UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia

BRENO ANDERLINI BRANCATO

PRODUTIVIDADE E TEORES DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE CALCÁRIO E CINZAS DE BIOMASSA DE EUCALIPTO

Ilha Solteira
2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

BRENO ANDERLINI BRANCATO

PRODUTIVIDADE E TEORES DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE CALCÁRIO E CINZAS DE BIOMASSA DE EUCALIPTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Edson Lazarini
Orientador

Ilha Solteira
2026

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Brancato, Breno Anderlini.
B816p Produtividade e teores de nutrientes na cultura do milho em função do residual de doses de calcário e cinzas de biomassa de Eucalipto / Breno Brancato. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026
41 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2026

Orientador: Edson Lazarini

Inclui bibliografia

1. Zea mays L.. 2. Reaproveitamento de resíduos. 3. Corretivo de acidez.

Sandra Montibeller - CRB-8/060/2025

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: PRODUTIVIDADE E TEORES DE NITRIENTES NA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DO RESIDUAL DE DOSES DE CALCÁRIO E CINZAS DE BIOMASSA DE EUCALIPTO.

ALUNO: Breno Anderlini Brancato- RA: 221053361

ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

Aprovado (X) Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com nota obtida: 9,5

Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
EDSON LAZARINI
Data: 13/07/2026 17:06:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Edson Lazarini (orientador)

gov.br Documento assinado digitalmente
BARBARA NAIRIM CERIANI DE LUNA
Data: 13/07/2026 16:20:50-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

MSc. Barbara Nairim Ceriani de Luna

gov.br Documento assinado digitalmente
JUSSARA SOUZA SALLES
Data: 13/07/2026 16:10:46-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

MSc. Jussara Souza Salles

gov.br Documento assinado digitalmente
BRENO ANDERLINI BRANCATO
Data: 13/07/2026 17:43:21-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Breno Anderlini Brancato

Aluno

Ilha Solteira (SP), 13 de julho de 2026.

DEDICO...

Aos meus pais e meus avós, pelo carinho, dedicação e cuidado durante toda minha existência. Com muita gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus, por sempre guiar meus passos e me conceder força, sabedoria e perseverança para superar cada desafio ao longo desta caminhada. Nos momentos de dúvidas, dificuldades e incertezas, Sua presença foi meu sustento e me deu coragem para seguir em frente até a concretização deste sonho.

Agradeço, com todo o meu carinho, aos meus pais. Ao meu pai, por ter sido minha maior inspiração para seguir a Agronomia. Seu exemplo de dedicação, profissionalismo e amor pela profissão despertou em mim o interesse por esta área e foi fundamental para a construção da minha trajetória. À minha mãe, expresso minha mais sincera gratidão por todo o amor, cuidado, incentivo e apoio incondicional. Em todos os momentos, esteve ao meu lado, acreditando no meu potencial e oferecendo a força necessária para que eu nunca desistisse dos meus objetivos. Esta conquista também é fruto de todo o seu esforço, dedicação e confiança em mim.

Agradeço à minha família, que sempre esteve presente, incentivando minhas escolhas e comemorando cada conquista. Aos meus avós, deixo um agradecimento especial pelo carinho, pelas orações, pelos ensinamentos e pelo exemplo de vida que sempre me acompanharam. O apoio e o amor de vocês foram essenciais ao longo desta caminhada.

À minha noiva, agradeço pela companhia, compreensão e incentivo durante esta etapa da minha vida. Obrigado por compartilhar comigo os desafios e as conquistas desta caminhada, sempre oferecendo apoio nos momentos em que mais precisei.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Edson Lazarini e a todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional, compartilhando conhecimentos, experiências e valores que levarei por toda a minha vida.

Por fim, agradeço aos amigos que fiz durante a graduação, em especial à República Cantagalo, deixo minha sincera gratidão pelos momentos vividos, pelas amizades construídas, pelas conversas, pelo companheirismo e pelas inúmeras histórias compartilhadas. A convivência com vocês tornou essa jornada muito mais leve, deixando lembranças que levarei para sempre.

RESUMO

Com a expansão contínua das áreas cultivadas com eucalipto no Brasil, surge a necessidade urgente de gerenciar adequadamente os resíduos agroindustriais para prevenir impactos ambientais. A destinação e utilização adequadas desses resíduos tornam-se essenciais para o reaproveitamento em áreas de produção, pois, a análise química da cinza proveniente da queima da biomassa de eucalipto em caldeiras, revela seu potencial para possível uso agrícola como fonte de nutrientes ou corretivo de acidez do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do residual de doses de cinza de biomassa de eucalipto e doses calcário, na nutrição e parâmetros de produtividade de milho cultivado em período de primavera/verão. Os experimentos foram desenvolvidos na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), pertencente à Faculdade de Engenharia/UNESP – Campus de Ilha Solteira – SP, localizada no Município de Selvíria-MS. Os experimentos foram desenvolvidos no período de primavera/verão das safras 2024/25 e 2025/26. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x4. Os tratamentos utilizados foram 4 doses de calcário (PRNT 82%), sendo ausência da aplicação do corretivo (testemunha) e doses para elevação da saturação por bases para 60, 80 ou 100% (0,84; 2,5 e 4,2 t ha^{-1}, respectivamente). O outro fator foram doses de cinzas da queima de biomassa de eucalipto, ou seja, ausência de aplicação de cinza (testemunha), 10; 20 ou 40 t ha^{-1}. As doses de cinzas e calcário foram aplicados em outubro de 2019 e incorporadas com grade pesada, seguida de grade niveladora. Foram realizados vários cultivos a partir da aplicação dos tratamentos, realizado geralmente dois cultivos por ano agrícola. Os dados apresentados neste trabalho referem-se ao cultivo do milho no período de primavera/verão das safras 2024/25 e 2025/26. Em ambas as safras de milho foi utilizado o híbrido AG 7098TRE, semeado no espaçamento de 0,90 m entrelinhas e com 250 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16 no sulco de semeadura. As semeaduras ocorreram em 17 de dezembro de 2024 e 14 de novembro de 2025. Em cobertura, foi aplicado em ambas as safras, 90 kg ha^{-1} de N, utilizando como fonte a ureia. A área possui irrigação por pivô central e as avaliações realizadas foram: estado nutricional (teores de N, P e S) das plantas, características agronômicas e produtividade de grãos. Através dos resultados obtidos concluiu-se que: as doses de cinzas de biomassa de eucalipto elevaram o teor foliar de P.
Não verificou efeitos negativos do uso de cinzas de biomassa de eucalipto nos teores foliares de N, P e S, características agronômicas e produtividade de grãos do milho e nas condições de ambiente e solo utilizados para a condução do experimento, 6 anos após a aplicação dos tratamentos houve aumento da produtividade grãos acima de 11,0 t ha^{-1}, com a correção do solo para V=80% e aplicação de 40 t ha^{-1} de cinzas de biomassa de eucalipto.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Reaproveitamento de resíduos; corretivo de acidez.

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Análise química do solo, amostrado nas camadas de 0 – 20 e 20 – 40 cm, antes da instalação do experimento. Selvíria – MS, 2019. 19

Tabela 2. Teores foliares de N, P e S na cultura do milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas de biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2025..... 27

Tabela 3. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para o teor foliar de P em milho. Selvíria – MS, 2020.....… 28

Tabela 4. População de plantas e características agronômicas do milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2025.....……. 29

Tabela 5. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para o comprimento de espiga de milho. Selvíria – MS, 2025.....…… 30

Tabela 6. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas de biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2025..... 31

Tabela 7. População de plantas e características agronômicas do milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas de biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2026..... 32

Tabela 8. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para altura de plantas de milho. Selvíria – MS, 2026..... 33

Tabela 9. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para diâmetro da espiga de milho. Selvíria – MS, 2026.....…… 34

Tabela 10. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para número de grãos por fileira na espiga de milho. Selvíria – MS, 2026.....… 34

Tabela 11. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas de biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2026.....…..... 35

Tabela 12. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para massa de 100 grãos de milho. Selvíria – MS, 2026..... 36

