A análise desses microrganismos é crucial para entender as alterações na saúde do solo devido a alterações no ambiente de cultivo, sendo assim compreender esses efeitos é primordial para adotar estratégias de manejo mais sustentáveis. Assim, objetiva-se avaliar as mudanças na biomassa microbiana antes e após a reforma do canavial em áreas submetidas ou não ao terraceamento. A pesquisa será realizada em Presidente Castelo Branco em uma área de cultivo de cana onde se localizam duas megaparcelsas com 2 ha cada. Serão realizadas duas amostragens de solo, uma antes e uma após a reforma do canavial, em ambas as amostras serão coletadas na profundidade de 0 a 10cm. Os indicadores microbiológicos analisados serão o teor de carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico do solo. Os dados serão submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Espera-se que os resultados obtidos tragam informações mais detalhadas de como a reforma no canavial impacta na saúde do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa microbiana; Sustentabilidade agrícola; Terraceamento agrícola.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma cultura de expressiva relevância econômica e social para o Brasil, posicionando o país como um dos maiores produtores mundiais (Fragoso; Braga; Kobayashi, 2023). Globalmente cultivada em mais de 100 países, essa gramínea não apenas sustenta cadeias produtivas de açúcar e etanol, como também é base para múltiplos coprodutos com valor econômico e energético, como melaço, bagaço, torta de filtro, vinhaça, biogás, biometano e nanocelulose (Machado Júnior et al., 2024).

Adaptada a regiões tropicais com estações bem definidas — uma quente e úmida e outra fria e seca — a cana-de-açúcar é cultivada em ciclos produtivos de aproximadamente cinco anos, com sucessivas colheitas das chamadas “cana-soca”, que reaproveitam os rebrotes da cultura original (Soares, 2014; Silva et al., 2021). No entanto, a continuidade desses ciclos leva à redução da produtividade, tornando necessária a reforma do canavial, prática que inclui a eliminação da soqueira, o preparo do solo e o replantio de novas variedades.



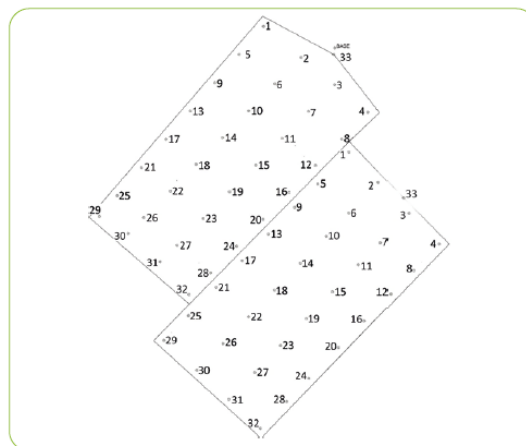
Apesar de ser essencial para a manutenção da produtividade e da longevidade da lavoura, a reforma do canavial pode impactar significativamente a saúde do solo, especialmente no que se refere à microbiota edáfica. A atividade microbiana é sensível às perturbações mecânicas e químicas oriundas do preparo do solo e do trânsito de máquinas, podendo ser avaliada por indicadores como o carbono da biomassa microbiana, a respiração basal e o quociente metabólico — todos eles fundamentais para o entendimento da sustentabilidade do agroecossistema (Cardoso & Andreote, 2016).

Nesse contexto, práticas conservacionistas como o terraceamento surgem como alternativas importantes para mitigar os impactos negativos da reforma, ao promover o controle da erosão, favorecer a infiltração de água e criar um ambiente mais estável para os microrganismos do solo (Almeida et al., 2016; Signor et al., 2023). No entanto, ainda são escassos os estudos que avaliam os efeitos diferenciados da reforma do canavial em áreas com e sem terraceamento, principalmente sob a ótica microbiológica e da saúde do solo.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar os impactos da reforma do canavial sobre a biomassa e a atividade microbiana do solo, comparando áreas submetidas ou não ao sistema de terraceamento.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na mesorregião Noroeste do Paraná, na cidade de Presidente Castelo Branco, Latitude: 23° 16' 40" Sul, Longitude: 52° 9' 7" Oeste, com solo Latossolo Vermelho distrófico de textura média. As operações da área de plantio, colheita e manejo de pragas e doenças são realizados pelo grupo sucroalcooleiro responsável pela área. A área de estudo será constituída por duas megaparcelas com 2,0 ha cada, uma com o emprego de terraços em nível (CT) e outra sem terraços (ST) (Figura 1).



**Figura 1:** Megaparcelas CT e ST, com os pontos georreferenciados, para realização das coletas de solo utilizadas nas análises microbiológicas em Presidente Castelo Branco-PR

**Fonte:** Livro Manejo e conservação de solo e água

A cultura da cana-de-açúcar é cultivada na área a aproximadamente 15 anos e a colheita tradicionalmente é realizada de forma mecanizada sem queima, a variedade implantada no ano 2024 é a variedade CTC 9006 e antes do plantio foram realizados manejos de calagem (3 ton.ha<sup>-1</sup>) e gessagem (1 ton.ha<sup>-1</sup>). A coleta de solo antes da reforma do canavial foi realizada no ano de 2023, quando havia na área a variedade RB867515, já a coleta após a reforma foi realizada em dezembro de 2024. Em ambas as coletas foram amostrados 32 pontos distintos por área, distribuídos em grid, na camada de 0 a 10cm. As



amostras de solo foram embaladas em sacos de papel e transportadas até o Laboratório de Análises Agronômicas - Agrolab – Unicesumar onde foram realizadas as análises da biomassa microbiana do solo.

A biomassa microbiana esta sendo estimada por meio de seu teor de carbono, determinado segundo Vance et al. (1987) por meio do método de fumigação-extração, onde ocorre a eliminação da microflora do solo pelo uso do clorofórmio. Inicialmente serão peneiradas e pesadas 20g de solo, em duplicata e serão acondicionadas em béquer. Neste método as amostras serão divididas em amostras não fumigadas e amostras fumigadas (sem a presença de microrganismos). As amostras fumigadas serão colocadas em dessecador com auxílio de bomba a vácuo, mantendo uma atmosfera de clorofórmio no escuro por 18 horas para que a biomassa microbiana do solo seja liberada. As amostras não fumigadas também serão submetidas ao mesmo processo, contudo será utilizada água ao invés do clorofórmio.

No processo de extração, as amostras que estavam no dessecador serão transferidas para erlenmeyers com 80ml de sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) 0,5M e pH variando de 6,5-6-8, as amostras serão agitadas por uma hora a 200rpm, centrifugadas durante 8 minutos e filtradas. Após a extração, a determinação do carbono da biomassa microbiana será realizada por meio de titulometria, onde o carbono presente no extrato será oxidado com o dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) na presença de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ).

A quantidade de carbono das amostras fumigadas e não fumigadas será determinada empregando-se a fórmula 1:

$$C (\mu g C/g solo) = (V2 - V1) \times N \times 0,003 \times 80 \times 106 / (8 \times PSS) \quad (\text{Fórmula 1})$$

onde:

V2 = volume gasto de sulfato ferroso amoniacal 0,03N na prova em branco

V1 = volume gasto do sulfato ferroso amoniacal 0,03N na amostra

N = normalidade do sulfato ferroso amoniacal

80 = volume do extrato

0,003 = meq do C

8 = alíquota do extrato

Pss = peso do solo seco.

E a biomassa microbiana será calculada empregando-se a fórmula 2 e o resultado expresso em  $\mu g$  de C (g de solo seco)<sup>-1</sup>:

$$BMS = Cf - Cnf / Ke \quad (\text{Fórmula 2})$$

Onde:

Cf = carbono da amostra fumigada

Cnf = carbono da amostra não fumigada

K = fator de correção (0,33) Sparling & West (1988)

Para determinação da respiração basal (RBS) serão pesadas 50g de solo, de cada amostra, em frascos de vidro com tampa hermética de 100 mL em duplicata. Para cada amostra serão pipetados 10mL de NaOH 1M em béqueres de polipropileno de 30ml, transferindo-o de imediato para o interior dos frascos com o solo já pesado, fechará com a tampa e será vedado com plástico insulfilm para que não haja entrada de CO<sub>2</sub> externo ou fuga do CO<sub>2</sub> produzido internamente. Para fazer o controle será usado os frascos brancos, e deve efetuar o mesmo procedimento descrito anteriormente, em frascos que contenham apenas os reagentes, sem o solo.



As amostras e o controle serão encubados entre 28C° e 25C°, em local isento de luminosidade por um período que irá variar entre 5 a 10 dias. Após essa incubação, será retirado os frascos contendo o NaOH e adicionará 2mL de cloreto de bário a 10% (m/v) para completa precipitação; após, adicionará 2 gotas de fenolftaleína 1% (m/v) e será titulado sob agitação magnética com a solução de HCl a 0,5M anteriormente padronizada, ao final da titulação a coloração da solução irá de rosa à incolor. Após o período experimental a respiração basal será calculada por meio da fórmula 3:

$$RBS (mg C de CO_2 kg - 1 solo hora - 1) = \{[(Vb - Va) \cdot M \cdot 6 \cdot 1000] / Ps\} / T$$

(Fórmula 3)

Onde:

RBS = carbono oriundo da respiração basal do solo;

Vb (mL) = volume de ácido clorídrico gasto na titulação dos brancos;

Va (mL) = volume de ácido clorídrico gasto na titulação das amostras;

M = molaridade exata do ácido clorídrico; 0,5 M HCl.

Ps (g) = massa de solo seco;

T = tempo de incubação das amostras em horas.

E o quociente metabólico das amostras de solo em cada área será determinado por meio da fórmula 4:

$$qCO_2 (mgC - CO_2. g - 1BMS - C. h - 1) \\ = RBS(mgC - CO_2. kg - 1 solo. h - 1) / BMS - C (mgC. kg - 1 solo).10 - 3$$

(Fórmula 4)

Onde:

qCO<sub>2</sub> = Quociente metabólico do solo;

RBS = respiração basal do solo;

BMS -C = Carbono da biomassa microbiana do solo.

Os resultados de cada parâmetro avaliado serão submetidos ao teste de homogeneidade e à análise de variância, verificando-se a significância, as médias serão comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que os resultados desta pesquisa revelem como a reforma do canalial influencia os atributos microbiológicos do solo, especialmente no que se refere à biomassa microbiana, à respiração basal e ao quociente metabólico. A comparação entre áreas com e sem terraceamento deverá evidenciar diferenças significativas na atividade microbiana e na estabilidade da microbiota do solo, refletindo os impactos diretos das práticas de manejo sobre a saúde do solo.

A expectativa é que áreas com terraceamento apresentem melhores indicadores de qualidade microbiológica, devido à maior proteção contra processos erosivos, melhor infiltração de água e maior conservação da matéria orgânica. Com isso, será possível identificar o terraceamento como uma prática conservacionista eficaz para mitigar os efeitos negativos da reforma do canalial sobre a microbiota do solo.

Além disso, espera-se que os dados obtidos contribuam para a compreensão da dinâmica microbiana em sistemas de cana-de-açúcar e sirvam de base para a formulação de estratégias de manejo mais sustentáveis. Tais estratégias poderão auxiliar produtores e técnicos na tomada de decisão, visando o aumento da produtividade agrícola aliado à preservação dos recursos naturais e à manutenção da funcionalidade ecológica do solo.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. S., et al. Indicadores de qualidade do solo em cultivos irrigados de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1463–1472, 2016,
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. M. G. (coord.). **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.
- FRAGOSO, R. da R.; BRAGA, M.; KOBAYASHI, A. K. **Cana-de-açúcar**. In: EMBRAPA. Brasil em 50 alimentos. Brasília, DF,. p. 321-325., 2023.
- MACHADO JÚNIOR, G. R. et al. **Manejo varietal na produção da cana-de-açúcar**. In: SILVA, F. C. da; FREIRE, F. J. (ed.). Inovação e desenvolvimento em cana-de-açúcar: manejo, nutrição, bioinsumos, recomendação de corretivos e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa; Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, cap. 3, p. 61-159, 2024.
- SIGNOR, D.; ZANI, C. F.; PALADINI, A. A.; DEON, M. D.; CERRI, C. E. P. Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p.1402-1410, 2014.
- SILVA, D. L. G. et al. Cana-de-açúcar: Aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, 2021.
- SOARES, M. B. B. **Sistemas de cultivo em área de reforma de cana-de-açúcar e a sucessão de culturas na composição da comunidade infestante**, Jabotical, 2014.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.