

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

EVOLUÇÃO DO MANEJO DA CANA-DE-AÇÚCAR E SEUS EFEITOS NO SOLO

GABRIELLA DE ALMEIDA GASPARINI

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Fernandes

Jaboticabal – SP
2º Semestre/2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

EVOLUÇÃO DO MANEJO DA CANA-DE-AÇÚCAR E SEUS EFEITOS NO SOLO

GABRIELLA DE ALMEIDA GASPARINI

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Fernandes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Engenharia Agrônômica.

Jaboticabal – SP
2º Semestre/2025

G249e Gasparini, Gabriella de Almeida
Evolução do manejo da cana-de-açúcar e seus efeitos no solo / Gabriella de Almeida Gasparini. -- Jaboticabal, 2025
18 f. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Carolina Fernandes

1. Cana-de-açúcar Cultivo. 2. Mecanização agrícola. 3. Solos



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



NOME COMPLETO DO AUTOR

Gabriella de Almeida Gasparini

TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO:

Evolução do manejo da cana-de-açúcar e seus efeitos no solo.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Profa. Dra. Carolina Fernandes

Área de Concentração: Física do Solo

Data da defesa: 15 / 11 / 2025

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Carolina Fernandes

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Me. Ingrid Silva Setúbal

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Me. Júlia Karoline Rodrigues das Mercês

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

18 / 11 / 25

Aprovado Ad Referendum do Conselho do Departamento

Prof. Dr. José Eduardo Corá
Chefe do Departamento

DEDICATÓRIA

*A Deus, por ter concedido força para não
desistir, mesmo diante dos maiores
desafios.*

*Aos meus pais e familiares, pelo amor
incondicional.*

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao Espírito Santo, meu eterno agradecimento. Pelo sustento diário, pela paz que acalma a ansiedade e pela força inabalável que me levantou a cada manhã.

Aos meus pais, **Maria Emilia de Almeida Gasparini** e **Wanderlei Luiz Gasparini** a quem dedico o meu caráter e minha perseverança. Agradeço pelo amor incondicional, pelo incentivo contínuo e por todos os sacrifícios e renúncias que possibilitaram a realização deste sonho acadêmico. Vocês são a minha maior inspiração e o meu eterno exemplo.

A toda a minha família, por cada palavra de encorajamento e por acreditarem no meu potencial. Dedico, ainda, este trabalho à memória de **Maria Rosa dos Santos Gasparini** (*in memoriam*), por ser o meu maior exemplo de fé e dedicação à família.

À minha Orientadora, Professora Dra. **Carolina Fernandes**, pela paciência, dedicação e por guiar com maestria cada etapa deste trabalho.

Um agradecimento sincero a todos os colegas e amigos, que compartilharam comigo as alegrias e os desafios da graduação. Deixo um reconhecimento especial a **Tatiane dos Santos Sena**, **Bruno Bezerra Resende**, **Daniella Rodrigues Nunes** e **Matheus Providello**, pela parceria e companheirismo que tornaram esta caminhada inesquecível.

E, em especial, ao meu namorado, **Rafael Donizede de Souza Lima**, por todo o carinho, o cuidado e por trazer a leveza necessária à minha rotina. Sua presença e confiança foram o alívio e a motivação que me fizeram persistir nos momentos de maior desafio.

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | viii |
| 1.INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2.REVISÃO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1.Impactos da queima da cana-de-açúcar..... | 3 |
| 2.2.Do sistema tradicional ao mecanizado | 4 |
| 2.3 Alternativas conservacionistas..... | 5 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 8 |
| REFERÊNCIAS | 9 |

RESUMO

Este estudo discute dois aspectos centrais do cultivo da cana-de-açúcar: o uso das queimadas e a mecanização da colheita. Embora historicamente as queimadas tenham sido utilizadas para facilitar o corte, seus efeitos negativos incluem degradação do solo, perda de nutrientes e impactos ambientais significativos. A adoção de legislações restritivas tem reduzido essa prática, estimulando alternativas mais sustentáveis. A mecanização, por sua vez, contribui para a eliminação da queima e traz ganhos ambientais, mas também impõe desafios como a compactação e a erosão do solo. Nesse contexto, práticas conservacionistas, como a incorporação de palhada e o uso de plantas de cobertura, apresentam-se como estratégias eficazes para mitigar tais impactos, promovendo a conservação do solo e a sustentabilidade do sistema produtivo. A transição para um manejo mais sustentável é essencial para assegurar a viabilidade econômica da cadeia sucroenergética e a preservação dos ecossistemas.