Tabela 13. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, 2026..... 37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características físico-química da cinza de biomassa de eucalipto, obtida junto a Empresa Cargill, Unidade de Três Lagoas - MS..... 20
Figura 2. Área experimental após aplicação de calcário por parcela. Selvíria – MS, 2019..... 21
Figura 3. Fotos da aplicação de cinza na área experimental. Selvíria – MS, 2019..... 22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **11**
2 REVISÃO DE LITERATURA **13**
2.1 Eucalipto **13**
2.2 Cinza de biomassa de eucalipto **14**
2.3 Cultura do milho **14**
3 MATERIAL E MÉTODOS **19**
3.1 Delineamento experimental e tratamentos utilizados **20**
3.2 Instalação do experimento **21**
3.3 Avaliações **24**
3.4 Análise estatística **25**
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO **26**
5 CONCLUSÕES **38**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **39**

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro consolidou-se como um dos principais motores da economia global, alcançando marcos históricos como a safra 2022/23, que superou 322,8 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2023). No horizonte de 2024 a 2026, o setor mantém uma trajetória de expansão estratégica, sendo que, ao final de 2024, o agronegócio passou a representar aproximadamente 49% do total das exportações brasileiras (NoviqTech, 2025). Dentro deste cenário, a cultura do milho (*Zea mays* L.) desempenha um papel fundamental, posicionando o país entre os três maiores produtores mundiais (FIESP, 2022). Entretanto, a manutenção dessa produtividade enfrenta desafios crescentes, como a vulnerabilidade a choques climáticos (exemplificados pelas enchentes e secas severas que atingiram 60% do território nacional em 2024) e a dependência de fertilizantes importados, cujos preços apresentam alta volatilidade (NoviqTech, 2025).

Paralelamente, o setor florestal brasileiro apresenta uma das maiores produtividades de eucalipto do mundo, com ciclos de colheita de cerca de sete anos, significativamente superiores aos 15 a 20 anos observados em competidores do hemisfério norte (Veolia, 2015; EPE, 2022). Essa pujança industrial, responsável por 16% do consumo energético industrial final do país, gera volumes massivos de resíduos; estima-se que sejam produzidas aproximadamente 48 toneladas de resíduos sólidos para cada 100 toneladas de celulose fabricada (EPE, 2022). A gestão sustentável desses subprodutos tornou-se uma prioridade máxima com o lançamento da Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC), em meados de 2024, que visa a transição para sistemas regenerativos (NoviqTech, 2025).

No contexto da ENEC, metas ambiciosas buscam a redução de 91,5% do envio de resíduos de celulose para aterros até 2025, promovendo o conceito de "Aterro Zero" (*Zero Landfill*) (VEOLIA, 2015). A cinza de eucalipto pode ser recomendada como fonte complementar de nutrientes, especialmente potássio, cálcio e magnésio. Embora não substitua corretivos tradicionais como o calcário, pode integrar estratégias de manejo sustentável, favorecendo a economia circular e a redução de impactos ambientais (Bono, 2025). O uso desses resíduos em modelos de manufatura integrada, conhecidos como "Ilhas Químicas", funciona como um "buffer econômico", reduzindo custos operacionais e a dependência de insumos externos contra flutuações de mercado (NoviqTech, 2025).

Contudo, para validar a viabilidade técnica desse manejo, é imprescindível avaliar o efeito residual dessas aplicações ao longo do tempo. O milho é uma cultura sensível à acidez residual, e sua produtividade depende da estabilidade química do solo em safras subsequentes à aplicação.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito residual de doses de cinzas de biomassa de eucalipto e calcário, aplicadas em outubro de 2019, sobre o estado nutricional e a produtividade da cultura do milho cultivado no período de primavera/verão, nas safras de 2024/25 e 2025/26.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Eucalipto

Originárias da Oceania, as espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido extensivamente utilizadas em plantios florestais devido à diversidade de usos e aos avanços no aprimoramento do material genético e das técnicas silviculturais. Esses fatores proporcionaram expressivos ganhos de produtividade e competitividade ao setor florestal brasileiro, contribuindo para consolidar o Brasil como uma das principais referências mundiais na produção de madeira proveniente de florestas plantadas (Paiva et al., 2013 apud Nogueira Filho et al., 2017).

No Brasil, a produção comercial de eucalipto teve início em meados do século XX, inicialmente destinada à produção de lenha e dormentes ferroviários, principalmente no estado de São Paulo. Entretanto, foi a partir da década de 1970 que ocorreu uma expressiva expansão da cultura, impulsionada por programas de incentivos fiscais, investimentos públicos e privados em pesquisa, além do desenvolvimento de programas de melhoramento genético e manejo florestal (Mora; Garcia, 2000 apud Nogueira Filho *et al*., 2017).

Segundo o Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), em 2021 o Brasil possuía 9,93 milhões de hectares de florestas plantadas, representando crescimento de 1,9% em relação ao ano anterior. Desse total, aproximadamente 7,53 milhões de hectares correspondiam a plantios de eucalipto, concentrados principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No mesmo período, o setor registrou receita recorde de aproximadamente R$ 244,6 bilhões, evidenciando sua importância econômica para o país (IBÁ, 2022).

Atualmente, o Brasil é reconhecido internacionalmente como uma referência em produtividade florestal, resultado das condições edafoclimáticas favoráveis, dos investimentos contínuos em pesquisa, inovação, melhoramento genético e manejo sustentável das florestas plantadas. De acordo com relatório elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em parceria com a International Energy Agency (IEA) e a IBÁ, os materiais genéticos atualmente utilizados apresentam aproximadamente produtividade 40% superior às primeiras linhagens introduzidas no país. Além disso, a produtividade média dos plantios brasileiros de eucalipto alcança aproximadamente 36,8 $m^3\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, considerada uma das mais elevadas do mundo.

Outro importante diferencial competitivo da silvicultura brasileira está relacionado ao reduzido ciclo de produção das florestas. Enquanto o eucalipto cultivado no Brasil atinge a idade ideal para corte em aproximadamente sete anos, plantios de pinus demandam, em média, entre 15 e 20 anos para atingir a maturidade comercial. Essa característica proporciona

maior eficiência produtiva, reduz custos operacionais e aumenta a competitividade da indústria brasileira de papel e celulose no mercado internacional (EPE; e IEA, 2022).

Como consequência dessa elevada produtividade, o Brasil consolidou-se como o segundo maior produtor mundial de celulose e um dos maiores exportadores globais desse produto, respondendo por mais de 11% da produção mundial. Além da expressiva participação econômica, o setor apresenta papel relevante na geração de energia renovável, sendo responsável por aproximadamente 16% do consumo energético industrial brasileiro, principalmente por meio do aproveitamento energético da biomassa florestal (EPE; e IEA, 2022).

Entretanto, o rápido crescimento do eucalipto também implica elevada demanda por nutrientes. A intensa exportação de biomassa durante a colheita promove significativa remoção de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e outros nutrientes do sistema solo-planta, tornando necessária sua reposição para garantir a sustentabilidade dos ciclos produtivos subsequentes. Essa preocupação torna-se ainda mais relevante em regiões de Cerrado, cujos solos apresentam elevada acidez, baixo teor de matéria orgânica, reduzida fertilidade natural e elevados teores de alumínio trocável (Malavolta, 2000; Sgarbi, 2002). Nessas condições, práticas como a calagem e o reaproveitamento agrícola de resíduos ricos em nutrientes, como a cinza de biomassa de eucalipto, surgem como alternativas importantes para manutenção da fertilidade do solo e da produtividade florestal.

2.2 Cinza de biomassa de eucalipto

Durante o processo de cogeração de energia elétrica e vapor a partir da queima de biomassa florestal, principalmente da madeira de eucalipto, ocorre a geração de uma quantidade significativa de cinzas, consideradas um dos principais resíduos sólidos da indústria de papel e celulose. Em razão do crescimento da atividade florestal brasileira, a produção desse resíduo aumentou consideravelmente nas últimas décadas, tornando necessária a adoção de estratégias ambientalmente adequadas para sua destinação (Voundi Nkana *et al.*, 1998; Maeda *et al.*, 2008).

Tradicionalmente destinadas a aterros industriais, as cinzas de biomassa passaram a receber maior atenção devido ao seu potencial de utilização agrícola. Além de reduzir os custos relacionados ao gerenciamento de resíduos, sua aplicação no solo contribui para a reciclagem de nutrientes, reduzindo a necessidade de extração de matérias-primas minerais e favorecendo práticas de economia circular (Demeyer *et al.*, 2001; Hansted *et al.*, 2023). Nesse contexto, a Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC), instituída pelo Governo

Federal em 2024, incentiva a reinserção de resíduos produtivos nas cadeias industriais, promovendo maior eficiência no uso dos recursos naturais.

O setor brasileiro de papel e celulose tem buscado reduzir progressivamente a disposição de resíduos em aterros por meio da valorização de subprodutos industriais. Empresas do setor adotam programas de Zero Landfill (Aterro Zero), nos quais resíduos como cascas, lodos e cinzas são direcionados para processos de reaproveitamento energético ou agrícola. Segundo a Veolia (2015), algumas plantas industriais já apresentam redução superior a 90% no envio de resíduos para aterros sanitários, demonstrando o potencial da economia circular aplicada à indústria florestal.

A composição química da cinza de biomassa depende da espécie vegetal utilizada, das condições de combustão, da temperatura da caldeira, do tipo de equipamento empregado e da ocorrência ou não de requeima do material (Maeda *et al.*, 2008; Arruda *et al.*, 2016). De modo geral, a fração mineral remanescente é constituída principalmente por óxidos, carbonatos e hidróxidos de cálcio, magnésio e potássio, além de fósforo, enxofre e diversos micronutrientes (Demeyer *et al.*, 2001). Dessa forma, a cinza apresenta características que lhe conferem potencial para atuar simultaneamente como corretivo da acidez do solo e fonte complementar de nutrientes.

Segundo Bellote *et al.* (1998), a cinza proveniente da biomassa florestal apresenta concentrações expressivas de cálcio, magnésio e potássio, elementos intensamente exportados durante a colheita florestal. A devolução desses nutrientes ao solo representa uma importante estratégia para reduzir o empobrecimento químico das áreas cultivadas, especialmente em sistemas intensivos de produção de eucalipto.

Além da reposição nutricional, diversos estudos demonstram que a aplicação de cinza promove aumento do pH, redução da acidez potencial (H+Al), diminuição da saturação por alumínio e incremento da saturação por bases, favorecendo a disponibilidade de nutrientes às plantas (Voundi Nkana *et al.*, 1998; Demeyer *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2009). Em razão da elevada área superficial de suas partículas, a liberação de nutrientes pode ocorrer de maneira mais rápida quando comparada ao calcário agrícola, proporcionando respostas agronômicas em menor intervalo de tempo (Demeyer *et al.*, 2001).

Estudo conduzido por Hansted *et al.* (2023), avaliando a substituição parcial do calcário por cinza de biomassa em plantios de eucalipto no Brasil, verificou aumento dos teores de cálcio e magnésio no solo, melhoria dos atributos químicos e ausência de concentrações de metais pesados acima dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, demonstrando a viabilidade agronômica e ambiental desse resíduo como corretivo da acidez.

Entretanto, a utilização agrícola da cinza deve ser precedida de análises químicas tanto do resíduo quanto do solo, uma vez que sua composição varia conforme a biomassa utilizada e o processo industrial. Embora normalmente apresente baixas concentrações de elementos potencialmente tóxicos, como cádmio e zinco, aplicações excessivas podem provocar desequilíbrios nutricionais, elevação excessiva do pH e alterações na dinâmica dos nutrientes do solo (Osteras *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2009). Dessa forma, recomenda-se que as doses aplicadas sejam definidas com base em critérios agronômicos e ambientais, garantindo segurança e eficiência do manejo.

Sob a perspectiva da sustentabilidade, o aproveitamento agrícola da cinza de biomassa representa uma alternativa capaz de integrar os setores florestal e agrícola, transformando um resíduo industrial em insumo para produção vegetal. Essa prática reduz custos de disposição final, promove a reciclagem de nutrientes, diminui a dependência de corretivos minerais e contribui para sistemas produtivos mais eficientes e ambientalmente sustentáveis (Prado *et al.*, 2002; Hansted *et al.*, 2023).

2.3 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae, originária do continente americano, cuja domesticação ocorreu há aproximadamente 9.000 a 10.000 anos, sendo considerado um dos primeiros cereais cultivados pelo homem. Ao longo da história, desempenhou papel fundamental na alimentação de civilizações como maias, astecas e incas, tornando-se posteriormente uma das principais culturas agrícolas do mundo (Galvão *et al.*, 2015 apud Pereira *et al.*, 2023). No Brasil, o milho já era cultivado pelas populações indígenas antes da chegada dos portugueses, sendo posteriormente incorporado aos sistemas agrícolas nacionais e tornando-se um dos principais produtos do agronegócio brasileiro (APROSOJA, 2021 apud Pereira *et al.*, 2023).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023), a produção brasileira de milho na safra 2022/23 atingiu aproximadamente 131,9 milhões de toneladas, estabelecendo um novo recorde nacional e consolidando o Brasil como o terceiro maior produtor mundial, atrás apenas dos Estados Unidos e da China (FIESP, 2022). A produção concentra-se principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, onde predominam sistemas altamente tecnificados e elevados índices de produtividade (Eicholz et al., 2020; Silva *et al.*, 2023).

Além da expressiva produção agrícola, o milho apresenta elevada importância econômica devido à sua ampla utilização na alimentação humana, na produção de rações para aves, suínos e bovinos, na fabricação de etanol, amidos, óleos, bebidas, produtos farmacêuticos e inúmeros insumos industriais. Sua composição nutricional é caracterizada por elevados teores de carboidratos, proteínas, fibras, vitaminas e minerais, tornando-o uma das principais commodities agrícolas produzidas mundialmente (Pavani *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023).

Apesar dos elevados índices produtivos alcançados nas últimas décadas, a produtividade média brasileira ainda apresenta limitações quando comparada às regiões produtoras dos Estados Unidos e da Europa. Entre os principais fatores responsáveis por essa diferença destacam-se a baixa fertilidade natural dos solos tropicais, a elevada acidez, a presença de alumínio tóxico e a reduzida disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas (Galindo *et al.*, 2020). Essas características tornam indispensável a adoção de práticas de correção da acidez do solo e de manejo adequado da fertilidade para a obtenção de elevadas produtividades.

Os solos do Cerrado brasileiro, onde grande parte da produção nacional está inserida, apresentam elevado grau de intemperismo, baixos teores de matéria orgânica, reduzida capacidade de retenção de nutrientes e predominância de cargas variáveis. Além disso, normalmente apresentam baixos teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio, associados à elevada saturação por alumínio, fatores que limitam o crescimento radicular e reduzem a eficiência da absorção de água e nutrientes pelas plantas (Malavolta, 2006; Sousa; Lobato, 2004).

Nesse contexto, a calagem constitui uma das práticas de manejo mais importantes para a cultura do milho, promovendo a elevação do pH do solo, a neutralização do alumínio tóxico, o aumento da saturação por bases e maior disponibilidade de nutrientes às plantas. Além disso, o fornecimento de cálcio e magnésio favorece o crescimento do sistema radicular, permitindo maior exploração do perfil do solo e maior eficiência na absorção de água, especialmente durante períodos de déficit hídrico (Raij, 2011; Sousa; Lobato, 2004).

Entretanto, o aumento do custo dos fertilizantes e corretivos agrícolas, aliado à elevada dependência brasileira de fertilizantes importados, estimada em aproximadamente 85% do consumo nacional, tem impulsionado a busca por fontes alternativas capazes de complementar o manejo da fertilidade do solo (ANDA, 2023). Nesse cenário, o aproveitamento agrícola de resíduos industriais, como a cinza proveniente da biomassa de eucalipto, apresenta elevado potencial para fornecer nutrientes e contribuir para a correção da

acidez do solo, reduzindo custos de produção e promovendo maior sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Hansted *et al.*, 2023).

Além do fornecimento de nutrientes, outro aspecto relevante refere-se ao efeito residual promovido por corretivos e condicionadores do solo. A permanência desses materiais no perfil do solo permite que seus benefícios sejam mantidos durante sucessivos cultivos, favorecendo o desenvolvimento radicular, aumentando a eficiência da absorção de água e nutrientes e proporcionando maior estabilidade produtiva. Essa característica assume importância ainda maior diante da crescente ocorrência de eventos climáticos extremos, como períodos prolongados de seca e precipitações intensas, que podem comprometer significativamente a produtividade da cultura (EMBRAPA, 2004; Sousa; Lobato, 2004).