Palavras chave: *Saccharum officinarum*; conservação do solo; manejo do solo; mecanização agrícola.

ABSTRACT

This study addresses two central aspects of sugarcane cultivation: burning and mechanized harvesting. Historically, burning has been used to facilitate harvesting; however, it results in soil degradation, nutrient loss, and significant environmental impacts. The implementation of restrictive legislation has reduced its occurrence, encouraging more sustainable alternatives. Mechanization, in turn, contributes to the elimination of burning and provides environmental benefits, but it also poses challenges such as soil compaction and erosion. In this context, conservation practices, including straw incorporation and the use of cover crops, emerge as effective strategies to mitigate these impacts, enhancing soil conservation and the sustainability of the production system. The transition to sustainable management is crucial to ensure the economic viability of the sugar-energy sector and the preservation of ecosystems.

Keywords: *Saccharum officinarum*; soil conservation; soil management; agricultural mechanization.

1. INTRODUÇÃO

A história da cana-de-açúcar no Brasil remonta ao período colonial, quando, em 1532, Martim Afonso de Souza introduziu as primeiras mudas na Capitania de São Vicente, trazidas da Ilha da Madeira, região com condições ambientais semelhantes às do território brasileiro (Miranda, 2008). Desde então, a cultura consolidou-se como uma das principais bases econômicas do país, inicialmente no litoral nordestino, em áreas como o Recôncavo Baiano e Pernambuco (Moreno, 2011; Nocelli *et al.*, 2017).

Ao longo do tempo, a cana-de-açúcar assumiu papel estratégico não apenas na produção de açúcar e etanol, mas também no fornecimento de subprodutos destinados à alimentação, à geração de energia e à cadeia industrial. Atualmente, o Brasil lidera a produção mundial, com estimativa de 676,9 milhões de toneladas na safra 2024/2025, cultivadas em aproximadamente 8,7 milhões de hectares e produtividade média de 77,2 t ha⁻¹ (CONAB, 2025). O Estado de São Paulo destaca-se nesse cenário, respondendo por mais da metade da produção nacional, favorecido por condições edafoclimáticas adequadas e pela elevada concentração de agroindústrias do setor (Silva *et al.*, 2021).

Apesar de sua relevância econômica e social, o cultivo da cana-de-açúcar também está associado a impactos ambientais. A prática da queima da palha, historicamente utilizada para facilitar a colheita manual, passou a ser gradualmente restringida pela Lei nº 11.241/2002, que estabeleceu prazos para sua eliminação. A transição para a colheita mecanizada trouxe avanços, como a manutenção da palhada sobre o solo, contribuindo para a conservação da matéria orgânica e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (Bayer; Mielniczuk, 2008).

No entanto, a mecanização intensiva introduziu novos desafios. O tráfego de máquinas pesadas favorece a compactação do solo, reduzindo a infiltração de água, a aeração e o crescimento radicular da cultura (Lima, 2016). Além disso, o excesso de palhada pode dificultar práticas como o plantio direto e a aplicação de insumos, demandando adaptações tecnológicas e estratégias de manejo adequadas.

Diante desse contexto, torna-se essencial compreender os efeitos da transição dos sistemas tradicionais para os mecanizados, bem como avaliar alternativas conservacionistas capazes de mitigar os impactos negativos e garantir a sustentabilidade da produção. Assim, este trabalho tem como objetivo investigar, por meio de revisão de literatura, os principais efeitos da queima e da mecanização no solo cultivado com cana-de-açúcar, destacando práticas conservacionistas que favoreçam o equilíbrio entre produtividade e preservação ambiental.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Impactos da queima da cana-de-açúcar

A queima da cana-de-açúcar é uma prática centenária utilizada no cultivo para facilitar o corte manual, retirar a cera que recobre a planta e auxiliar em outras operações. Rheinheimer *et al.* (2003) observaram que os atributos químicos do solo, após a queima, retornam aos valores originais cerca de 90 dias após o processo. Entretanto, os benefícios iniciais são temporários, pois a lixiviação, intensificada pelas chuvas, carrega os nutrientes disponibilizados pelo fogo, resultando em concentrações menores em relação a solos sem queima (Knicker, 2007).