Diversos trabalhos demonstram que a utilização de cinzas de biomassa promove melhorias nos atributos químicos do solo, refletindo positivamente sobre o desenvolvimento das plantas e seus componentes de produção. Em estudos conduzidos com diferentes culturas, observaram-se incrementos nos teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio disponíveis no solo, além da elevação da saturação por bases e redução da acidez, fatores diretamente relacionados ao aumento da produtividade agrícola (Demeyer *et al.*, 2001; Hansted *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2009). Dessa forma, o aproveitamento agrícola da cinza de biomassa de eucalipto apresenta elevado potencial para complementar os programas de correção da fertilidade dos solos tropicais, especialmente em sistemas intensivos de produção de milho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em duas safras, na área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE/UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, localizada na cidade de Selvíria – MS. A área se localiza em 20º20'53" de latitude ao sul e 51º24'02" de longitude ao oeste, contando com aproximadamente 335m de altitude, inserida em região de Cerrado. Trata-se de um experimento iniciado em outubro/2019 e os resultados que serão apresentados, referem-se as safras de milho 2024/25 e 2025/26.

. O clima da região é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura e precipitação média anual de 25 °C e 1313 mm, respectivamente (Portugal *et al*., 2015).

Segundo Santos *et al.* (2018), os solos da região são classificados como Latossolo Vermelho Distrófico típico, de textura argilosa. A área experimental possui sistema de irrigação via pivô central, para suprir a demanda de água pela cultura em períodos de estiagem prolongada.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise química do solo da área experimental, amostrado nas camadas de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm de profundidade, em agosto de 2019, seguindo a metodologia de Raij *et al.* (2001). Já na Figuras 1, encontram-se as características físico-químicas da cinza de biomassa de eucalipto, material este obtido junto a Empresa Cargill, Unidade de Três Lagoas – MS.

Tabela 1. Análise química do solo, amostrado nas camadas de 0 – 20 e 20 – 40 cm, antes da instalação do experimento. Selvíria – MS, 2019.

Profundidade	P resina	pH	M.O.	K	Ca	Mg	H + Al	Al
	mg dm^{-3}	$CaCl_2$	g dm^{-3}	$mmol_c$ dm^{-3}				
0–20 cm	17	5,1	26	4,6	16	14	34	1
20–40 cm	7	5,4	20	1,6	16	12	31	0
	$S\text{-}SO_4$	V	M	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm^{-3}	%	%	mg dm^{-3}				
0 –20 cm	7	50	3	0,14	5,0	26	51,1	1,0
20–40 cm	27	49	0	0,11	3,5	21	30,0	0,4

Fonte**:** próprio autor

Figura 1. Características físico-química da cinza de biomassa de eucalipto, obtida junto a Empresa Cargill, Unidade de Três Lagoas - MS.

As características físico-químicas da cinza de biomassa de eucalipto obtida junto à Cargill de Três de Lagoas – MS, conforme análise na ESALq, UNESP – Campus de Ilha Solteira e o laboratório HIDROLABOR constam abaixo:

pH (em $CaCl_2$) = 8,6
Densidade (g/cm^3) = 0,58
Relação C/N = 62,1
Matéria orgânica total (combustão) (%) = 12,31
Matéria orgânica total (compostável) (%) = 8,90
Matéria orgânica resistente a compostagem (%) = 3,41
Carbono total (orgânico e mineral) (%) = 6,84
Carbono orgânico (%) = 4,95
Resíduo mineral total (%) = 12,92
Resíduo mineral insolúvel (%) = 10,16
Resíduo mineral solúvel (%) = 2,76
Nitrogênio total (%) = 0,11
Alumínio (mg/kg) = 2.141
Arsênio (mg/kg) = 0,99
Bário (mg/kg) = 79,0
Boro (mg/kg) = 14.640
Cádmio (mg/kg) < 2,5
Cálcio (mg/kg) = 2.972
Chumbo (mg/kg) < 25
Cobalto (mg/kg) = 2,85
Cobre (mg/kg) = 13,05
Cromo (mg/kg) = 2,55
Ferro (mg/kg) = 1.968
Fósforo (mg/kg) = 4.325
Magnésio (mg/kg) = 3.037
Manganês (mg/kg) = 1.310

Mercúrio (mg/kg) = 0,06
Molibdênio (mg/kg) < 1,25
Níquel (mg/kg) = 5,72
Potássio (mg/kg) = 2.421
Selênio (mg/kg) = 0,23
Sódio (mg/kg) < 25
Zinco (mg/kg) = 22,45

Fonte**:** Teixeira Filho, M.C.M. Dados não publicados

3.1 Delineamento experimental e tratamentos utilizados

O delineamento experimental utilizado na instalação do experimento foi o em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x4 com 4 repetições por tratamento. Os tratamentos utilizados foram 4 doses de calcário, ou seja, ausência da aplicação do corretivo e doses para elevação da saturação por bases para 60, 80 ou 100%, utilizando um calcário com PRNT de 82%. Assim, em função dos resultados da análise de solo (Tabela 1) para a camada de 0 a 20 cm e do tipo de calcário, as doses utilizadas foram

0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}. O outro fator foram as doses de cinza obtida junto a Empresa da Cargill – Unidade de Três Lagoas - MS, em função da queima de biomassa de eucalipto. As doses utilizadas foram: ausência da aplicação da cinza, 10, 20 ou 40 t ha^{-1}. Para o cálculo da quantidade a ser aplicada por parcela (base seca), foi determinada a umidade do material para correção do valor a ser utilizado em cada tratamento.

Assim, o experimento constou com 16 tratamentos (4 x 4), com 4 repetições cada, totalizando 64 parcelas. As parcelas possuíam 3,5 m de largura por 10,0 m de comprimento, sendo avaliados anualmente com as diferentes culturas.

3.2 Instalação do experimento

O preparo do solo da área experimental (Figura 2) foi realizado de forma convencional, com grade semipesada e niveladora. Após estaqueamento da área experimental, foi realizada a aplicação das doses de calcário, no dia 04/10/2019. Após a aplicação, realizou-se a incorporação com grade pesada, com uma gradagem de nivelamento em sucessão.

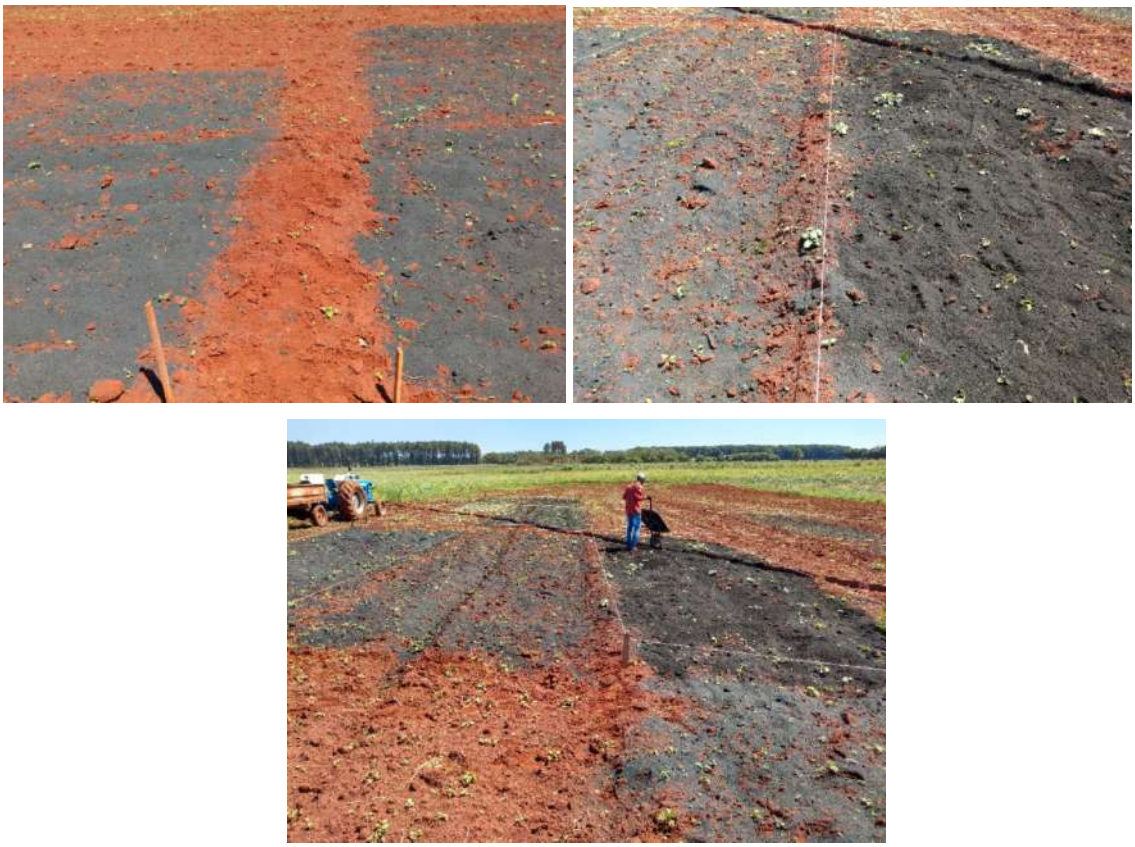
No dia 24/10/2019, após novo estaqueamento da área experimental, a doses de cinza foram aplicadas em superfície (Figura 3), seguida de incorporação com grade pesada e uma operação de grade niveladora.

Figura 2. Área experimental após aplicação de calcário por parcela. Selvíria – MS, 2019.



Fonte**:** Próprio autor

Figura 3. Fotos da aplicação de cinza na área experimental. Selvíria – MS, 2019.



Fonte: Próprio autor

A sequência de cultivos com culturas produtoras de grãos ou apenas para cobertura do solo, desde o início da instalação do experimento foram:

Primavera/verão 2019/20	Soja
Outono/inverno 2020	Milho
Primavera/verão 2020/21	Milho
Outono/inverno 2021	Aveia
Primavera/verão 2021/22	Milho
Outono/inverno 2022	Pousio
Primavera/verão 2022/23	Soja
Outono/inverno 2023	Braquiária
Primavera/verão 2023/24	Soja
Outono/inverno 2024	Braquiária
Primavera/verão 2024/25	Milho
Outono/inverno 2025	Braquiária
Primavera/verão 2025/26	Milho

As informações e os resultados que serão apresentados, referem-se as safras de milho dos anos 2024/25 e 2025/26.

Com relação ao ano agrícola 2024/25, as atividades realizadas foram:

- Dessecação das plantas daninhas e da braquiária existentes na área experimental: 14/11/2024
- Semeadura do milho: 17/12/2024 – (híbrido AG 7098 TER), com o espaçamento entrelinhas de 0,90 m e densidade definida de 5,4 sementes m^{-1}, aproximadamente. Como adubação de base, utilizou-se 250 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16.

No dia 08/01/2025, foi realizado a aplicação dos herbicidas glifosato + atrazina, adiconando na calda de pulverização o óleo mineral. A adubação em cobertura foi realizada no dia 09/01/2025, utilizando a ureia como fonte de N e aplicando 90 kg ha^{-1} de N. A coleta de folhas para avaliação do estado nutricional das plantas ocorreu em 24/02/2025 e a colheita para avaliação da produtividade de grãos foi realizada em 07/05/2025.

Para o ano agrícola 2025/26, as atividades realizadas foram:

- Dessecação das plantas daninhas na área experimental: 13/10/2025
- Semeadura do milho: 14/11/2025 - híbrido AG 7098 TRE, com o espaçamento entrelinhas de 0,90 m e densidade definida de 5,4 sementes m^{-1}, aproximadamente. Como adubação de base, utilizou 250 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16.

No dia 12/12/2025, foi realizado a aplicação dos herbicidas glifosato + atrazina, adiconando na calda de pulverização o óleo mineral. A adubação em cobertura foi realizada no dia 15/12/2025, utilizando a ureia como fonte de N e aplicando 90 kg ha^{-1} de N. A coleta de folhas para avaliação do estado nutricional das plantas ocorreu em 15/01/2026 e a colheita para avaliação da produtividade de grãos foi realizada em 24/04/2026.

Por possuir irrigação por pivô central, quando houve períodos de mais de 5 dias sem chuva, realizou em ambos os anos, irrigação com lâmina aproximada de 13 mm.

3.3 Avaliações

a) **Estado nutricional das plantas:** mediante a amostragem foliar quando as plantas emitiram a espiga (início do florescimento feminino). Aproximadamente no terço médio, foi coletada 15 folhas da base da espiga, na área útil da parcela (as duas linhas centrais, desprezando-se 1,0 m em cada extremidade). A metodologia utilizada para a determinação dos teores de N, P e S, foi de acordo com Malavolta *et al.*, (1997).

b) **População de plantas por hectare:** no momento da colheita das espigas para avaliação da produtividade de grãos, realizou-se a contagem das plantas existentes em 3,0 m em uma das linhas da área útil da parcela. Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo da população de plantas ha^{-1}.

c) **Altura de planta e da espiga**: simultaneamente a colheita das espigas para avaliação da produtividade de grãos, com o uso de uma régua apropriada, mensurou a distância entre a base da planta e a inserção da espiga (altura da espiga) e da base da planta a inserção da folha bandeira (altura da planta), em 5 plantas seguidas em uma das linhas da área útil da parcela.

d) **Número de fileiras por espiga e grãos por fileira, comprimento e diâmetro da espiga**: foram obtidos a partir da coleta aleatória de 5 espigas na área útil de cada parcela e em laboratório, com o auxílio de régua e paquímetro, foram realizadas as medições nas espigas e posteriormente realizadas as contagens de número de fileiras por espiga e grãos por fileira (foram avaliadas duas fileiras por espigas sendo estas em posição diferentes na espiga).

e) **Produtividade de grãos**: foi realizada a partir da coleta das espigas em 2 linhas com 3,0 m de comprimento na área útil de cada parcela. As espigas foram colocadas em sacos e devidamente identificados, após foram levados ao barracão e trilhadas. Os grãos obtidos, foram pesados e realizou-se com o auxílio de um aparelho digital, a

determinação da umidade dos grãos. Os pesos foram corrigidos para umidade de 13% base úmida e foi realizado o cálculo da produtividade de grãos por hectare.

f) **Massa de 100 grãos**: foi obtida a partir da produção de grãos em cada parcela, na qual foi retirada uma amostra e levada para o laboratório. Nessa amostra, contou-se 100 grãos, que foram pesados em balança de precisão e colocados em estufa para determinação da umidade para correção da pesagem dos 100 grãos a 13% (base úmida).

3.4 Análise estatística

O programa SISVAR (FERREIRA, 2014) foi utilizado para a análise estatística dos dados obtidos, onde foi aplicada análise de variância pelo Teste F e comparação de médias através do Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, tanto para as doses de calcário como as doses de cinza utilizadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da análise estatística para os teores médios de N, P e S, em folhas de milho, safra 2024/25, em função dos tratamentos. Verificou que os teores de N e S não variam em função dos tratamentos, no entanto, para os teores de P, verifica-se efeito do residual das doses de cinzas e interação entre o residual das doses de calcário e cinzas. Segundo Gott (2014), os níveis críticos para os teores de N e S em folhas de milho são 35,7 e 2,5 g kg^{-1}, respectivamente. Desta forma, verifica-se que os teores de N, em média, estão abaixos do valor do nível crítico, no entanto, os teores de S estão acima do nível crítico, independente do tratamento.

Quanto aos teores de P, verifica-se na Tabela 3 que, em relação ao residual das doses de calcário houve diferença entre os tratamentos dentro das doses CZ 0 e CZ 3 de cinzas. No residual da dose CZ 0 de cinzas, verifica-se que a dose C2 de calcário foi a que proporcionou o menor teor foliar de P. Dentro do residual da maior dose de cinzas (CZ 3), o menor teor foliar de P foi obtido no tratamento C3 de calcário, ou seja, quando se aplicou a maior dose do corretivo. Também verifica-se que, dentro da dose C2 de calcário, o uso de cinzas, independente da dose, aumentou o teor foliar de P. Esse comportamento também foi observado na comparação entre doses de cinzas, dentro da dose C3 de calcário. Independente das doses de calcário ou cinzas aplicadas na área experimental, os teores foliares de P estão abaixo do nível crítico proposto por Gott (2014) de (3,6 g kg^{-1}).