Em médio e longo prazo, a prática recorrente degrada propriedades químicas do solo (Dick *et al.*, 2008), reduzindo o potencial produtivo da cultura (Heringer *et al.*, 2002) e ocasionando perdas acentuadas de nutrientes e da matéria orgânica, sobretudo em incêndios de alta intensidade (Soares, 1995). Além da degradação do solo, a queima compromete a qualidade do ar e a saúde das populações expostas à fumaça, razão pela qual políticas públicas, como a Lei nº 11.241/2002, estabeleceram prazos para sua eliminação gradual.

A substituição da queima por sistemas de colheita crua mostrou-se vantajosa em diversos estudos. Souza *et al.* (2005) compararam sistemas de cana crua com incorporação da palha e cana queimada, verificando que a colheita crua resultou em maior teor de matéria orgânica, maior macroporosidade, menor resistência do solo à penetração e maior produtividade de colmos. Tais resultados evidenciam que a eliminação do fogo, quando associada à manutenção parcial da palhada, melhora as condições físicas do solo e o desempenho produtivo da cana.

A palhada exerce papel fundamental como cobertura morta, atenuando o impacto das gotas de chuva, reduzindo a erosão, favorecendo a infiltração de água e

estimulando a atividade biológica (Cogo; Levien; Schwarz, 2003). Além disso, atua na ciclagem de nutrientes (Fortes *et al.*, 2012), no aumento do carbono orgânico do solo (Galdos *et al.*, 2009), na mitigação de gases de efeito estufa (Carmo *et al.*, 2013) e na redução de plantas daninhas (Hassuani *et al.*, 2005). Do ponto de vista energético, constitui ainda matéria-prima estratégica para bioeletricidade e etanol de segunda geração (Carvalho *et al.*, 2017). A deposição anual de 10 a 20 t ha⁻¹ de resíduos, podendo chegar a 30 t ha⁻¹ em lavouras de alto rendimento (Menandro *et al.*, 2017), favorece o acúmulo de carbono em diferentes profundidades (Canellas *et al.*, 2007).

Signor *et al.* (2014) compararam sistemas com e sem queima e constataram maior acúmulo de carbono em áreas sem queima (57,9 t ha⁻¹ até 20 cm de profundidade) em comparação às áreas queimadas (35,6 t ha⁻¹). Esse resultado reforça o papel do solo como reservatório de carbono no balanço global (FAO, 2020), que chega a armazenar três vezes mais carbono que a atmosfera (Lal, 2008). Por outro lado, estudos como o de Cerri *et al.* (1991) mostram que a conversão de áreas nativas para cultivo contínuo compromete os estoques de carbono e nitrogênio, além de reduzir a biomassa microbiana, impactando a sustentabilidade a longo prazo.

2.2. Do sistema tradicional ao mecanizado

A mecanização da colheita da cana, apesar de eliminar a queima, trouxe novos desafios. Entre eles destacam-se perdas de caldo, danos à soqueira, aumento da presença de impurezas (Moraes, 1992) e maior risco de pragas (Kroes; Harris, 1996). Além disso, o tráfego de máquinas, presente em mais de 30 operações ao

longo de cinco cortes (De Maria *et al.*, 2016), promove compactação progressiva, afetando a porosidade e a infiltração de água (Vischi, 2014).

O preparo do solo tem sido utilizado como prática corretiva para mitigar a compactação, promovendo desagregação das camadas, aumento da aeração e infiltração de água e redução da resistência mecânica à penetração das raízes (Fortin *et al.*, 1996). Em curto prazo, isso contribui para melhores condições de desenvolvimento radicular e incremento da produtividade. No entanto, Bolonhezi *et al.* (2014) destacam que esses efeitos são efêmeros, pois o tráfego intenso de máquinas durante a colheita tende a anular os ganhos estruturais em poucos ciclos. Barbosa *et al.* (2019) reforçam que o benefício do preparo convencional geralmente se limita ao ciclo da cana-planta, desaparecendo em safras subsequentes.

A reforma frequente dos canaviais, que no Brasil atinge mais de 1,3 milhão de hectares por ano, coincide com períodos de maior pluviosidade, expondo o solo a processos erosivos severos (Bolonhezi *et al.*, 2019). Nesse contexto, a erosão hídrica torna-se uma das principais ameaças à sustentabilidade do sistema, aumentando perdas de solo e nutrientes (Montgomery, 2007; Pena *et al.*, 2020).

Estudos como o de Scarpinella (2012) e Scarpinella, Miranda e Mauad (2019) demonstraram que carregadores e áreas de tráfego representam pontos críticos de produção de sedimentos, com taxas de perdas de solo que podem ultrapassar 90 t ha⁻¹ ano⁻¹ em condições de declividade acentuada.

A comparação entre diferentes sistemas de manejo evidencia essas limitações. Garbiate *et al.* (2011) verificaram que a erosão entre sulcos foi significativamente maior em áreas de colheita mecanizada com queima (0,53 t ha⁻¹) do que em áreas de colheita crua (0,07 t ha⁻¹). Bezerra e Cantalice (2006) confirmaram que a combinação de dossel e palhada reduziu em até 95% a

desagregação do solo, demonstrando a importância da cobertura vegetal como aliada na mitigação da erosão. Esses resultados reforçam que, embora o preparo convencional ofereça ganhos imediatos na estrutura do solo, sua contribuição é limitada no tempo e pode, inclusive, potencializar perdas quando associado à mecanização intensiva.

Iamaguti *et al.* (2015) e Souza (2017) mostraram que o preparo convencional está associado a maiores emissões de CO₂, enquanto práticas como a subsolagem localizada e o sistema de plantio direto (SPD) resultam em menores fluxos de carbono para a atmosfera. Assim, ao mesmo tempo em que a mecanização se consolidou como tendência irreversível, a adoção de estratégias conservacionistas torna-se indispensável para equilibrar produtividade, conservação do solo e mitigação dos impactos ambientais.

2.3 Alternativas conservacionistas

A Agricultura de Conservacionista (AC) cresceu mundialmente nas últimas décadas, atingindo 205,4 milhões de hectares em 2019 (Kassam *et al.*, 2022). No cultivo da cana, destacam-se o Sistema de Plantio Direto (SPD), a rotação de culturas e a adubação verde. Segundo a FAO (2022), a AC se baseia em três princípios: mínimo revolvimento do solo, manutenção da palhada e diversificação de culturas. Quando aplicados de forma integrada, esses princípios reduzem a erosão, aumentam a estabilidade estrutural e a eficiência produtiva (Derpsch *et al.*, 2014; EMBRAPA, 2021).

O Quadro 1 sintetiza os efeitos dos diferentes manejos, evidenciando que sistemas conservacionistas apresentam vantagens de longo prazo em comparação às práticas tradicionais.

Os resultados de Arcoverde *et al.* (2025) mostraram que o preparo

convencional melhorou atributos físicos em Latossolo arenoso, reduzindo densidade e resistência à penetração. Entretanto, Barbosa *et al.* (2019) alertam que esses ganhos são temporários, limitados ao ciclo da cana-planta. Em contraste, o SPD promove efeitos mais graduais, mas sustentáveis, mantendo a qualidade estrutural ao longo dos cortes. Assim, o preparo convencional deve ser considerado paliativo, enquanto o SPD representa uma solução duradoura.

Outro componente essencial das práticas conservacionistas é a adubação verde, sobretudo com leguminosas como crotalária, soja e amendoim. Essas espécies fornecem nitrogênio biológico, estimulam micorrizas e aumentam a ciclagem de nutrientes, além de reduzir nematoides e patógenos do solo (Bolonhesi; Gonçalves, 2015). Oliveira *et al.* (2021) verificaram acréscimos de 20 a 30 t ha⁻¹ de colmos industrializáveis com o uso de crotalária, enquanto Ambrosano *et al.* (2011) confirmaram incrementos sustentados em cinco cortes consecutivos após o cultivo prévio de leguminosas. Tais resultados demonstram que o uso de adubos verdes, além de reduzir custos com fertilizantes, contribui para ganhos produtivos consistentes.