Bonfim - Silva et al. (2014) verificaram um aumento significativo nas concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea das gramíneas Xaraés e Marandu (*Urochloa brizantha*) à medida que a aplicação de cinzas de biomassa foi incrementada, contrariando os resultados obtidos no presente experimento em termos do nutriente N, no entanto, para os teores foliares de fósforo, de forma geral, também observou-se um aumento do teor foliar de P, a medida que aumentou-se a dose de cinzas.

De acordo com trabalho realizado por Prado et al. (2002), a aplicação de cinza possibilitou aumento de teores de P no solo. A partir de outra pesquisa, realizada por Andrade et al. (2021), os níveis de fósforo P apresentaram um aumento linear em resposta à aplicação das doses de cinzas de biomassa florestal no solo.

Tabela 2. Teores foliares de N, P e S na cultura do milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas de biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2025.

Tratamentos	Nitrogênio	Fósforo	Enxofre
		g kg^{-1}	
Calcário			
C 0	25,5	2,2	3,2
C 1	25,8	2,3	3,9
C 2	25,6	2,1	3,8
C 3	25,2	2,2	3,7
DMS	--	--	--
Cinzas			
CZ 0	25,8	1,9	3,5
CZ 1	25,2	2,1	3,5
CZ 2	26,1	2,5	3,7
CZ 3	24,8	2,3	4,0
DMS	--	--	--
Teste F			
Calcário (C)	0,29ns	1,45ns	2,52ns
Cinzas (CZ)	2,26ns	18,00**	1,20ns
C * CZ	0,79ns	3,41**	1,90ns
CV%	5,96	11,37	21,88

C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100%, (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}) respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte**:** dados da pesquisa

Tabela 3. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para o teor foliar de P em milho. Selvíria – MS, 2025.

Tratamentos	CZ 0	CZ 1	CZ 2	CZ 3	DMS
			g kg^{-1}		
C 0	2,2 a	2,0	2,4	2,2 ab	0,5
C 1	2,1 a	2,1	2,5	2,6 a	
C 2	1,3 bB	2,2 A	2,6 A	2,4 abA	
C 3	1,9 aB	2,2 AB	2,6 A	2,0 bB	
DMS	0,5				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte**:** dados da pesquisa

Também deve-se destacar, conforme apresentado na Figura 1, referente aos resultados da avaliação das características físico – químicas da cinza de biomassa de eucalipto, tem-se para o P, um dos maiores teores comparados aos demais elementos avaliados, portanto, em função do tempo entre a aplicação e a amostragem foliar realizada (mais de 5 anos), parte deste fósforo presente na cinza pode ter sido liberado e isto proporcionado um maior teor foliar em relação a este nutriente.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios para as características agronômicas do milho, safra 2024/25. Verifica-se que os tratamentos não influenciaram a população de plantas, diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira. A altura da espiga e de plantas foram influenciadas pelas doses de calcário e o comprimento da espiga foi influenciado pela interação entre doses de calcário e doses de cinza.

Tabela 4. População de plantas e características agronômicas do milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2025.

Tratam.	População plantas Plantas ha^{-1}	Altura espiga cm	Altura planta cm	Compri-mento espiga cm	Diâme-tro da espiga cm	Número fileiras/ espiga	Número grãos/ espiga
Calcário							
C 0	60.069	156,8 b	259,8 b	15,8	4,2	16,0	36,0
C 1	56.944	156,2 b	260,0 b	15,8	4,2	15,9	35,4
C 2	60.416	162,7 a	267,1 a	15,2	4,1	15,7	34,4
C 3	57.638	163,4 a	265,9 a	15,5	4,1	16,3	35,2
DMS	--	5,7	6,4	--	--	--	--
Cinzas							
CZ 0	58.680	160,2	260,3	15,6	4,2	16,0	35,1
CZ 1	59.375	159,7	262,9	15,6	4,2	15,7	35,3
CZ 2	57.638	158,8	263,9	15,7	4,1	16,2	35,3
CZ 3	59.375	160,5	265,7	15,4	4,2	16,1	35,2
DMS	--	--	--	--	--	--	--
Teste F							
Calcário (C)	2,04 ns	6,34**	5,05**	3,67*	0,59ns	1,24ns	1,37ns
Cinzas (CZ)	0,45 ns	0,25 ns	1,73ns	0,70ns	0,11ns	1,24ns	0,04ns
C*CZ	0,45 ns	1,10 ns	0,79ns	2,29*	0,70ns	0,97ns	1,53ns
CV%	8,26	3,80	2,60	3,97	4,29	5,12	6,34

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

A população de plantas (Tabela 4) esteve próxima a 60.000 plantas ha^{-1}, valores estes geralmente indicados para a cultura do milho e compatíveis com a regulagem da semeadora antes da semeadura do experimento. A ausência significativa entre os tratamentos é um resultado importante, caracterizando uma área homogênea quanto a quanto o número de plantas e distribuição destas na área experimental.

Os valores observados para diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira, foram semelhantes, inferiores e superiores, respectivamente, aos

valores observados por Arruda (2024), em trabalho realizado na mesma área experimental, com semeadura do milho em 2ª safra, no ano de 2020. Essas diferenças de comportamento entre as características agronômicas citadas, pode ser função dos diferentes híbridos utilizados nas duas safras em destaque.

Quanto a altura de espiga e de plantas, houve uma resposta positiva em relação ao residual das doses de calcário, ou seja, os maiores valores foram obtidos com o residual das doses C2 e C3 de calcário. Portanto, o residual das doses aplicadas em 2019 para a elevação da saturação por bases a 80 ou 100%, proporcionaram plantas com maior altura de espiga e altura total, ou seja, plantas com maior desenvolvimento.

Já para o comprimento da espiga, observa-se na Tabela 5 o desdobramento da interação significativa que, entre as doses de calcário, houve apenas diferença entre os tratamentos dentro da dose de cinza CZ 1, sendo o menor valor obtido com a dose C2 de calcário. Para as doses de cinzas, observa-se a diferença entre tratamentos apenas dentro da dose C 2 de calcário, onde o menor valor foi obtido com a dose CZ 1 de cinzas (10 t ha^{-1}).

Tabela 5. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para o comprimento de espiga de milho. Selvíria – MS, 2025.

Tratamentos	CZ 0	CZ 1	CZ 2	CZ 3	DMS
			cm		
C 0	16,0	16,2 a	15,6	15,6	1,2
C 1	15,6	15,8 a	15,8	16,0	
C 2	15,2 AB	14,4 b B	15,9 A	15,3 AB	
C 3	15,8	15,8 a	15,7	14,8	
DMS	1,2				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

Para a safra 2024/25, os valores de massa de 100 grãos e produtividade de grãos, em função dos tratamentos, estão apresentados na Tabela 6. Verifica-se que não houve efeito dos tratamentos em ambas as avaliações. Segundo CONAB (2026), a produtividade média de grãos de milho – 1ª safra, ano agrícola 2024/25, foi de 6.610 kg ha^{-1}. Considerando somente a região centro – sul, a produtividade média foi de 8.016 kg ha^{-1}, segundo a mesma fonte. Desta forma, verifica-se que os valores obtidos neste experimento, estão acima da média nacional e abaixo da média de produtividade para lavouras localizadas na região centro – sul.

Apesar de a área experimental estar localizada em região de cerrado, com características de baixa altitude, temperaturas elevadas e frequência de veranicos, verifica-se que o solo da área experimental, mediante os resultados da análise apresentados na Tabela 1 e a possibilidade de irrigação quando na presença de pequenos períodos de baixa precipitação, podem justificar as boas produtividades de grãos obtidas, independente dos tratamentos.