Além da adubação verde, a diversificação de culturas com gramíneas como milho e sorgo proporciona maior aporte de biomassa, favorece a estruturação do solo e aumenta a resistência à erosão (Tamashiro, 2023). A integração dessas espécies em rotação ou consórcio com a cana amplia a resiliência do sistema e ajuda a equilibrar os estoques de carbono no solo. Fortes *et al.* (2012) e Carvalho *et al.* (2017) ressaltam ainda o potencial da palhada não apenas na conservação do solo, mas também como insumo energético para bioeletricidade e etanol de segunda geração, reforçando o papel estratégico desse resíduo na sustentabilidade econômica e ambiental do setor.

Comparando-se o preparo convencional e sistemas conservacionistas, percebe-se uma diferença fundamental: o primeiro atua de forma paliativa e temporária, enquanto o segundo busca manter e melhorar continuamente a qualidade estrutural do solo. Do ponto de vista ambiental, sistemas conservacionistas apresentam menores emissões de CO₂ do que o preparo convencional (Iamaguti *et al.*, 2015; Souza, 2017), além de contribuírem para o sequestro de carbono e mitigação de gases de efeito estufa.

Portanto, as alternativas conservacionistas representam não apenas práticas técnicas, mas uma mudança de paradigma no cultivo da cana-de-açúcar. Ao promoverem a manutenção da qualidade estrutural do solo, a ciclagem de nutrientes e a redução de impactos ambientais, garantem maior sustentabilidade ao setor, destacando-se como estratégias fundamentais diante dos desafios impostos pela mecanização intensiva e pelas mudanças climáticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição da queima pela mecanização no cultivo da cana-de-açúcar trouxe avanços ambientais relevantes, como a redução das emissões de gases de efeito estufa e o aumento do carbono no solo. Entretanto, a mecanização intensiva também gerou problemas, especialmente a compactação e a erosão.

Práticas conservacionistas, como o uso da palhada, a rotação de culturas, a adubação verde e o Sistema de Plantio Direto, têm se mostrado eficazes para mitigar esses impactos e garantir maior sustentabilidade ao setor. Assim, a integração dessas estratégias é essencial para conciliar produtividade e conservação do solo, assegurando a longevidade dos canaviais e a proteção dos recursos naturais.

Considerando os avanços e limitações já apontados na literatura, recomenda-se que futuras revisões e estudos aprofundem a análise sobre a adoção e a eficácia de práticas conservacionistas em diferentes contextos edafoclimáticos e sistemas de manejo da cana-de-açúcar, a fim de ampliar o conhecimento científico e subsidiar recomendações técnicas mais consistentes para o setor.

REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMAS, E. A.; DIAS, F. L. F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T.; SACHS, R. C. C.; AZCÓN, R. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v. 70, p. 810-818, 2011.
- ARCOVERDE, S. N.; KURIHARA, C. H.; SILVA, C. J. D.; OLIVEIRA, G. B. D. Physical soil quality under management systems in sugarcane field renewal. **Engenharia Agrícola**, v. 45, p. e20240214, 2025.
- BARBOSA, L. C.; MAGALHÃES, P. S. G.; BORDONAL, R. O.; CHERUBIN, M. R.; CASTIONI, G. A. F.; TENELLI, S.; FRANCO, H. C. J.; CARVALHO, J. L. N. Soil physical quality associated with tillage practices during sugarcane planting in south-central Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 195, p. 104383, 2019.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F. de O. (ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, p.7-18. 2008.
- BEZERRA, S.A.; CANTALICE, J.R.B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.565-573, 2006.
- BOLONHEZI, D.; BOLONHEZI, A. C.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde e rotação de culturas para cana-de-açúcar. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (org.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa Agropecuário Oeste, 2014. v. 2, p. 127-158.
- BOLONHESI, D.; GONÇALVES, N. H. Rotação de culturas: Sucessão e rotação de culturas na produção de cana-de-açúcar. In: BERLADO, G. C.; CASSIA, M. T.; SILVA, R. P. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. 1. ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. p. 219-241.
- BOLONHEZI, D.; VISCHI FILHO, O. J.; MELLO IVO, W. M. P.; VITTI, A. C.; BOLONHEZI, A. C.; BRANÇALIAO, S. R. Manejo e conservação do solo em cana-de-açúcar. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C. de; SOUZA, L. S. (ed.). **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p. 1029–1080.
- CANELLAS, L.P.; BALDOTTO, M.A.; BUSATO, J.G.; MARCIANO, C.R.; MENEZES, S.C.; SILVA, N.M. da; RUMJANEK, V.M.; VELLOSO, A.C.X.; SIMÕES, M.L.; MARTIN-NETO, L. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.331-340, 2007.
- CARMO, J. B. do; FILOSO, S.; ZOTELLI, L. C.; SOUSA NETO, E. R. de; PITOMBO, L. M.; DUARTE-NETO, P. J.; VARGAS, V. P.; ANDRADE, C. A. de; GAVA, G. J. C.; ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; NETO, A. E.; MARTINELLI, L. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 5, n. 3, p. 267-280, 2013.
- CARVALHO, J. L. N.; NOGUEIROL, R. C.; MENANDRO, L. M. S.; BORDONAL, R. O.; BORGES, C. D.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J. Agronomic and environmental