Tabela 6: Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas de biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2025

Tratamentos	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos
	g	kg ha^{-1}
Calcário		
C 0	24,6	7.398
C 1	25,3	7.289
C 2	24,4	6.839
C 3	24,4	7.006
DMS	--	--
Cinzas		
CZ 0	25,1	7.228
CZ 1	24,0	6.896
CZ 2	24,6	7.084
CZ 3	25,1	7.324
DMS	--	--
Teste F		
Calcário (C)	1,26ns	1,66ns
Cinzas (CZ)	1,82ns	0,88ns
C * CZ	0,90ns	0,83ns
CV%	6,34	11,12

C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

Na Tabela 7, são apresentados os valores de população de plantas, altura de espiga e de plantas, comprimento e diâmetro da espiga, número de fileiras por espiga e grãos por fileira, valores estes obtidos de 2ª safra, ano agrícola 2025/26.

Tabela 7. População de plantas e características agronômicas do milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas de biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2026.

Tratam.	População plantas Plantas ha^{-1}	Altura espiga cm	Altura planta cm	Comprimento espiga cm	Diâmetro da espiga cm	Número fileiras/ espiga	Número grãos/ espiga
Calcário							
C 0	58.681	136,1	238,1	16,3	4,5	16,0	36,8
C 1	56.250	136,4	232,8	16,4	4,6	16,5	38,2
C 2	56.944	138,5	238,1	16,4	4,8	16,3	37,7
C 3	58.333	138,7	238,8	16,3	4,6	16,2	37,5
DMS	--	--	--	--	--	--	--
Cinzas							
CZ 0	56.250 b	136,6	235,0	16,3 ab	4,7	16,2	37,2
CZ 1	56.944 b	135,3	235,7	16,4 ab	4,6	16,1	37,6
CZ 2	61.458 a	139,2	241,5	16,0 b	4,6	16,4	37,0
CZ 3	55.556 b	138,6	235,6	16,6 a	4,7	16,2	38,5
DMS	1.170	--	--	0,5	--	--	--
Teste F							
Calcário (C)	0,96	1,29	3,73*	0,35	3,04*	1,07	3,49*
Cinzas (CZ)	5,18**	2,31	4,41**	3,44*	1,83	0,53	4,18*
C*CZ	0,21	1,73	23,25*	1,83	2,36*	0,44	2,60*
CV%	8,13	3,42	2,43	3,38	4,31	4,94	3,40

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 toneladas ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

Observa-se que os parâmetros altura de espiga e número de fileiras por espiga, não foram influenciados pelos tratamentos. Quanto a população de plantas, houve efeito do residual das doses de cinzas, destacando-se o valor obtido com a dose CZ 2 com sendo o de maior população. Nos parâmetros altura de plantas, diâmetro da espiga e número de grãos por fileira, verificou-se interação entre residual de doses de calcário x doses de cinzas. Para o comprimento de espiga, observou-se o efeito do residual das doses de cinzas.

Na Tabela 8, referente ao desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas para a altura de plantas, verifica-se para o residual de doses de calcário, diferença entre tratamentos, apenas dentro das doses CZ 2 e CZ 3 de cinzas, destacando-se a dose C 1 de calcário, com os menores valores. Destaca-se que, independente das doses de cinzas utilizadas, na dose C 1 de calcário também foi onde se obteve menores valores de altura de plantas, no ano agrícola 2024/25 (Tabela 4). Ainda em relação a altura de plantas, na comparação entre os residuais das doses de cinzas, observa-se diferença entre os tratamentos apenas dentro da dose C 0 de calcário, onde o residual da dose CZ 2 de cinzas, proporcionou o maior valor.

Tabela 8. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para altura de plantas de milho. Selvíria – MS, 2026

Tratamentos	CZ 0	CZ 1	CZ 2	CZ 3	DMS
			cm		
C 0	235,0 B	234,6 B	247,6 aA	235,4 ab	10,8
C 1	235,4	235,8	234,4 b	225,6 b	
C 2	235,7	236,5	239,1 ab	241,1 a	
C 3	234,1	235,9	244,8 ab	240,4 a	
DMS	10,8				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

Para os resultados apresentados na Tabela 9, referentes ao desdobramento da interação residual de doses de calcário x residual de doses de cinzas, verifica-se entre as doses de calcário, efeito apenas dentro da dose CZ 1 de cinzas, obtendo-se o menor valor na doce C 0 de calcário. Para o residual das doses de cinzas, observou-se apenas diferença entre os tratamentos dentro da dose C 0 de calcário e neste caso, o menor valor foi obtido na dose CZ 1 de cinzas.

Tabela 9. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para diâmetro da espiga de milho. Selvíria – MS, 2026.

Tratamentos	CZ 0	CZ 1	CZ 2	CZ 3	DMS
			cm		
C 0	4,6 AB	4,3 bB	4,5 AB	4,9 A	0,4
C 1	4,7	4,5 ab	4,5	4,7	
C 2	4,7	4,9 a	4,7	4,9	
C 3	4,7	4,7 ab	4,7	4,5	
DMS	0,4				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

Quanto ao número de grãos por fileira, observa-se na Tabela 10 que, dentro da dose CZ 0 de cinzas, os maiores valores foram obtidos com as doses C 0 e C 1 de calcário. Dentro da dose CZ 2 de cinzas, os maiores valores foram obtidos com as doses C 1, C 2 e C 3 de calcário. Em relação a comparação dos valores obtidos para as doses de cinzas, observa-se dentro da dose C 0 de calcário, o maior número de grãos por fileira, foi obtido na dose CZ 3 de cinzas e, na dose C 3 de calcário, novamente a dose CZ 3 de cinzas, proporcionou o maior valor.

Tabela 10. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para número de grãos por fileira na espiga de milho. Selvíria – MS, 2026.

Tratamentos	CZ 0	CZ 1	CZ 2	CZ 3	DMS
			Cm		
C 0	36,8 abAB	37,1 AB	34,8 bB	38,5 A	2,4
C 1	39,1 a	38,1	37,9 a	37,8	
C 2	36,3 b	37,7	39,3 a	38,5	
C 3	36, bB	37,5 AB	36,8 abAB	39,0 A	
DMS	2,4				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

Na Tabela 11, são apresentados os valores médios da massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho, em função dos tratamentos, avaliados na safra 2025/26. Verifica-se que através da análise estatística que, para ambas as avaliações, houve interação significativa entre residual de doses de calcário e residual de doses de cinzas.

Tabela 11 -. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho em função do residual de doses de calcário e doses de cinzas de biomassa de eucalipto. Selvíria – MS, 2026.

Tratamentos	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos
	g	kg ha^{-1}
Calcário		
C 0	30,3	10.164
C 1	30,6	10.343
C 2	30,2	10.503
C 3	30,4	10.358
DMS	--	--
Cinzas		
CZ 0	30,2	10.317
CZ 1	30,0	10.346
CZ 2	30,5	10.396
CZ 3	30,9	10.309
DMS	--	--
Teste F		
Calcário (C)	0,17	0,56
Cinzas (CZ)	1,51	0,04
C * CZ	2,96*	2,30*
CV%	4,30	7,15

C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 toneladas ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

Em relação a massa de 100 grãos, verifica-se na Tabela 12 que, somente houve diferença entre os tratamentos residual doses de calcário, dentro da dose CZ 2 de cinzas, destacando-se a dose C 2 de calcário, com o menor valor. Quanto ao comportamento do residual de doses de cinzas, apenas verifica-se diferença entre tratamentos dentro da dose C 2 de calcário, destacando o menor valor obtido com a dose CZ 2 de cinzas.

Tabela 12. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para massa de 100 grãos de milho. Selvíria – MS, 2026

Tratamentos	CZ 0	CZ 1	CZ 2	CZ 3	DMS
			G		
C 0	30,7	29,4	30,7 ab	30,6	2,5
C 1	30,7	29,3	31,8 a	30,4	
C 2	30,1 Ab	30,5 AB	28,3 bB	32,0 A	
C 3	29,2	30,7	31,1 a	30,5	
DMS	2,5				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

Na Tabela 13, verifica-se que a produtividade de grãos de milho foi influenciada pelas doses de calcário apenas dentro da dose CZ 3 de cinzas, destacando-se o residual da dose C 2 de calcário com o maior valor e o menor valor foi obtido com o residual da dose C 1 de calcário. Quando da comparação entre as doses de cinzas, somente dentro do residual da dose C 2 de calcário, obteve-se diferença entre tratamentos, destacando-se o residual da dose CZ 3 de cinzas, com o maior valor e o residual da dose CZ 2, com o menor valor.

Em estudo conduzido por Andrade *et al.* (2021), foi observado que a influência das doses de cinza de biomassa resultou em dados significativos na produção de grãos de soja. Da mesma forma, Piva *et al*. (2014) também constataram um aumento significativo na produção de cachos de uva bordô, evidenciando um efeito linear para as doses de cinzas aplicadas.

De forma geral, verifica-se que o tratamento residual da dose C 2 de calcário, na presença do residual da dose CZ 3 de cinzas, obteve-de plantas com maior altura, um dos maiores valores de número de fileiras de grãos por espiga e grãos por fileira e também proporcionou um dos maiores valores de massa de 100 grãos, justificando-se desta forma, a maior produtividade obtida.

Quanto aos valores de produtividade de grãos obtidos, verifica-se que foram expressivamente maiores que os valores obtidos na safra 2024/25 na mesma área experimental e acima do valor da média nacional (7.110 kg ha^{-1}) e da média para a região centro sul (8.270 kg ha^{-1}), apresentados pela CONAB (2026), com referência a milho primeira safra, ano agrícola 2025/26. Provavelmente às condições climáticas adequadas presentes na

safra 2025/26 durante o desenvolvimento do experimento, proporcionaram maiores produtividades de grãos em todos os tratamentos, em comparação a safra 2024/25.

Tabela 13. Desdobramento da interação residual de doses de calcário x doses de cinzas, significativa para produtividade de grãos de milho. Selvíria – MS, 2026

Tratamentos	CZ 0	CZ 1	CZ 2	CZ 3	DMS
			kg ha^{-1}		
C 0	10.302	9.648	10.548	10.158 ab	1.394
C 1	10.369	10.241	11.025	9.738 b	
C 2	10.190 AB	11.034 AB	9.642 B	11.145 aA	
C 3	10.409	10.460	10.369	10.195 ab	
DMS	1.394				

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. C0, C1, C2 e C3 – sem aplicação de calcário, dose para correção do valor de V% para 60, 80 e 100% (0, 0,84, 2,5 e 4,2 t ha^{-1}), respectivamente. CZ 0, CZ 1, CZ 2 e CZ 3 – doses de cinza de biomassa de eucalipto: 0, 10, 20 e 40 t ha^{-1}, respectivamente.
Fonte: dados da pesquisa

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho após cinco anos da aplicação dos tratamentos, concluiu-se que:

- As doses de cinzas de biomassa de eucalipto elevaram o teor foliar de P;

- Não verificou efeitos negativos do uso de cinzas de biomassa de eucalipto nos teores foliares de N, P e S, características agronômicas e produtividade de grãos do milho;

- Nas condições de ambiente e solo utilizados para a condução do experimento, mesmo após seis anos da aplicação dos tratamentos a produtividade grãos permaneceu acima de 11,0 t ha^{-1}, com a correção do solo para V=80% e aplicação de 40 t ha^{-1} de cinzas de biomassa de eucalipto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2023. São Paulo: ANDA, 2023.

ARRUDA, J.A. et al. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. *Principia*, João Pessoa, v. 60, 2016.

ARRUDA, N.E.A. **Produtividade e teores de nutrientes na cultura do milho em função da aplicação de doses de calcário e cinza de biomassa de eucalipto**. Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia/UNESP, 2024. 46p. (Trabalho de Conclusão de Curso)

BELLOTE, A.F.J. et al. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 37, 1998.

BONFIM-SILVA, E.M.; SANTOS, C.C.; SILVA, T.J.A.; SCARAMUZZA, L.W.M.P. Concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in tropical grasses fertilised with wood ash in Cerrado Oxisol. *African Journal of Agricultural Research*, v. 9, 2014.

BONO, J.A.M. Cinza de eucalipto como fonte nutricional para culturas. In: ENCONTROS DE ATIVIDADES CIENTÍFICAS, 28º, 2025, Londrina. Anais... Londrina, UNOPAR, 2025. 2p. (Disponível em: https://eventos.pgsscogna.com.br/anais/trabalho/24800)

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Levantamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: CONAB, 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Levantamento da safra brasileira de grãos: Safra 2023/24 – 4º levantamento**. Brasília: CONAB, 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 10 jan. 2024.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Tabela de dados – Produção e balanço de oferta e demanda de grãos – Safra 2025/26 – 9º Levantamento. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/9o-levantamento-safra-2025-26/9o-levantamento-safra-2025-26. Acesso em 10/07/2026.

DEMEYER, A.; VOUNDI NKANA, J.C.; VERLOO, M.G. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bioresource Technology*, Amsterdam, v. 77, n. 3, p. 287-295, 2001.

EICHOLZ, E.D. et al. Informações técnicas para cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21. Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2020. 219p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE); INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **A indústria de papel e celulose no Brasil e no mundo: panorama geral**. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/a-industria-de-papel-e-celulose-no-brasil-e-no-mundo-panorama-geral. Acesso em: 7 jul. 2026.

FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Os 10 países que mais produzem milho**. São Paulo: FIESP, 2022.

GALINDO, F.S. et al. Can silicon applied to correct soil acidity in combination with Azospirillum brasilense inoculation improve nitrogen use efficiency in maize? *PLoS ONE,* San Francisco, v. 15, 2020.

GOTT, R.M. et al. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,* v.18, n.11, p.1110-1115, 2014.

HANSTED, A.L.S. et al. Industrial waste from biomass boiler: Ash as a liming replacement for Eucalyptus planting in Brazil. *Industrial Crops and Products*, Amsterdam, v. 202, 2023.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2022**. São Paulo: IBÁ, 2022. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf. Acesso em: 7 jul. 2026.

MAEDA, S. et al. Resposta de Pinus taeda à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, n. 56, p. 97-106, 2008.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do eucalipto**. Piracicaba: POTAFOS, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafós, 1997. 339p.

NOGUEIRA FILHO, F.P. et al. Viabilidade econômica da produção de eucalipto no polo moveleiro de Marco, Ceará. *Revista iPecege*, Piracicaba, v. 3, n. 3, 2017.

NOVIQTECH. How a circular economy can transform Brasil. 2025. Disponível em: https://noviqtech.com/articles/how-a-circular-economy-can-transform-brazil (Acesso em 10/07/2026)

OSTERAS, A.H.; SUNNERDAHL, I.; GREGER, M. The impact of wood ash and green liquor dregs application on Ca, Cu, Zn and Cd contents in bark and wood of Norway spruce. *Water, Air, and Soil Pollution*, Dordrecht, v. 166, p. 17-29, 2005.

PAVANI, V. et al. *Azospirillum brasilense* associado com nitrogênio no desempenho da cultura do milho. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá, v. 15, n. 4, 2022.

PEREIRA, P.P.B. et al. Diferentes dosagens de produto comercial enraizador na cultura do milho. *Scientific Electronic Archives*, Sinop, v. 16, n. 5, 2023.

PORTUGAL, J.R. et al. **Aspectos climáticos no feijoeiro**. In: ARF, O.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P.; FERRARI, S. Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu, FEPAF, p.65-75, 2015.

PRADO, R.M.; CORRÊA, M.C.M.; NATALE, W. Efeito da cinza da indústria cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1493-1500, 2002.

RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2001.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba, International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Edição. Brasília, Embrapa, 2018. 356p.

SGARBI, F. **Produtividade do Eucalyptus sp. em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo**. 2002. 114 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, F.R. et al Cinza de biomassa florestal: alterações nos atributos de solos ácidos do Planalto Catarinense e em plantas de eucalipto. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 291-297, 2009.

SILVA, J.H.B. et al. Uso de bioestimulantes na cultura do milho (Zea mays L.): uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, Sinop, v. 16, n. 4, 2023.

SOUZA, D.M.G., LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa CPA, Brasília, 2004. 416p.

VEOLIA. **Brazil: the circular economy is a boost for the cellulose industries**. Paris: Veolia, 2015. Disponível em: https://www.veolia.com. Acesso em: 7 jul. 2026.

VOUNDI N KANA, J.C. et al. Chemical effects of wood ash on plant growth in tropical acid soils. *Bioresource Technology*, Amsterdam, v. 63, n. 3, p. 251-256, 1998.