implications of sugarcane straw removal: a major review. **GCB Bioenergy**, v. 9, n. 7, p. 1181-1195, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12410>.

CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Évolution des principales propriétés d'un latosol (rouge foncé) après défrichement et sous cultures de canne à sucre pendant 12 et 50 ans. **Cahiers O.R.S.T.O.M. Série Pédologie** (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer), v. 26, p. 37-50, 1991.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743–753, 2003.

CONAB. **Boletim da Safra de Cana-de-Açúcar: 4º levantamento - Safra 2024/25**. Brasília: CONAB, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safra/safra-de-cana-de-acucar/arquivos-boletins/4o-levantamento-safra-2024-25/boletim-cana-de-acucar-4o-levantamento-2024-25>. Acesso em: 24 jun. 2025.

DE MARIA, I. C.; DRUGOWICH, M. I.; BORTOLETTI, J. O.; VITTI, A. C.; ROSSETTO, R.; FONTES, J. L.; TCATCHENCO, J.; MARGATHO, S. F. **Recomendações gerais para a conservação do solo na cultura da cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2016.

DERPSCH, R.; FRANZLUEBBERS, A. J.; DUIKER, S. W.; REICOSKY, D.; KOCH, D. C.; CHANDLER, D. G.; RAPER, R. L.; DOWNEY, D.; CALEGARI, A. Why do we need to standardize no-tillage research? **Soil and Tillage Research**, v. 137, p. 16-22, 2014.

DICK, D. P.; MARTINAZZO, R.; DALMOLIN, R. S. D.; JACQUES, A. V. Á.; MIELNICZUK, J.; ROSA, A. S. Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 633-640, maio 2008.

EMBRAPA. **Sistema Plantio Direto**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto>. Acesso em: 6 mai. 2025.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Recarbonization of global soils**. Roma: FAO, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/global-soilpartnership/resources/highlights/detail/en/c/1201385/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

FAO. **Agricultura de Conservação**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>. Acesso em: 12 out. 2024

FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo state, Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 42, p. 189-198, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.03.011>.

FORTIN, M. C.; ROCHETTE, P.; PATTEY, E. Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-tillage small-grain cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p.1541-1547, 1996.

GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v. 153, n. 3–4, p. 347-352, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.08.025>.

- GARBIATE, M.V.; VITORINO, A.C.T.; TOMASINI, B.A.; BERGAMIN, A.C.; PANACHUKI, E. Erosão entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2145-2155, 2011.
- HASSUANI, S. J.; LEAL, M. R. L. V.; MACEDO, I. C. **Biomass power generation: sugar cane, bagasse and trash**. Piracicaba: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD); Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), 2005.
- HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Características de um Latossolo Vermelho sob pastagem natural sujeita à ação prolongada do fogo e de práticas alternativas de manejo. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.309-314, 2002.
- IAMAGUTI, J. L.; MOITINHO, M. R.; TEIXEIRA, D. D. B.; BICALHO, E. S.; PANOSSO, A. R.; LA SCALA JUNIOR, N. Preparo do solo e emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em área canavieira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p. 497- 504, 2015.
- KASSAM, Amir; FRIEDRICH, Theodor; DERPSCH, Rolf. Successful experiences and lessons from conservation agriculture worldwide. **Agronomy**, v. 12, n. 4, p. 769, 2022.
- KNICKER, H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 85, n. 11, p. 91-118, mar. 2007.
- KROES, S.; HARRIS, H.D. Knockdown causes major damage to cane during harvesting. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONFERENCE, 18., 1996, Mackay. **Proceedings...** Brisbane: Watson Ferguson, 1996. p.137-44.
- LAL, R. Carbon sequestration. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 363: 815-830, 2008.
- LIMA, C. C. **Canteirização no preparo convencional e profundo para cana-de-açúcar: atributos físicos e sistema radicular**. 2016. 130 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2016.
- MENANDRO, L. M. S.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J.; KÖLLN, O. T.; PIMENTA, M. T. B.; SANCHES, G. M.; RABELO, S. C.; CARVALHO, J. L. N. Comprehensive assessment of sugarcane straw: implications for biomass and bioenergy production. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 11, n. 3, p. 488–504, 2017.
- MIRANDA, J. R. **História da cana-de-açúcar**. Campinas: Komedi, 2008. 167 p.
- MONTGOMERY, D. R. Soil erosion and agricultural sustainability. **Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)**, v. 104, n. 33, p. 13268-13272, 2007.
- MORAES, E. E. **Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e impurezas vegetais na colheita mecanizada**. 1992. 124 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, 1992.
- MORENO, L. M. **Transição da colheita da cana-de-açúcar manual para a mecanizada no Estado de São Paulo: cenários e perspectivas**. 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- NOCELLI, R. C. F.; ZAMBON, V.; SILVA, O. G. M.; MORINI, M. S. C. **Histórico da Cana-de-açúcar no Brasil: Contribuições e Importância Econômica**. [S.l.: s.n.], 2017.

OLIVEIRA, M. W. de; NASCIF, C.; OLIVEIRA, T. B. A.; RODRIGUES, T. C.; ASSIS, W. O. de; SANTOS, D. de F.; MOURA, S. C. de S. Adubação verde com crotalária juncea em áreas de implantação ou reforma de canaviais, em pequenas propriedades rurais. In: QUEIROZ, R. L. R. de; OLIVEIRA, T. B. A. (org.). **Abordagens na pesquisa agropecuária**. Maceió: EDUFAL, 2021. p. 43-57.

PENA, S. B.; ABREU, M. M.; MAGALHÃES, M. R.; CORTEZ N. Water erosion aspects of land degradation neutrality to landscape planning tools at national scale. **Geoderma**, v. 363, p. e114093, 2020.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, J. C. P.; FERNANDES, V. B. B.; MAFRA, A. L.; ALMEIDA, J. A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 49-55, 2003

SIGNOR, D.; ZANI, C.F.; PALADINI, A.A.; DEON, M.D.I.; 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, p.1402-1410, 2014.

SILVA, D. L. G.; BATISTI, D. L. S.; GIACOMELLI FERREIRA, M. J.; MERLINI, F. B.; CAMARGO, R. B.; BARROS, B. C. B. Sugarcane: Economic, social, environmental, by-products and sustainability. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e44410714163, 2021.

SOARES, R. V. Queimas controladas: prós e contras. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1.; REUNIÃO CONJUNTA IPEF/FUPEF/SIF, 3., 1995, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1995, p. 6-10.

SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.271-278, 2005.

SOUZA, L. C. de; FERNANDES, C.; NOGUEIRA, D. C. S.; MOITINHO, M. R.; BICALHO, E. S.; LA SCALA JUNIOR, N. Can partial cultivation of only the sugarcane row reduce carbon dioxide emissions in an oxisol and ultisol? **Soil and Tillage Research**, v. 182, p. 119-126, 2018.

SCARPINELLA, G. D'A. **Erosão em carregadores da cultura da cana-de-açúcar: estudo de caso na bacia do Ribeirão do Feijão (SP)**. 2012. 162 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SCARPINELLA, GUSTAVO D.'ALMEIDA; MIRANDA, RENATO BILLIA DE; MAUAD, FREDERICO FÁBIO. Estimativa da erosão em carregadores de cana-de-açúcar através da Equação Universal de Perdas de Solo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 959-963, 2019.

TAMASHIRO, I. S. M. **Qualidade do solo em resposta a práticas de manejo adotadas durante o cultivo de cana-de-açúcar**. 2023. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP.

VISCHI FILHO, O. J. **Indicadores físicos e mecânicos do solo sob cultivo de cana-de-açúcar em áreas comerciais**. 2014. 131 p. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP.