

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA NA
AGRICULTURA

EDNA APARECIDA DE ANDRADE

**CINZA DE BIOMASSA FLORESTAL NO CULTIVO DE OLERÍCOLAS
E PLANTAS ORNAMENTAIS**

CASCAVEL

2024

EDNA APARECIDA DE ANDRADE

**CINZA DE BIOMASSA FLORESTAL NO CULTIVO DE OLERÍCOLAS
E PLANTAS ORNAMENTAIS**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura para obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Zanão Junior.
Coorientador: Prof. Dr. Felipe Martins Damaceno.

CASCADEL

2024

EDNA APARECIDA DE ANDRADE

**CINZA DE BIOMASSA FLORESTAL NO CULTIVO DE OLERÍCOLAS E PLANTAS
ORNAMENTAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e culturas energéticas, APROVADA pela seguinte banca examinadora:



Orientador - Luiz Antonio Zañão Júnior
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Reginaldo Ferreira Santos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Maritane Prior
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Francieli Helena Bernardi Baloscky Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)

Cascavel, 20 de agosto de 2024

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Andrade, Edna Aparecida de
Cinza de biomassa florestal no cultivo de olerícolas e plantas ornamentais / Edna Aparecida de Andrade; orientador Luiz Antônio Zanão Junior; coorientador Felipe Martins Damaceno. -- Cascavel, 2024.
63 p.

Tese (Doutorado Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, 2024.

1. . I. Zanão Junior, Luiz Antônio, orient. II. Martins Damaceno, Felipe, coorient. III. Título.

*Dedico a Deus, a minha família e aos meus amigos que encorajam minha busca pelo
sucesso pessoal.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar conforto espiritual, saúde, serenidade e paz.

Ao meu filho, Gilberto Junior Andrade da Silva.

Ao meu marido, Gilberto Pereira da Silva.

Aos meus familiares.

Ao meu amigo e orientador, Luiz Antônio Zanão Júnior.

Ao meu amigo e coorientador, Felipe Martins Damaceno.

Às minhas amigas e colegas do IDR.

Aos professores e colegas da Unioeste.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Requisitos de concentrações aceitáveis de elementos no uso da cinza como fertilizante em solos agrícolas e silviculturas nos países da Alemanha, Áustria, Finlândia e União Europeia.....	18
Tabela 2. Valores dos nutrientes correspondentes a 100 g de morangos	26
Tabela 3. Caracterização química do solo coletado da área experimental, localizada em Santa Tereza do Oeste-PR	31
Tabela 4. Valores da caracterização química da cinza de biomassa florestal	32
Tabela 5. Caracterização química das cinzas de biomassa florestal utilizadas	33
Tabela 6. Quantidades de N, P, K, Ca, Mg fornecidos pelas doses de cinzas aplicadas	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema das etapas realizadas em sequência nesta pesquisa, destacando a cultura, substrato, tratamentos e aplicações que foram avaliadas	30
Figura 2. Produção de matéria fresca de frutos de melão em função da aplicação de doses de cinzas aplicadas via fertirrigação (CF) e cinzas granuladas (CG). Santa Tereza do Oeste - PR, 2024.....	39
Figura 3. Produção de morangos em função do efeito residual da aplicação de doses de cinzas aplicadas via fertirrigação (CF) e cinzas granuladas (CG). Santa Tereza do Oeste - PR, 2024	41
Figura 4. Produção de matéria seca da parte aérea de alface em função da aplicação de doses de cinzas aplicada em cobertura (pó). Santa Tereza do Oeste – PR, 2024 ..	44
Figura 5. Produção de matéria fresca de bulbos de cebola em função da aplicação de doses de cinzas aplicada em cobertura (pó). Efeito residual. Santa Tereza do Oeste – PR, 2024.....	45
Figura 6. Produção de matéria seca da parte aérea de rosa-de-pedra em função da aplicação de doses de cinzas aplicadas granuladas. Santa Tereza do Oeste – PR, 2024	46
Figura 7. Acréscimo de filocládios em plantas de flor-de-maio em função da aplicação de doses de cinzas aplicadas via fertirrigação (CF) e cinzas granuladas (CG). Santa Tereza do Oeste – PR, 2024	48
Figura 8. Número de flores por planta de flor de maio em função da aplicação de doses de cinzas aplicadas via fertirrigação (CF) e cinzas granuladas (CG). Santa Tereza do Oeste – PR, 2024	49

ANDRADE, Edna Aparecida de. **Cinza de biomassa florestal no cultivo de olerícolas e plantas ornamentais**. Tese (Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2024.

RESUMO

Neste trabalho foram avaliados o potencial da utilização das cinzas de biomassa florestal como fertilizante em várias formas (cobertura, via fertirrigação e granuladas), além do seu efeito residual, em culturas olerícolas [alface (*Lactuca sativa* L.), cebola (*Allium cepa* L.), melão (*Cucumis melo* L) e morango (*Fragraria x Ananassa* Ducho)] e plantas ornamentais [(rosa-de-pedra (*Echeveria Elegans* Rose) e flor-de-maio (*Schlumbergera Truncata* (Haworth) Moran)]. Os experimentos foram conduzidos em ambiente protegido, em Santa Tereza do Oeste, PR. As doses de cinzas de biomassa florestal avaliadas foram equivalentes a 0, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹. Os ensaios foram conduzidos em vasos adequados para cada cultura (10, 3, 1 e 0,5 dm³) preenchidos com substrato (mistura de solo argiloso, areia e casca de arroz carbonizada). Foram avaliadas características fitotécnicas como produção de massa fresca de frutos, produção de massa seca da parte aérea e de bulbos e número de flores por planta, de acordo com a cultura estudada. As médias dos dados obtidos nos experimentos foram avaliados usando-se programa estatístico (Statistica) e submetidos a análise de variância (ANOVA), seguida por teste de comparação múltiplas de médias de Tukey com 5% de significância. As cinzas provocaram aumento de produtividade em todas as culturas avaliadas em todas as formas de aplicação. Nas culturas em que houve avaliação do residual das cinzas aplicadas via fertirrigação, granuladas e em cobertura verificou-se efeito positivo no aumento de produtividade. As doses recomendadas (máxima eficiência econômica) variaram de 1,2 a 9 t ha⁻¹ de cinzas, dependendo da cultura e da forma de aplicação, com média de 5,4 t ha⁻¹. As cinzas de biomassa florestal apresentaram alto potencial para utilização como fertilizante e corretivo no cultivo de olerícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilizante alternativo; horticultura; nutrição de plantas.

ANDRADE, Edna Aparecida de. **Forest biomass ash in the cultivation of vegetable crops and ornamental plants**. Thesis (PhD in Engineering in Energy in Agriculture) – University State of Western Paraná, Exact and Technological Sciences Center, Cascavel, 2024.

ABSTRACT

This study evaluated the potential of using forest biomass ash as a fertilizer in various forms (top dressing, fertigation and granulated), as well as its residual effect on vegetable crops [lettuce (*Lactuca sativa* L.), onion (*Allium cepa* L.), melon (*Cucumis melo* L.), strawberry (*Fragraria x Ananassa* Ducho) and ornamental plants [(stone rose (*Echeveria Elegans* Rose) and Christmas cactus (*Schlumbergera Truncata* (Haworth) Moran)]. The experiments were conducted in a protected environment in Santa Tereza do Oeste, PR. The doses of forest biomass ash evaluated were equivalent to 0, 5, 10, 15 and 20 t ha⁻¹. The trials were conducted in pots suitable for each crop (10, 3, 1 and 0.5 dm³) filled with substrate (a mixture of clay soil, sand and carbonized rice husks). Phytotechnical characteristics such as fresh fruit mass production, dry mass production of the aerial part and bulbs and number of flowers per plant were evaluated according to the crop studied. The averages of the data obtained in the experiments were evaluated using a statistical program (Statistica) and subjected to analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's multiple mean comparison test with 5% significance. The ash caused an increase in productivity in all the crops evaluated in all forms of application. In the crops in which the residual effect of ash applied via fertigation, granules and top dressing were evaluated, there was a positive effect on the increase in productivity. The recommended doses (maximum economic efficiency) ranged from 1.2 to 9 t ha⁻¹ of ash, depending on the crop and method of application, with an average of 5.4 t ha⁻¹. Forest biomass ash showed high potential for use as a fertilizer and corrective in growing vegetables.

KEYWORDS: Alternative fertilizer; horticulture; plant nutrition.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 BIOMASSA FLORESTAL	13
2.2 O USO DE CINZAS DE BIOMASSA VEGETAL NO BRASIL E NO MUNDO	14
2.3 USO AGRONÔMICO DAS CINZAS.....	17
2.3.1 Nutrientes contidos em cinzas de biomassas	18
2.3.2 Uso da cinza na correção do solo.....	19
2.3.3 Estratégias que retardam a solubilidade das cinzas.....	20
2.4 HORTICULTURA.....	21
2.4.1 Alface.....	22
2.4.2 Cebola	23
2.4.3 Melão	23
2.4.4 Morango	24
2.5 PLANTAS ORNAMENTAIS	27
2.5.1 Rosa-de-pedra (<i>Echeveria Elegans</i> Rose).....	27
2.5.2 Flor-de-maio (<i>Schlumbergera Truncata</i> (Haworth) Moran).....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	30
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	30
3.2.1 Solo, cinzas e granulação.....	31
3.3 CULTIVOS EXPERIMENTAIS	33
3.3.1 Melão e morango	33
3.3.2 Morango	35
3.3.3 Alface e cebola	36
3.3.4 Rosa-de-pedra (<i>Echeveria Elegans</i> Rose).....	37
3.3.5 Flor-de-maio (<i>Schlumbergera truncata</i> (Haw) Moran).....	37
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 ENSAIOS COM A CULTURA DO MELÃO.....	39
4.2 ENSAIOS COM A CULTURA DO MORANGO	40
4.3 ENSAIO COM A CULTURA DA ALFACE	43
4.4 ENSAIO COM A CULTURA DA CEBOLA	44

4.5 ENSAIO COM A CULTURA DA ROSA-DE-PEDRA	46
4.6 ENSAIOS COM A CULTURA DA FLOR-DE-MAIO.....	47
5 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

Diretrizes vêm se consolidando como ecologicamente corretas no mundo globalizado, porém apresentam lacunas quanto à utilização de alternativas sustentáveis em diversos segmentos. Estas lacunas são evidentes nas indústrias e, principalmente, na agricultura. O uso de resíduos agroindustriais está em evidência como uma alternativa viável e econômica de aproveitamento no campo, em forma de compostos ricos em nutrientes para o desenvolvimento de culturas, a fim de fornecerem macro e micronutrientes para a nutrição das plantas.

A cinza de biomassa florestal é considerada um resíduo agroindustrial, pois é oriunda, normalmente, da queima de madeira para a produção de energia térmica, usada na secagem de grãos em silos. O uso de resíduos como a cinza para adubação e correção de solos na agricultura é mais sustentável e pode ser muito atrativa para o produtor, sendo mais acessível, conforme apontam estudos (Costa *et al.*, 2015).

Diante da importância do composto, destaca-se o uso da cinza de biomassa florestal como uma possível alternativa para a correção do solo e a fertilização de culturas olerícolas e ornamentais. A utilização de cinzas vem se tornando uma opção para reduzir o emprego de insumos, tornando-a uma aliada para a agricultura, agregando benefícios ao solo e contribuindo com o crescimento vegetativo.

A cinza de biomassa florestal é capaz de corrigir o pH do solo e possui considerável teor de macro e micronutrientes em sua composição, os quais podem ser utilizados para a nutrição das plantas. A cinza pode evitar o esgotamento de nutrientes do solo, de modo a prolongar seu efeito no solo, dando condições de permanecer por maior período no sistema e beneficiar as plantas (Santalla *et al.*, 2011).

Considera-se relevante o uso da cinza de biomassa vegetal como possível produto para a fertilização de culturas e para a correção do solo. Assim como há preocupação quanto ao desenvolvimento de técnicas para a utilização desse resíduo, a fim de reduzir a dependência de fertilizantes e corretivos químicos convencionais e não renováveis. Diante destas afirmações, o intuito deste trabalho está em avaliar o efeito de diferentes formas de aplicação de cinza de biomassa florestal em culturas olerícolas e ornamentais.

Para tanto, este trabalho analisa a produção de culturas olerícolas e de plantas ornamentais em resposta à adubação com cinzas de biomassa florestal em diferentes formas de aplicação (pó, granuladas e fertirrigadas).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIOMASSA FLORESTAL

Biomassa florestal é um conceito muito amplo, pois abrange uma grande diversidade de materiais, tais como folhas e resíduos de exploração florestal: ramos picados, cascas, pó e a própria madeira (CELPA; AIMMP, 2004).

Existe grande variedade de tipos de biomassa disponível, como bagaço de cana-de-açúcar e cavacos de eucalipto e pinos, destinada ao uso em caldeira, onde são convertidas em calor para gerar energia térmica.

Entre as fontes renováveis de energia, a madeira e seus derivados foram responsáveis por 30,4 milhões de toneladas de produção de energia, equivalente ao petróleo na mesma quantidade por ordem de grandeza, no ano de 2015, no Brasil (Escobar, 2016).

O Brasil é o maior produtor de florestas plantadas do mundo, principalmente de eucalipto. O reflorestamento de áreas para consumo da matéria-prima tornou-se um processo tecnológico, econômico e viável ambientalmente no país. As transformações na área da energia das biomassas vêm substituindo combustíveis tradicionalmente poluidores e contribuindo com a expansão das políticas governamentais nas áreas de ciência, tecnologia, meio ambiente e comércio (EMBRAPA, 2011).

As espécies utilizadas para produção de energia, seja pinos, eucalipto ou outros resíduos usados nas agroindústrias ou demais segmentos industriais, têm garantida sua produtividade e continuidade de produção, além de bom manejo, com uso de fertilizantes alternativos e práticas culturais sustentáveis nas plantações florestais (Tiyuan *et al.*, 2010).

Concentrações de elementos químicos no solo e na água e a qualidade da área onde as árvores são cultivadas influenciam na madeira a ser utilizada, antes de se tornar resíduo. Isso faz com que combustíveis de madeiras provenientes de diversas fontes, tais como resíduos de madeira, madeira de beira de estradas, resíduos florestais e toras, apresentem diferentes concentrações de elementos químicos (Tejada, 2020)

Por exemplo, o cloreto de potássio (KCl) é um importante fertilizante para as árvores de *Eucalyptus Urograndis* no desenvolvimento do tecido do câmbio, que indica crescimento no diâmetro das árvores. No caso da biomassa de cana-de-açúcar,

um elemento em grande quantidade em suas cinzas é o silício (Si), pois ela absorve esse elemento em abundância (Cordeiro *et al.*, 2010). Neste sentido, é coerente pensar a substituição por fertilizantes alternativos que podem ser fornecidos de forma indireta e proporcionar resultados semelhantes de produtividade (Teixeira, 2017).

As áreas de biomassa florestal cultivadas no Brasil apresentam composições químicas com muitas variações. Quando essas biomassas distintas são utilizadas para geração energética, inevitavelmente, ocorre a geração de um resíduo sólido, conhecido como cinza. Estas cinzas possuem características químicas herdadas da biomassa que as geraram (Enplus, 2015; Pereira *et al.*, 2016).

A destinação correta de resíduos agroindustriais é de fundamental importância para o desenvolvimento de novas tecnologias, as quais vêm agregando alternativas ecologicamente viáveis para suprir demandas que se mantiveram estagnadas por muito tempo. A biomassa contribui com cerca de 95% da geração de calor no Brasil. Essa prática faz com que grandes volumes de cinzas de biomassa sejam gerados (Lamers *et al.*, 2018).

2.2 O USO DE CINZAS DE BIOMASSA VEGETAL NO BRASIL E NO MUNDO

A cinza, de maneira geral, pode apresentar diferentes composições químicas, e conhecer tais composições é importante para utilizá-la de formas diversas. Pensando no seu uso na agricultura, deve-se levar em consideração as formas em que as cinzas foram geradas, não se limitando a um descarte inapropriado, como ocorre na maioria das vezes.

No Brasil, o gerenciamento de cinzas de biomassa oriunda de caldeira segue as normas estipuladas pela ABNT NBR 10.004/2004, que especifica esta biomassa, nos termos técnicos de Classificação de Resíduos Sólidos, como categoria rural, na classe II, não inertes, o que significa que há potencial de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade. A cinza de biomassa florestal é um passivo ambiental para as agroindústrias que a geram. Deste modo, procurar alternativas para seu uso na agricultura se torna uma opção mais sustentável para a correção do solo e a nutrição de plantas. Pensando em economia circular, a cinza apresenta fatores que podem contribuir no desenvolvimento de ciclos naturais como fertilizante ou mesmo para uso como condicionador do solo (Sherwood, 2020).

Os países nórdicos, mais especificamente a Finlândia, têm uma longa história no uso de cinzas como fertilizante ou melhorador do solo, tanto na silvicultura como na agricultura. Isso acontece devido a região conter grandes áreas de florestas, e essa biomassa ser responsável por grande parte da energia consumida pela região (Ohenoja *et al.*, 2020).

Tanto na Suécia como no Canadá, as regulamentações de gerenciamento das cinzas se encontram avançadas. A cinza de biomassa florestal apresenta elevada solubilidade e reatividade, o que pode ser uma desvantagem quando a aplicação ocorrer de forma exagerada, pois sua ação pode ser prejudicial à vegetação e à vida no solo. Para reduzir a liberação de componentes solúveis das cinzas, pode-se processá-las em pelets com aglutinantes, para que os nutrientes sejam liberados lentamente (NMI, 2018).

Na Finlândia, existe uma portaria que indica categorias para o uso das cinzas, de acordo com suas potencialidades (Finlândia, 2011). Na Alemanha, as cinzas são aplicadas nas florestas para manter o equilíbrio de nutrientes e para promover a calagem do solo, desde que sejam atendidas as exigências legais quanto aos fertilizantes também usados na agricultura (Mayer *et al.*, 2022).

Países europeus e alguns países da América do Norte, dependendo de avaliações técnicas, econômicas e legais, já fazem a aplicação de cinza de biomassa como fertilizante agrícola e florestal (Wilpert *et al.*, 2016; Nurmesniemi *et al.*, 2012; Lama; Sain, 2021; Hansen, 2019; Ernfors *et al.*, 2010). Na Alemanha e na Áustria, a cinza, além de ser usada *in natura*, também é adicionada aos compostos orgânicos para a produção dos chamado fertilizante organomineral (Walter; Mostbauer; Karigl, 2016; Kehres, 2016). Na Áustria, a quantidade de cinzas usadas nos compostos é limitada a apenas 2%, o que torna o processo inviável economicamente, além de que não se considera a qualidade da cinza neste processo (Walter; Mostbauer; Karigl, 2016). Ainda na Áustria, a cinza produzida é processada nas indústrias de cimento e materiais de construção. Estudos estão sendo realizados com o uso da cinza em construção de estradas com grande êxito (Bohrn; Stampfer, 2014; Korpjarvi, 2019; Obernberger; Supancic, 2015).

A cinza, no Brasil, é classificada como resíduo e, como tal, não é considerada um material valioso para a agricultura. Sua origem e sua utilização funcional incluem incertezas legais quanto ao uso. No entanto, a estratégia de gestão envolvendo a definição da qualidade da cinza deve ser mantida. O uso de cinza de biomassa

florestal como matéria-prima para o desenvolvimento de outros produtos requer a superação de vários desafios, tais como: a criação de regulamentação legal e a melhora da logística da cinza, em termos de descentralização, armazenamento e segurança ocupacional (Reichle *et al.*, 2009; Stetter; Zormier, 2010).

Em estudos feitos com cinzas de fogões à lenha utilizando diversos tipos de madeira de biomassa florestal (carvalho, faia e abetos), observou-se que a cinzas dessas madeiras apresentaram grande variedade de elementos químicos que não são encontrados comumente e, portanto, podem ser recursos valiosos disponíveis em grandes quantidades (Tejada, 2019).

De modo geral, as diferenças na composição das cinzas de madeira podem ser explicadas pelas diferenças dos fornos das unidades armazenadoras, que queimam diferentes tipos de biomassas, além da localização, da espécie vegetal e do tipo de solo em que a biomassa foi cultivada (Pitman, 2006). Além desses fatores, a literatura acrescenta outros atributos que podem influenciar diretamente as propriedades das cinzas, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Fatores que interferem nas propriedades da cinza

Fatores	Descrição
Tipos de cinzas	Cinzas de fundo, cinzas volantes, cinzas misturadas
Entrada e mistura de biomassa florestal	Localização, tipo e idade
Presença de resíduos na madeira	Tinta, óleos, combustíveis
Tecnologia de combustão	Caldeira de grelha, caldeira de leito fluidizado
Técnicas de recolhimento das cinzas	Pós-tratamento, aplicação solta, granulada e endurecida

Fonte: Adaptado de Bastien (2020).

Segundo Lamers *et al.* (2018), várias classes de cinzas podem ser verificadas ao redor do mundo. Isso ocorre devido ao tipo de biomassa que é utilizada como combustível e à falta de regulamentação. As variações da qualidade das cinzas dificultam o atendimento de padrões estabelecidos em normas específicas, haja vista limitações e requisitos técnicos ou ambientais europeus ou dos países em que essas cinzas são utilizadas. Os principais tipos de cinzas são derivados da combustão de madeira florestal cultivada, de madeira contaminada e de outros resíduos vegetais, como palhas ou bagaços.

2.3 USO AGRONÔMICO DAS CINZAS

A cinza produzida durante a combustão da biomassa possui elementos orgânicos e inorgânicos que proporcionam efeitos benéficos ao solo, sobretudo nos solos que apresentam maior deficiência de nutrientes como Ca, Mg, K e P (Mandre; Parn; Ots, 2006). Pesquisas indicam que nutrientes encontrados nas cinzas de biomassa contêm uma série de fatores que contribuem para a adubação de culturas (Moretti Neto, 2020).

Depois de absorvidos pelas plantas, os nutrientes são alocados para diferentes partes delas, sendo a maior parte destes colhida junto com a biomassa e usada para outros fins após a safra (Vitouse *et al.*, 2009). O desempenho das plantas com o tratamento de cinzas como fertilizante pode ocorrer, porém, o uso das cinzas como substituto de fertilizante mineral é questionável, porque alcançar um nível de fertilização adequado exigiria grandes quantidades de cinza (Kochian *et al.*, 2004). A cinza de biomassa florestal pode ser usada como condicionante do solo, ou seja, é capaz de acrescentar nutrientes removidos do solo pela biomassa colhida. Desta forma, a aplicação da cinza pode ser uma estratégia eficaz para reciclar uma parte dos nutrientes retirados do solo.

Ernfors *et al.* (2010) ressaltam que a aplicação da cinza de biomassa florestal deve ser gerenciada pela quantidade, pela composição e pelo tipo de solo (Pitman, 2006). Ter conhecimento da composição química da cinza e do solo é determinante para avaliar sua viabilidade agrícola, evitando desequilíbrio nutricional da cultura plantada (Maeda *et al.*, 2008).

Resíduos de cinza são subprodutos que podem contribuir para a conservação de recursos naturais. A cinza pode contribuir com componentes ativos alcalinos para fertilização (Bachmaier *et al.*, 2021).

A cinza de madeira é rica em nutrientes e pobre em metais pesados. Por isso, está sendo usada como fertilizante e para a melhoria do solo em vários países da Europa, como Suíça, Finlândia, Alemanha e outros, além, também, da Austrália (Supancic *et al.*, 2020). De acordo com a portaria alemã de fertilizantes (Alemanha, 2012), atualmente, as cinzas de fundo, que são cinzas mais grossas, e as cinzas de ciclone, que são compostas por cinzas finas, podem ser usadas para produção de fertilizantes (Holzner *et al.*, 2011).

Requisitos aceitáveis de elementos para o uso de cinzas como fertilizante na Alemanha, na Áustria, na Finlândia e na União Europeia são apresentados pela Tabela 1.

Tabela 1. Requisitos de concentrações aceitáveis de elementos no uso da cinza como fertilizante em solos agrícolas e silviculturas nos países da Alemanha, Áustria, Finlândia e União Europeia

Condições	Elemento	Alemanha		Áustria	Finlândia		União Europeia
		Agricultura	Silvicultura	Agricultura	Agricultura	Silvicultura	Agricultura
Concentração média de metais pesados (mg kg ⁻¹)	As	40	60	40	25	40	40
	Pb	150	225	150	100	150	120
	Cd	1,5	2,0	3	2,5	25	3,0
	Cr total	Na	na	100	300	300	na
	Cr (VI)	2,0	na	2,0	2,0	na	2,0
	Ni	80	120	100	100	150	100
	Hg	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
	Ti	1,0	1,5	na	na	na	na
	Cu	Na	0,09	100	600	700	600
	Zn	Na	na	300	1500	4500	1500

n. a.: não aplicável; * categoria “fertilizante de cinza”; ** N+ P+ K > 7%.

Fonte: Adaptado de BGBI (2012); BMLFUW (2021); EPC (2019); Ministério da Agricultura e Silvicultura da Finlândia (2011).

No crescimento das plantas, estudos têm indicado que as cinzas podem ser eficientes, contudo, o nitrogênio, um importante nutriente no desenvolvimento vegetativo, não é suficiente para a maioria das culturas. Entretanto, a cinza pode fornecer outros nutrientes, como Ca, K, P, Mg, e ser suficiente para atender as necessidades das plantas e contribuir para o aumento do pH do solo (Wiklund, 2017).

2.3.1 Nutrientes contidos em cinzas de biomassas

A disponibilidade de cálcio e potássio nas cinzas de madeiras é alta, de magnésio é média, e de fosforo é baixa. Menos de 10% do fosfato total das cinzas está disponível para as plantas (Holzner *et al.*, 2011). Fertilizantes minerais, assim como a cinza de biomassa florestal, alcançaram efeitos positivos em tubérculos de batatas, com aumento nas suas dimensões e diminuição nos efeitos mecânicos danosos sobre cargas de transporte. Portanto, a aplicação da cinza trouxe benefícios para o cultivo de batatas (Szpunar-Krok *et al.*, 2020).

Os macronutrientes contidos na cinza de biomassa apresentam diferentes solubilidades, por isso são agrupados em três classes, sendo elas: A – alta solubilidade, que tem a representação em K e S; B – média solubilidade, que são

constituídos pelos elementos Ca e Mg; e C – baixa solubilidade, que corresponde ao P (Augusto; Bakker; Meredieu, 2008).

De acordo com a University of Georgia Cooperative Extension (UGA), o cálcio é o elemento em maior quantidade na cinza de madeira, o que lhe confere propriedades semelhantes às do cal. Dentro dos termos usados para fertilizante comercial, a formulação média da cinza seria de 0-1-3, se comparada com o NPK. Além desses macronutrientes, a cinza possui uma boa fonte de micronutrientes necessários para o bom desenvolvimento das plantas.

2.3.2 Uso da cinza na correção do solo

Alguns aspectos da cinza sugerem que sua composição tem alto potencial para a correção da acidez do solo, devido seu alto pH causado pelos óxidos, carbonatos e hidróxidos nela contidos. Para que isso aconteça, é necessário levar em consideração vários fatores, tais como: a origem da biomassa, os processos de queima, se houve misturas de resíduos com a biomassa e outras informações técnicas. Muitos autores relatam o efeito do calcário das cinzas e de misturas com cinza sobre os solos agrícolas e florestais (Wilpert *et al.*, 2016; Ingerslev *et al.*, 2014; Karlton *et al.*, 2008; Saarsalmi *et al.*, 2014).

Estudos com doses de cinza em solos salinos, inférteis e florestais mostraram que o pH destes solos teve aumento significativo com a aplicação da cinza e, dentre eles, o que apresentou maior resposta foi o solo de floresta (An; Park, 2021). As cinzas oriundas desse estudo foram cinzas de biomassa florestal de carvalho. Os autores enfatizam que a menor dose de cinza pode ser aplicada no solo para neutralizar a acidez e corrigir a deficiência de nutrientes em solos florestais de forma sustentável.

Pensando na utilização das cinzas como corretivo de solo, é importante observar os seguintes fatores: a espécie vegetal e a sua composição química, que segue uma ordem de elementos como $Ca > K > Mg > S > P$, sendo, então, permitido o uso direto da cinza como fertilizante (Cyna *et al.*, 2021). O cálcio e outros cátions básicos são fatores determinantes para a correção do solo, porque têm impacto no pH. O pH da cinza varia de 10 a 12, dando condições ao uso análogo ao do calcário.

No Reino Unido a estimativa é de que a cinza poderia cobrir parte significativa da demanda de calagem até 2050. Porém, ao se tratar de cinza de biomassa, há preocupações em relação a metais pesados, pois estes podem causar danos ao meio

ambiente (Bastien, 2020). Apesar do processo de reciclagem de cinza ser muito desafiador, não deve ser negligenciado.

A aplicação da cinza é semelhante ao do calcário, ambos com benefícios na produtividade das culturas, mas a cinza fornece nutrientes adicionais. Contudo, sua aplicação em excesso pode causar danos à colheita, tendo em vista que ambos são alcalinos, por isso, há necessidade de prescrição profissional e de bom senso, para evitar problemas ambientais (Risses; Gaskin, 2013).

2.3.3 Estratégias que retardam a solubilidade das cinzas

Cinzas granuladas estão sendo estudadas em vários países, com o objetivo de se conhecer mais claramente seu efeito em comparação à cinza usada como cobertura em pó, sobre a qual já há parâmetros bem desenvolvidos quanto à eficácia na disponibilização de nutrientes ao solo. Contudo, a cinza granulada precisa ser melhor estudada para que se compreenda a sua disponibilidade. Pesquisas mostram que a maior utilização da cinza ocorre com ela em pó, porém, atualmente, a cinza granulada está ganhando notoriedade como fertilizante florestal, devido aos seus grânulos se dissolverem mais lentamente nos solos; com isso, os nutrientes são liberados mais lentamente do que com as cinzas em pó (Nieminen, 2011), promovendo melhores condições de pH por um maior período.

Efeitos ambientais podem ocorrer na biota do solo por conta da aplicação da cinza em excesso. Por outro lado, embora existam muitas dúvidas em relação ao seu comportamento, alguns estudos já têm indica seus benefícios para o solo. As propriedades da cinza de biomassa florestal têm relação direta com o aumento do pH em solos ácidos, por causa de seu efeito, semelhante ao do calcário. Contudo, a aplicação de cinza de forma solta em doses altas pode contribuir para um ambiente adverso, pois foi observado que o pH acima de 7 inibe a reprodução de colêmbolos (Greenslade; Vaughan, 2003).

A composição da cinza, bem como o tipo de solo e o modo de aplicação, tem representação importante para determinar seu efeito e sua interferência no solo (Pitman, 2006). No entanto, as cinzas de madeira granuladas aumentaram subitamente as colônias de colêmbolos em florestas de abetos, devido ao aumento da umidade do solo, o que foi constatado em estudo de Nieminen *et al.* (2012).

Qin *et al.* (2017), ao testarem a cinza de madeira na biota do solo em diferentes tipos de solos, identificaram que a cinza não teve efeitos negativos para a sobrevivência nem para a reprodução de algumas espécies microbiológicas do solo.

A alta solubilidade do óxido de cálcio (CaO) das cinzas em pó, causando alto efeito no pH quando espalhado em solos florestais, é o que poderia afetar negativamente a fauna e a flora.

A estabilização da cinza pode se dar de várias formas: endurecida, adicionando água e acondicionada em barracões por alguns meses, para que óxido de cálcio (CaO), que é mais solúvel, seja transformado em carbonato de cálcio (CaCO₃), tornando-a solúvel (Wilert *et al.*, 2016; Ingerslev *et al.*, 2014; Maresca *et al.*, 2019).

2.4 HORTICULTURA

A horticultura é composta pelas técnicas que tem como finalidade o estudo de produção de frutas, hortaliças, árvores, arbustos e flores. Sua abrangência se destaca na grande diversidade de culturas de consumo humano ou de culturas ornamentais. Desta forma, a horticultura abrange a fruticultura, a jardinocultura, a produção de plantas ornamentais, o cultivo de bulbosas, de plantas medicinais e de condimentares, bem como a produção de mudas ou viveiricultura (Bevilacqua, 2013). Além da olericultura, que compreende a produção de verduras e legumes; conhecidas também por fazerem parte da horticultura, as oleráceas, como a melancia, o melão, o morango, a batata, entre outros.

Do ponto de vista comercial e econômico, a horticultura demanda investimentos tecnológicos significativos para cultivo intensivo; com isso, obtém-se alto valor agregado (Melo; Fabri, 2017). O olericultor, para conseguir lucro com as áreas cultivadas, adota a opção de aprimorar os cultivos e os tratamentos culturais, podendo utilizar-se de polinização manual, fertirrigação, produção de mudas em recipientes, raleamentos e adubações foliares.

As classificações de hortaliças na horticultura se baseiam em cinco grupos: o primeiro são os tubérculos ou bulbos, que, geralmente, crescem dentro do solo, como cebola, nabo, beterraba e rabanete. As herbáceas, que tem a parte de cima do solo consumíveis, como alface, acelga, agrião e alcachofra. As hortaliças-fruto, como por

exemplo melancia, pimentões, melões e morangos. Por fim, há os grupos dos condimentos e das hortaliças complementares (Castro, 2019).

As espécies de hortaliças têm exigências importantes no que se refere ao clima, especialmente à temperatura, umidade e luz, de modo que é imprescindível escolher culturas adaptadas a regiões específicas e definir as épocas de plantio. No entanto, as hortaliças, de modo geral, têm melhores condições de desenvolvimento quando o clima é ameno, com chuvas pouco frequentes e de leve intensidade.

2.4.1 Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) tem sua origem na família das Asteraceas (Bonett *et al.*, 2019). É uma variedade herbácea com caule pequeno e folhas ligeiramente grandes, lisas ou crespas, que pode ou não ter formação de cabeça. Sua cor pode variar de tons de verde amarelados até o verde escuro mais intenso (Carvalho *et al.*, 2015).

A alface é uma hortaliça plantada e muito consumida em todo o território brasileiro. Como sua viabilidade pós-colheita é relativamente curta, a produção acaba se concentrando em áreas denominadas cinturões verdes (Sala; Costa, 2008). Em todo o mundo, existem muitas variedades dessa hortaliça, nos seus variados tons, cores, formatos e tamanhos (Suinaga *et al.*, 2013). No Brasil, os consumidores têm preferência pelas alfaces crespas e lisas; hoje, algumas já são melhoradas geneticamente para o cultivo no verão.

O sistema radicular da alface é composto em 25 cm (Figueira, 2007). A alface se constitui como uma fonte importante de cálcio e de vitaminas do complexo A (Lana; Tavares, 2010). Na adubação natural da alface, utiliza-se pó de serra, palhadas de diversas culturas e esterco estabilizados, principalmente os de bovinos (Terra *et al.*, 2014). Porém, existem outras fontes de nutrientes sustentáveis a serem utilizadas com potencial para agregar no cultivo dessa hortaliça. A correta utilização de resíduos orgânicos, como a cinza de biomassas, se faz necessária no processo e no tratamento de compostagens e biofertilizantes (Pereira *et al.*, 2013).

2.4.2 Cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) é da família das Alliaceas e é muito usada como tempero e em produtos fitoterápicos. É consumida de diversas formas, como crua, em molhos, assada e em conservas. O aroma e o sabor são característicos e marcantes (Mattos; Morretti, 2015; França *et al.*, 2007). A altura da cebola é de, aproximadamente, 60 cm, e o tamanho médio dos bulbos varia entre 40 e 60 mm de diâmetro (Costa, 2012). Os bulbos que agregam valor para comercialização da cultura variam em cor, tamanho e formato (Resende; Costa; Pinto, 2008). O ciclo da cultura da cebola depende muito da disponibilidade de água e de tratamentos culturais (EMBRAPA, 2010). A cebola fortemente influenciada por fatores ambientais, como a temperatura e o fotoperíodo, podendo ser afetada expressivamente se estes não forem considerados no momento do cultivo (Leite, 2014).

No Brasil, a cebola tem relevância econômica significativa, sendo a terceira olerícola mais produzida no país, ficando atrás somente do tomate e da batata (Vidigal *et al.*, 2010). A atividade cultural concentra pequenos e médios produtores no sistema de agricultura familiar, com contribuição na geração de renda (EPAGRI/CEPA, 2009). A produtividade da cebola pode variar de 50 a 60 toneladas por hectare. O ponto ideal de colheita é identificado pela maior quantidade de matéria seca e proporciona à cebola maior tempo de pós-colheita (EMBRAPA, 2012).

Estudos realizados por Carvalho *et al.* (2017) com a cultura de cebola demonstraram que doses de compostos orgânicos e fertilizantes de NPK tiveram efeito em seu desenvolvimento e produtividade. Nos estudos de Higashikawa e Menezes Junior (2017), os efeitos da adubação mineral, orgânica e organomineral na nutrição da cebola apresentaram valores significativos na produtividade, contribuindo com lucros para o produtor.

2.4.3 Melão

O melão (*Curcumis melo*), da variedade cantalupensis, é uma olerícola muito popular e apreciada em diversas partes do mundo, possuindo um papel socioeconômico importantíssimo nas regiões onde é cultivado (Silva *et al.*, 2014).

O melão pertence à família Cucurbitaceae e conta com 34 espécies. Ele é uma dicotiledônea perene, porém seu cultivo é realizado anualmente. Suas flores são

amarelas, consideradas imperfeitas por apresentarem um órgão sexual em uma das flores, sendo a flor masculina produzida em cachos de três a cinco flores, e as femininas produzidas isoladamente. O fruto do melão é uma baga carnuda de tamanho específico e formas variadas (Horta *et al.*, 2018). A faixa ideal de temperatura para o cultivo de melão varia de 20 a 30°C, podendo chegar a 35°C. A temperatura influencia diretamente as características do melão (Castro, 2015). Os solos mais indicados para o cultivo do melão são os que apresentam textura franco-arenoso ou areno-argiloso.

O clima tem se mostrado um desafio significativo na produção e na qualidade da cultura do melão. Dentre os fatores, a temperatura exerce maior influência no seu desenvolvimento (EMBRAPA, 2017).

O Brasil, em termos de produção de melão, ocupa a 11^a posição no ranking dos países que mais produzem o fruto, sendo o maior produtor da América do Sul. O Brasil se destaca na produção de melões do tipo inodoros, no entanto, nos últimos anos, variedades especiais, como a cultivar Cantaloupe, vêm se destacando pelo seu aroma (Cunha, 2019).

O manejo e a reposição de nutrientes são práticas de fundamental importância para essas culturas. O cultivo da variedade Cantaloupe vem apresentando ganhos na produtividade e nos frutos com a nutrição com adubação potássica (Silva Junior *et al.*, 2010; Nascimento Neto, 2011).

2.4.4 Morango

O morango (*Fragraria x Ananassa* Ducho) pertence à família Rosaceae e subfamília das Rosoideae, como as amoras e framboesas. No início do século XVIII, em um jardim botânico na França, foi plantado um indivíduo de *Fragraria Virginiana* macho, de origem dos EUA, e, nas proximidades, outra planta *Fragraria Chiloensis* feminino, de origem chilena. Deste cruzamento se originaram os híbridos da atual planta de morango de cultivo, chamada *Fragraria Ananassa*, surgindo, assim, uma nova espécie (Compal, 2020).

A planta do morango é uma herbácea, perene e estolonífera, o que significa que ela se reproduz por meio de estolões, também chamados corredores, possuindo no tronco central as coroas onde surgem as folhas trifoliadas dispostas em espiral. Sua polinização não precisa ser cruzada para originar os frutos, no entanto, as

atividades das abelhas são benéficas na transferência de pólen para as flores individuais. O morango é um pseudofruto que amadurece rápido: em torno de vinte a cinquenta dias após a polinização (Compal, 2020).

Existem cultivares de morangos sensíveis à temperatura e ao fotoperíodo. A formação de estolhos e folhas é favorecida em dias longos e temperaturas elevadas; e a indução floral em dias curtos e temperaturas baixas. As condições para a frutificação em dias longos é a temperatura amena (Antunes *et al.*, 2006). A caracterização do tipo de cultivar é importante para a avaliação de seu desenvolvimento e de sua adaptabilidade em função do ambiente onde será produzido (Streck *et al.*, 2009).

O morango tem papel importante na agricultura, sobretudo na agricultura familiar, na qual essa cultura pode ser produzida em pequenas quantidades de área cultivada, obtendo valor econômico significativo. O morango tem características que se destacam, como sua cor, seu aroma, seu sabor e sua quantidade de vitamina C, benéfica para a saúde humana. Na Tabela 2 são apresentadas algumas características nutricionais dos morangos.

A cultura do morango teve crescimento considerável ao longo do tempo, promovendo aquecimento no mercado interno e ocasionando estabilidade econômica. Um dos principais mercados para a cultura do morango ainda é o *in natura*, mas, para além dessa opção, existe também a comercialização de polpas, geleias e sucos. Ainda, hoje já está se criando a opção de consumo de desidratados ou liofilizados, em que água do morango é retirada, a fim de preservar seus nutrientes e deixar os morangos crocantes (Palha, 2020; Lopes *et al.* 2010).

Segundo dados do ANUÁRIO HF (2021), o morango teve crescimento quanto à área cultivada, com safra de 4 a 6% de área em 2020. Este impulso se deve a novos sistemas de cultivo. Houve também aumento expressivo no preço dos insumos, devido à pandemia, e os custos variaram em função da estrutura usada para cultivar a planta.

Dados da FAO (2021), Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, apontam que o Brasil ocupa a oitava colocação na produção de morangos, sendo toda ela destinada ao mercado interno. Segundo Hortifruti Brasil (2023), são poucas as culturas com representatividade de produção tão significativa – o mercado do morango faturou, aproximadamente, R\$9,1 milhões, com correção pela inflação de julho de 2023.

Tabela 2. Valores dos nutrientes correspondentes a 100 g de morangos

Valores em (Kcal) do morango	Unidades	Porção (100g)	% DDR*
Macronutrientes	g	34	-
Água	g	92	-
Proteínas	g	0,6	-
Gordura total	g	0,4	-
Carboidratos totais	g	5,3	-
Fibra alimentar	g	2	-
Vitaminas			
Vitamina A	µg	4	1
Vitamina D	µg	0	0
Vitamina E	mg	0,2	2
Vitamina B 1	mg	0,02	1,8
Vitamina B 2	mg	0,03	3
Vitamina B 3	mg	0,6	4
Vitamina B 6	mg	0,05	4
Vitamina B 12	µg	0	0
Vitamina C	mg	47	9
Folatos		47	24
Minerais			
Cinzas	g	0,58	-
Sódio	mg	2	0
Potássio	mg	140	7
Cálcio	mg	25	3
Fosforo	mg	26	4
Magnésio	mg	10	3
Ferro	mg	0,8	6
Zinco	mg	0,1	1

*Dose diária recomendada.

Fonte: Adaptado de Centro de Segurança Alimentar e Nutrição (2020).

Os morangos respeitam um padrão em relação às formas de reprodução em diferentes condições ambientais. Cultivares de dias curtos, como Camarosa, Florida e Festival, florescem no inverno; cultivares de dias longos têm sua floração no verão (Albion, Monterrey e Amoras); e as cultivares de dias neutros, como a San Andreas, têm variação de horas entre o dia e a noite (Wrege *et al.* 2007).

A cultivar San Andreas é proveniente da Universidade da Califórnia. A planta tem frutos vermelhos, com peso médio de 31,6g, sendo uma cultivar mais vigorosa, com boa sanidade em relação a doenças fúngicas. Seus frutos apresentam firmeza, sabor e bom tamanho para comercialização (Antunes, 2014).

O morango San Andreas precisa de dias longos para induzir o aparecimento de flores. Ele tem preferência ao sol e a solos enriquecidos com boa quantidade de matéria orgânica e de boa permeabilidade. Pode ser cultivado em estufas, hortas, vasos, em campos e jardins (Mendonça, 2011).

2.5 PLANTAS ORNAMENTAIS

Plantas ornamentais expressam sentimentos, por isso fazem parte de uma atividade promissora na prática do cultivo. O cultivo de plantas ornamentais oferece produtos em todas as épocas do ano, apresentando este mercado elevado crescimento, principalmente em determinadas datas comemorativas.

O mercado mundial de flores e plantas ornamentais está concentrado em alguns países europeus, como Holanda, Itália e Dinamarca, mas, com a globalização, há países que se destacam em vários segmentos de cultivos. A Colômbia e o Equador produzem flores de corte, como crisântemo, rosas e cravos. A Costa Rica se destaca pelas folhagens e flores tropicais, Estados Unidos pelas flores em vasos de diversas variedades, o Japão pelas orquídeas e a África do Sul pela produção de bulbos (Nascimento, 2018).

O Brasil começou o comércio de flores e plantas ornamentais em escala na década de 50 com os imigrantes portugueses. A floricultura comercial hoje se concentra no Estado de São Paulo, especialmente nos municípios de Atibaia, Mogi das Cruzes, Campinas, Holambra e Santo Antônio de Posse (Junqueira; Peetz, 2018).

A floricultura é uma atividade agrícola de uso intensivo de produção por área explorada, formada especificamente por pequenas propriedades, pois, mesmo em áreas pequenas, é possível obter receitas expressivas (Bliska Júnior; Ferraz, 2012). A atividade de flores e plantas ornamentais está cada vez mais crescente no segmento de cultivos em vasos; dentre elas se destacam as orquídeas (Junqueira; Peetz, 2014). Porém, o mercado de suculentas vem ganhando espaço por sua beleza e seu cultivo e manejo facilitados.

2.5.1 Rosa-de-pedra (*Echeveria Elegans* Rose)

A produção de suculentas como planta ornamental é relativamente nova e vem se popularizando entre colecionadores e pequenos produtores. Na família das Crassuláceas, estima-se que haja 50 gêneros e 1.482 espécies, descritas como herbáceas de arbustos perenes e de porte pequeno (The Plant List, 2019). No Brasil, existem poucas crassuláceas, ocorrendo apenas três gêneros e seis espécies nativas (Giuffre *et al.*, 2019). São várias espécies conhecidas no paisagismo, usadas como forrações, bordaduras ou em maciços em pleno sol. Também podem ser utilizadas

para minijardins. São herbáceas, carnosas e subarbustos com folhas planas ou cilíndricas (Sodré, 2015).

O gênero *Echeveria* está distribuído por todo mundo, mas é no México onde se encontra a sua maior diversidade, sendo a maioria endêmica do país. Seu *habitat* ocorre normalmente em semiáridos-rochosos e está adaptado ao estresse ambiental.

A Rosa-de-pedra (*Echeveria elegans*) Rose tem origem no México. É conhecida como suculenta com folhas espatuladas ornamentais, com cerca de 15 a 20 cm de diâmetro, de cor verde rosada ou acinzentada, recobertas com uma fina camada de purina. Na fase adulta, ela produz hastes com flores em ramalhetes (Almeida *et al.*, 2016), podendo ser cultivada em vasos ou diretamente no solo.

2.5.2 Flor-de-maio (*Schlumbergera Truncata* (Haworth) Moran)

A flor-de-maio, *Schlumbergera Truncata* (Haw) Moran, tem uma longa história, que começou com híbridos nativos. Sua beleza a tornou popular no século XIX, mas foi, recentemente, aceita na família das cactáceas. *Schlumbergera* tornou-se um gênero e *Truncatum* Haworth, com suas colorações, foi descrita nesse gênero por Reid Moran. Atualmente, esta é uma planta doméstica, popular e com ampla variedade de cores e flores. Várias espécies selvagens do Brasil foram seriamente ameaçadas com as atividades antrópicas - a *Schlumbergera truncata* (Haw) Moran está entre essas espécies (Zandi; Cetzal-IX, 2014).

A espécie (*Schlumbergera Truncata* (Haw.) Moran, conhecida popularmente no Brasil como flor-de-maio, é uma planta ornamental muito apreciada por sua flor de grande beleza, com seus filocládios verdes suculentos sem espinhos (Lorenzi; Souza, 2001). A flor-de-maio pertence à família das cactáceas, sendo está muito abrangente nas divisões de suas subfamílias, descritas como cactoide, machuenioideae, opuntioideae e pereskioideae (Lima, 2014). A flor-de-maio tem seus filocládios pendentes, os quais podem atingir 60 cm; suas flores nascem a partir das suas extremidades (Lorenzi; Souza, 2001). As flores da planta flor-de-maio têm, por sua vez, a obrigatoriedade de ser cruzada, pois apresentam autoincompatibilidade (Salla; Figueredo, 2004). Esta planta tem relativa facilidade de germinação por sementes, podendo-se também obter novas variedades dessa espécie quando reproduzidas por filocládios, que são as folhas (Leal *et al.*, 2007).

A *Schlumbergera Truncata* pode ser multiplicada por sementes, porém, comercialmente, as opções de propagação mais usuais são por meio de folhas, estacas ou enxertias (Lorenzi; Souza, 2001). São produzidas por matrizes da mesma espécie, que dão origem a características semelhantes entre si (Wendling *et al.*, 2005). A polinização da flor-de-maio tem uma curiosidade incomum em sua morfologia, apresentando características da síndrome de ornitofilia, que indica que, possivelmente, são polinizadas por aves, em especial o beija-flor (Salla; Figueredo, 2004). A adaptação desta cultivar se dá em diversos biomas, como cerrado, caatinga, mata atlântica e pampas (Zappi *et al.*, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

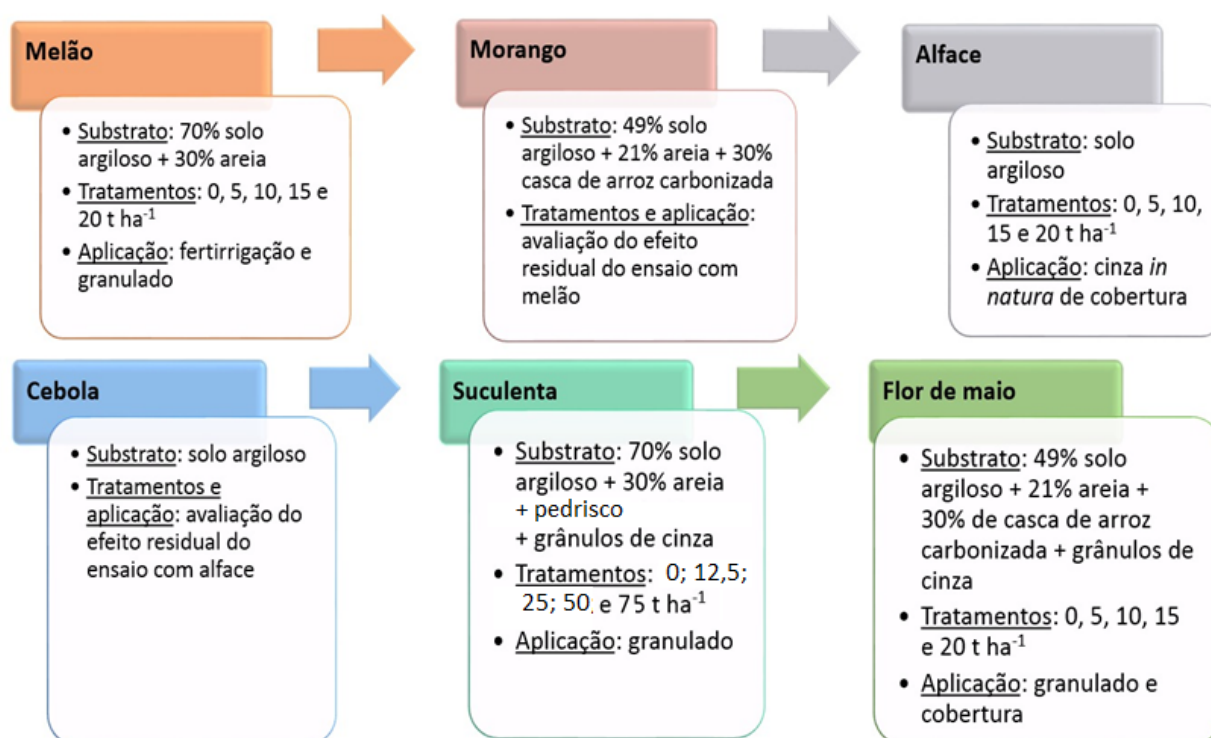
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Pesquisa do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), no município de Santa Tereza do Oeste, latitude 25° 05' 18,0" S e longitude 53° 34' 57,0" W, em condições de cultivo protegido.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Esta pesquisa foi realizada em seis etapas, a fim de melhor compreender o efeito que as cinzas, em diferentes formas de aplicação, proporcionam a algumas culturas hortícolas. Na Figura 1, é apresentado um esquema que sintetiza as etapas desta pesquisa, destacando cada cultura, substrato empregado e tratamentos avaliados.

Figura 1. Esquema das etapas realizadas em sequência nesta pesquisa, destacando a cultura, substrato, tratamentos e aplicações que foram avaliadas



Fonte: A autora (2024).

3.2.1 Solo, cinzas e granulação

Amostras de um Latossolo Vermelho Distroférrico, de textura muito argilosa, foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, secadas e peneiradas em malha de 4 mm e misturadas com areia, na proporção de 7:3 (solo/areia). Após a mistura, foram coletadas amostras para análises químicas, estas apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização química do solo coletado da área experimental, localizada em Santa Tereza do Oeste-PR

pH	MO	P	Al	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
H ₂ O	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----		cmol _c dm ⁻³	-----			%
5,4	36,27	83,70	0	3,97	0,51	4,01	1,12	15,8	36

P e K = Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ mol L⁻¹); Al, Ca, Mg = (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = acidez potencial (acetato de cálcio); T = CTC pH 7,0; V = Saturação por bases; MO = matéria orgânica (Walkley-Black).

Fonte: A autora (2024).

A caracterização química realizada no solo utilizado nos tratamentos foi conduzida conforme a metodologia descrita pela Embrapa (2009), sendo: pH-CaCl₂ medido eletroquimicamente por potenciômetro a partir da concentração efetiva de íons na solução do solo, por meio de eletrodo imerso em suspensão solo/água na proporção 1:2,5. O CaCl₂ do solo foi medido por potenciômetro imerso em solução solo/solução salina CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ na proporção 1:2,5. Al, Ca e Mg foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹. Al foi determinado por titulometria, e Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica. P e K foram extraídos com solução de H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ mais HCl 0,05 mol L⁻¹ (Mehlich-1), seguida da determinação das concentrações de P por colorimetria, e de K por fotometria de chama. O carbono orgânico foi determinado por titulação após oxirredução por via úmida.

A coleta da cinza de biomassa florestal foi realizada em silos de secagem de grãos nas proximidades do município de Santa Tereza do Oeste, em que o processo de combustão de toras de madeira é realizado em fornalha. A cinza de biomassa florestal foi considerada pura, por não haver misturas de resíduos de outros materiais que poderiam alterar seus componentes químicos. Os resíduos da fornalha, após a queima da biomassa florestal, foram peneirados em malha de 2 mm, para obtenção das cinzas para utilização nos ensaios. Foram realizadas análises para caracterização, cujos dados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores da caracterização química da cinza de biomassa florestal

Parâmetro	Resultado	Unidade
Umidade a 150°C	2,56	%
Boro	36,97	mg kg ⁻¹
Cálcio	92430,4	mg kg ⁻¹
Cobre	28,8	mg kg ⁻¹
Enxofre	3989,1	mg kg ⁻¹
Ferro	5927,3	mg kg ⁻¹
Fósforo	4310,2	mg kg ⁻¹
Magnésio	10897,1	mg kg ⁻¹
Manganês	2178,41	mg kg ⁻¹
Nitrogênio	1310,0	mg kg ⁻¹
Potássio	18972,6	mg kg ⁻¹
Zinco	43,69	mg kg ⁻¹
Alcalinidade	0,0128	Eq g ⁻¹
Valor Neutralizante	0,36	g CaO g ⁻¹

Equivalência em gramas de cinza (Eq g⁻¹); gramas de óxido de cálcio por gramas de cinza (g CaO g⁻¹).

Fonte: A autora (2024).

As cinzas foram analisadas seguindo métodos oficiais do Ministério da Agricultura do Brasil (1988). O poder de neutralização (PN) em relação ao CaCO₃ foi de 90,23%, a reatividade das partículas (ER) de 96,37%, o poder relativo de neutralização total (PRNT) de 86,95%, o teor de óxido de cálcio (CaO) de 37,38% e o de óxido de magnésio (MgO) de 3,65%.

O método da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (US-EPA) foi usado para a digestão de amostras das cinzas e determinação dos nutrientes. No procedimento, a digestão ocorre pelo método 3050B, com ácido nítrico sob alta temperatura e quantificação dos elementos (B, Ca, Cu, S, Fe, P, Mg, N, K e Zn) por plasma indutivamente acoplado (ICP).

Tabela 5. Caracterização química das cinzas de biomassa florestal utilizadas

Característica	Teores	Unidade
Umidade à 150 °C	2,56	%
Nitrogênio	1310,0	mg kg ⁻¹
Fósforo	4310,2	mg kg ⁻¹
Potássio	18972,6	mg kg ⁻¹
Cálcio	92430,4	mg kg ⁻¹
Magnésio	10897,1	mg kg ⁻¹
Enxofre	3989,1	mg kg ⁻¹
Boro	36,97	mg kg ⁻¹
Cobre	28,8	mg kg ⁻¹
Ferro	5927,3	mg kg ⁻¹
Manganês	2178,41	mg kg ⁻¹
Zinco	43,69	mg kg ⁻¹
Alcalinidade	0,0128	eq g cinza ⁻¹
Valor Neutralizante	0,36	g CaO ⁻¹ g cinza ⁻¹

Fonte: A autora (2024).

Para a granulação das cinzas, foi utilizado um pelletizador automático, modelo Engendrar®. Depois de prontos os grânulos, eles foram levados para estufa de circulação de ar a 65°C, para secagem durante 42 horas. Em seguida, foram classificados em peneiras de 4 mm para padronização. Para a fertirrigação, foram utilizadas as doses de cinza soltas peneiradas em peneiras de 2 mm.

3.3 CULTIVOS EXPERIMENTAIS

3.3.1 Melão e morango

No dia 05 de outubro de 2021 foi realizada semeadura das sementes de melão da cultivar Cantaloupe Rendilhado, em bandejas de isopor contendo 128 células preenchidas com substrato comercial. Aos 20 dias de germinação, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 12L, preenchidos com 10L de substrato solo:areia (7:3), sendo duas plantas por vaso. Os tratamentos avaliados foram 0, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹ de cinzas aplicadas via fertirrigação e granulação. Na Tabela 5 são apresentadas as quantidades de N, P, K, Ca e Mg aplicadas com as doses de cinzas fertirrigadas e granuladas.

Tabela 6. Quantidades de N, P, K, Ca, Mg fornecidos pelas doses de cinzas aplicadas

Dose de cinzas t ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	6,5	21,5	94,5	462,0	54,5
10	13,0	43,0	189,0	924,0	109,0
15	19,5	64,5	283,5	1386,0	163,5
20	26,0	86,0	378,0	1848,0	218,0

Fonte: A autora (2024).

As unidades experimentais foram dispostas em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. No tratamento fertirrigado, as cinzas foram peneiradas em peneira de 2 mm.

Aos 22 dias depois de transplantadas, as plantas receberam metade das doses de cinzas fertirrigadas e granuladas, aplicadas ao redor das plantas. Aos 90 dias após o transplântio, foi realizada a segunda adubação com a outra metade das doses de ambos os modos de aplicação.

Durante a condução do experimento, alguns tratos culturais foram realizados para o bom desenvolvimento das plantas, a saber: aplicação de inseticida de princípio ativo imidacloprido, para controle de pragas, e do fungicida de princípio ativo tebuconazol, para controle de oídio; em ambos os casos, seguiram-se as recomendações dos fabricantes. Também houve a aplicação de 17 g L⁻¹ de ureia (45 % de N), dissolvida em água destilada, aplicando-se 100 mL vaso⁻¹. Esta prática foi realizada devido ao fato de que as cinzas de biomassa florestal possuem baixos teores de nitrogênio.

Ao longo do período de crescimento das plantas, foram realizadas desbrotas até o nono nó, e o tutoramento seguiu até as plantas atingirem um metro e meio de comprimento. Posteriormente, foi realizada a poda apical. À medida em que as flores masculinas e femininas foram surgindo, foram realizadas polinizações manuais, seguindo as análises de acordo com a metodologia descrita por Costa *et al.* (2000).

O ponto de colheita adotado foi quando os frutos apresentaram mudança de coloração da casca, de verde escuro para verde claro, com inicial formação da camada de abscisão na base do pedúnculo. Foi avaliada a produção de massa fresca de frutos (g fruto⁻¹).

3.3.2 Morango

A cultivar de morango San Andreas foi escolhida para a realização do experimento com a adubação de cinza de biomassa florestal, devido a suas características fisiológicas e fitossanitárias. As mudas de morangos da cultivar San Andreas, originária da Espanha, foram adquiridas de um produtor de morangos da região de Cascavel-PR.

No experimento, foram utilizados os mesmos vasos com o substrato do ensaio do melão (aplicação de doses de cinza equivalentes a 0, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹ mediante a aplicação de modo fertirrigação e granulação), possibilitando a avaliação do residual da cinza utilizada, acrescentando-se somente, em cada vaso, mais 30 % de casca de arroz carbonizada, para que houvesse melhor drenagem. As unidades experimentais foram dispostas, seguindo delineamento de blocos casualizados com quatro repetições.

No dia 18 de março de 2022 foi iniciado o ensaio do morango nos mesmos moldes do ensaio do melão. Depois de transplantadas, as mudas começaram a emitir as primeiras flores após 20 dias. Nesta primeira avaliação, optou-se por fazer a avaliação no primeiro ciclo, examinando o efeito residual da cinza de biomassa florestal que sobrou depois do ensaio do melão.

Foi utilizado nitrato de cálcio na dose de 1 g L⁻¹, devido às cinzas não conterem nitrogênio. Esta aplicação aconteceu em todas as plantas, na frequência de uma vez por semana, sendo disponibilizados 50 mL durante todo o experimento. Nas testemunhas, além do nitrato de cálcio na dose de 1 g L⁻¹, foi acrescentado fosfato monopotássico, na dose de 3 g L⁻¹, ambos com 50 mL de cada solução em cada planta, seguindo as recomendações agronômicas da EMATER-DF (2019). O controle fitossanitário na cultura do morango foi realizado por meio de pulverização com solução de óleo de Neem, quando necessário, seguindo as recomendações do fabricante.

Na avaliação dos ensaios CF (cinza em fertirrigação) e CG (cinza em grânulos) foram destacados o segundo ciclo e o residual da cinza fertirrigada e granulada. Este fator foi priorizado, pois não houve números suficientes de coroas no primeiro ciclo. No primeiro ciclo, foi considerada somente a produção da parte vegetativa do morango.

As análises do morango aconteceram de acordo com a metodologia descrita por Antunes, Júnior e Schwenberger (2016), em que foi avaliada a produtividade. Este processo aconteceu paulatinamente, conforme os frutos alcançavam o ponto de colheita, que foram estabelecidos em 70 % do fruto vermelho, o que indica que já estaria pronto para o consumo. Então, os frutos foram pesados, durante todo o período de produção para determinação da produção de massa fresca de frutos por planta (g planta^{-1}).

3.3.3 Alface e cebola

O experimento da alface (*Lactuca sativa L.*) teve início com as sementes peletizadas da cultivar de alface Elisa, dispostas em bandeja de isopor com 128 células preenchidas com substrato comercial. Depois de trinta dias, as plântulas foram transplantadas para vasos contendo 3 kg de solo. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com cinco doses de cinzas soltas (pó) de 0, 5, 10, 15 e 20 t ha^{-1} , usada como cobertura com quatro repetições. O solo utilizado foi de textura argilosa, coletado na profundidade de 0 a 20, com análise química e física apresentadas na Tabela 3.

O ensaio de alface foi conduzido no decorrer de dois meses, totalizando sessenta e três dias. Ao final deste tempo, foram retiradas as partes aéreas, posteriormente, acondicionadas em embalagens de papel devidamente identificadas e alocadas em estufa de circulação de ar a 65 graus por 24 horas. Na sequência, foi determinada a produção de massa seca da parte aérea das plantas.

O ensaio com a cultura da cebola foi desenvolvido nas mesmas unidades experimentais do cultivo da alface, avaliando-se o efeito residual das doses das cinzas.

As mudas de cebola (*Allium cepa L.*) da cultivar Morada foram obtidas após a semeadura em bandejas de isopor, com 128 células preenchidas com substrato comercial. Foram mantidas em casa de vegetação, para que houvesse a germinação e obtivessem tamanho de, aproximadamente, 10 cm, o que aconteceu após 30 dias da germinação. Em seguida, foram transplantadas para os vasos utilizados na cultura da alface, com o residual dos tratamentos da cinza solta como cobertura. Após 180 dias, foram realizadas a colheita e a avaliação da produção de massa fresca dos bulbos.

3.3.4 Rosa-de-pedra (*Echeveria Elegans* Rose)

Este ensaio foi realizado com doses de cinza granulada correspondentes a 0; 5,0; 10,0; 15,0 e 20 t ha⁻¹, com quatro repetições, em delineamento de blocos casualizados. Os grânulos de cinza foram misturados em substrato contendo 50 % de solo (Tabela 1), 30 % de areia e 20 % de pedrisco. A mistura foi adicionada a vasos de 0,5 kg.

As mudas foram produzidas através das folhas de um exemplar adquirido em viveiro, as quais foram alocadas superficialmente em bandeja de isopor com 128 células, com substrato comercial, e mantidas em ambiente seco até que fossem desenvolvidas as mudas. Estas foram transplantadas quando adquiriram um padrão homogêneo para o ensaio.

O ensaio foi realizado em estufa com estrutura metálica, coberta de polietileno, com proteção de sombrite prata, que bloqueia os raios UV, mas ainda mantendo a luminosidade.

Ao final do ensaio, foi avaliada a determinação da produção de massa seca da parte aérea das plantas, após secagem em estufa de circulação de ar por 48 h, seguida de pesagem em balança de precisão.

3.3.5 Flor-de-maio (*Schlumbergera truncata* (Haw) Moran)

O experimento da flor-de-maio (*Schlumbergera truncata* (Haw) Moran) iniciou-se com o plantio dos filocládios retirados de matrizeiros em bandejas de isopor com 128 células, contendo substrato comercial. Essas mudas foram mantidas nas bandejas por um período de oito meses, para, depois, serem transplantadas para os vasos definitivos do experimento, já no fim de fevereiro de 2022. Neste momento, foi contado o número de filocládios iniciais. O substrato utilizado no experimento foi uma mistura de solo de textura argilosa + areia, conforme especificado na Tabela 3, junto a uma proporção de casca de arroz carbonizada. O experimento da flor-de-maio (*Schlumbergera Truncata* (Haw) Moran) foi conduzido durante todo ano de 2022, com a realização de tratos culturais, como retirada de ervas daninhas, irrigação e, eventualmente, aplicação de ureia, quando se fazia necessário.

O substrato utilizado foi composto por 49% de solo argiloso, 21% de areia e 30% de casca de arroz carbonizada.

Os tratamentos avaliados foram 0, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹ de cinzas aplicadas via fertirrigação ou granuladas. Na Tabela 5 são apresentadas as quantidades de N, P, K, Ca e Mg aplicadas com as doses de cinzas fertirrigadas e granuladas. Aos 22 dias depois de transplantadas, as plantas receberam metade das doses de cinzas fertirrigadas ou granuladas, aplicadas ao redor das plantas. Aos 90 dias após o transplântio, foi realizada a segunda adubação, com a outra metade das doses de ambos os modos de aplicação.

As avaliações da flor-de-maio ocorreram no mês de maio de 2023, período em que, naturalmente, inicia a florada desta espécie. Em sequência, foram avaliados o acréscimo de filocládios ao longo do período e o número de flores por planta.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

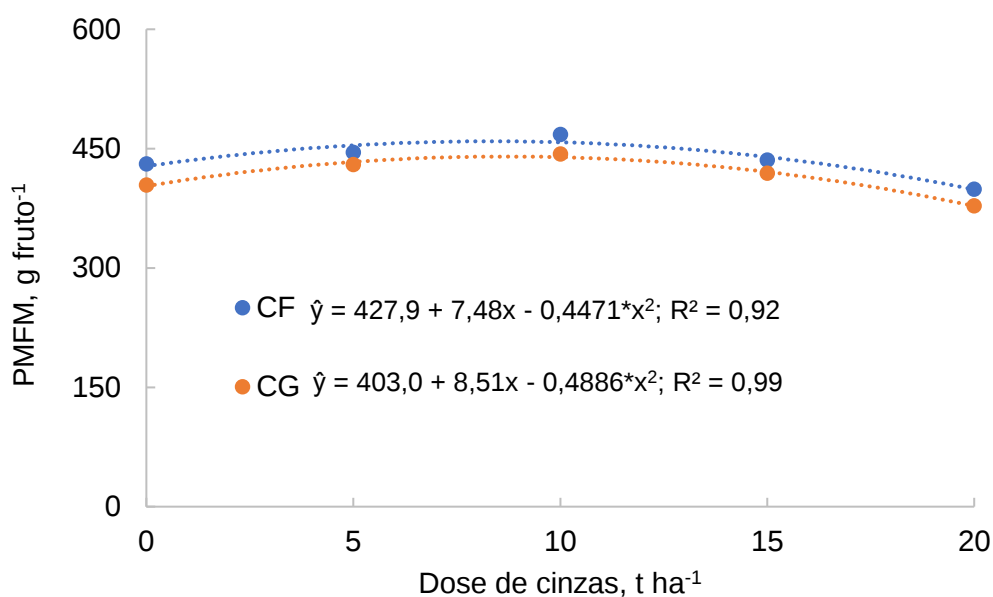
Todos os ensaios foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso (DBC), e os resultados obtidos submetidos à análise de variância e regressão. Foram escolhidas equações de melhor ajuste, de acordo com a significância dos coeficientes, erro padrão e coeficiente de determinação (R^2). A significância do modelo foi testada pelo teste F, e a significância dos coeficientes pelo teste T (Soares *et al.*, 2020). Foi utilizado o programa Estatística para as análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ENSAIOS COM A CULTURA DO MELÃO

Houve efeito quadrático positivo das doses de cinzas ($p < 0,05$), tanto as aplicadas via fertirrigação quanto as granuladas, na produção de matéria fresca dos melões (frutos) (Figura 2).

Figura 2. Produção de matéria fresca de frutos de melão em função da aplicação de doses de cinzas aplicadas via fertirrigação (CF) e cinzas granuladas (CG). Santa Tereza do Oeste - PR, 2024



Fonte: A autora (2024).

As matérias frescas máximas dos frutos de melão atingidas foram de 436,2 e 418,0 g fruto⁻¹, respectivamente, para as cinzas aplicadas via fertirrigação e as cinzas granuladas. De posse dessa máxima produção, foram calculadas as doses de máxima eficiência econômica, que correspondem à dose que provoca 95% da produção máxima. Assim, as doses de máxima eficiência econômica foram de 1,2 e 2,1 t ha⁻¹ de cinzas fertirrigadas e granuladas, respectivamente. Doses acima de 10 t ha⁻¹ de ambas as formas de apresentação e aplicação das cinzas provocaram queda na matéria fresca dos melões. Baretta *et al.* (2015), ao conduzirem ensaio com cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), observaram que a aplicação de cinza vegetal, em substituição à adubação convencional, foi viável para as variáveis índice de clorofila,

diâmetro do colmo, comprimento da raiz e produção de matéria seca da parte aérea e raízes. Os autores verificaram que a dose de $1,2 \text{ t ha}^{-1}$ foi a que apresentou maiores valores.

As cinzas provocam aumento na produtividade pelo fornecimento de nutrientes e pelo efeito corretivo da acidez do solo. Jansone *et al.* (2020) ressaltam que a cinza é um corretivo e fertilizante com efeito de longo prazo, sobretudo com liberação de P e K no primeiro ano após a aplicação. Silva (2021) verificou que as cinzas de biomassa florestal proporcionaram correção da acidez do solo e aumento nos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês e zinco no solo.

Piva *et al.* (2014) testaram a aplicação de cinza vegetal e esterco bovino em videiras cv. Bordo, avaliaram-nas ao longo de dois anos e obtiveram bons resultados, entre eles, 106 a 167% de rendimento na produtividade, constatando que as videiras responderam positivamente à adubação com esses materiais. Sbruzzi (2017) comprovam que doses crescentes de cinzas de biomassa florestal favorecem a produtividade de grãos, obtendo valores de $8,86 \text{ g/planta}^{-1}$ com dose de $12,78 \text{ t ha}^{-1}$.

Silva *et al.* (2014) realizaram estudos com combinações de doses de nitrogênio e potássio e observaram que doses inferiores produziram frutos de melões que não atenderam às exigências comerciais, porém o peso mínimo de 500g foi alcançado em todos os tratamentos, o que não ocorreu no presente trabalho. Talvez, os menores valores de massa fresca dos melões devam-se às condições ambientais não favoráveis para a cultura do melão do cultivar Cantaloupe. As temperaturas durante a condução dos experimentos foram elevadas, o que prejudica o desenvolvimento dos frutos. Além disso, em consequência de altas temperaturas e umidade, observou-se a ocorrência de pragas e doenças fúngicas. Guimarães *et al.* (2020) observaram que o aparecimento de doenças no cultivo protegido é mais severo do que em cultivos a campo.

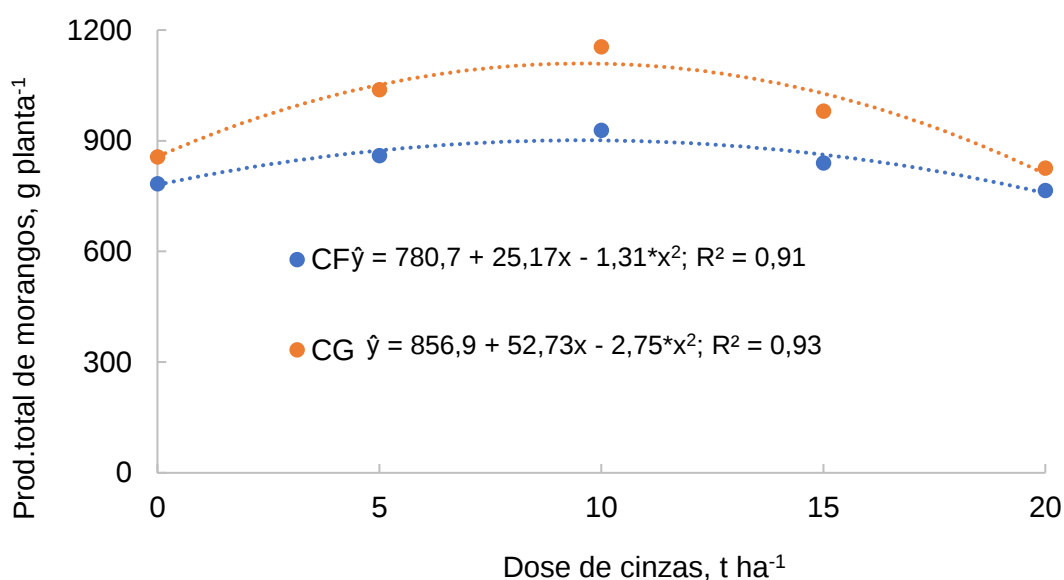
4.2 ENSAIOS COM A CULTURA DO MORANGO

Na Figura 3 são apresentados os valores da produção total de morangos por planta, somando-se a produção do segundo ciclo com a produção residual. No experimento conduzido com a cultura do morango foi avaliado o efeito residual das doses de cinzas aplicadas na cultura do melão. Houve efeito quadrático positivo das

doses residuais de cinzas ($p < 0,05$), tanto aplicadas via fertirrigação quanto granuladas, na produção de morangos por planta (Figura 3).

As produções de morangos por planta máximas atingidas foram de 901,6 e 1109,7g planta⁻¹, respectivamente, para as cinzas aplicadas via fertirrigação e cinzas granuladas. Foram calculadas as doses de máxima eficiência econômica (dose necessária para obter 95% da máxima eficiência física), que foram de 3,7 e 5,1 t ha⁻¹ de cinzas fertirrigadas e granuladas, respectivamente. Observa-se que as doses para o efeito residual foram maiores que as doses iniciais aplicadas para a cultura do melão.

Figura 3. Produção de morangos em função do efeito residual da aplicação de doses de cinzas aplicadas via fertirrigação (CF) e cinzas granuladas (CG). Santa Tereza do Oeste - PR, 2024



Fonte: A autora (2024).

Apesar da cultura da variedade de morango San Andreas ser considerada indiferente ao fotoperíodo, houve interferência deste fator em seu desenvolvimento, ocorrendo processo vegetativo no período do outono/inverno. Portanto, houve maior índice de produtividade a partir do mês de agosto, o qual seguiu até o mês de dezembro do ano de 2022.

Bonfim-Silva *et al.* (2015) observaram que doses de cinzas de madeira aumentaram a produtividade de rabanete e observaram incremento no índice indireto de clorofila, número de folhas e diâmetro da raiz. Concluíram que a cinza vegetal pode

ser utilizada como corretivo e fertilizante no cultivo de rabanete em Latossolo Vermelho de Cerrado.

O ciclo do morango é relativamente longo, e os fertilizantes de liberação lenta se tornam uma forma adequada para a nutrição desta planta (Antunes; Júnior; Schewnberger, 2016). As cinzas em grânulos favoreceram a liberação lenta dos nutrientes para as plantas, sendo este fato corroborado por resultados semelhantes descritos por outros autores em relação à solubilização lenta da cinza em forma de grânulos (NMI, 2018; Nieminen, 2011).

Jansone *et al.* (2020) realizaram cálculos de doses de cinzas de madeira com médias de 5 a 10 t ha⁻¹ e consideraram que a cinza duraria, em média, cinco anos no solo, enquanto as doses mais elevadas, de 15 a 20 t ha⁻¹, durariam dez anos. Também considerou que, após a fertilização com cinzas, o teor de potássio aumentou de duas a seis vezes, se comparado com a testemunha. Além disso, houve aumento no teor de fósforo e efeito significativo na altura e no diâmetro de abetos. Portanto, Jansone *et al.* (2020) consideraram que a fertilização com cinzas pode prolongar o teor de P e K e ser uma opção aceitável e sustentável, contudo, sua aplicação seria mais eficiente um ano antes do plantio das mudas desta conífera, com doses médias, evitando-se doses elevadas.

Segundo Cyna *et al.* (2021), que estudaram a cultura do tomate fertilizada com combinações com cinza e diferentes compostos, verificaram que o biofertilizante com 70% de cinza proporcionou o maior rendimento, com a dose de 400kg ha⁻¹, obtendo produtividade 6,5% superior à obtida com fertilizante mineral. Os autores salientaram que fertilizantes à base de cinzas de biomassa vegetal podem substituir os de base mineral, desde que sejam respeitadas as doses e que o solo tenha boa fertilidade.

As cinzas são um produto muito variável, dependendo dos parâmetros de sua produção, e o pH elevado da cinza faz com que ela seja um bom agente para correção do solo. Além disso, concentra nutrientes e pode ser considerada como fertilizante (Bastien, 2020). Dede e Ozer, (2018) constataram, em seu experimento, que a proporção de potássio nas cinzas de biomassa utilizada foi de 5,83%, duas vezes maior que no esterco de aves. Contudo, o aumento das cinzas diminuiu significativamente a umidade do esterco de aves e, por consequência, houve a diminuição do odor, o que proporcionou grande benefício às características adversas do esterco de aves.

Fonseca e Hanisch (2018) relataram, em seus estudos com cobertura verde, que não houve efeito da cinza sobre os valores do pH e nos teores de Ca e Mg, porém ressaltam que estes resultados já eram esperados, uma vez que as definições das doses não tinham foco na correção do solo. O uso de cinza de biomassa é justificado pelo incremento de fósforo e potássio no solo em sistemas agroecológicos com custos mais acessível de nutrientes.

Costa *et al.* (2019) observaram, em seus estudos com cinza vegetal, que, após vinte dias de incubação, esta apresentou respostas positivas, tanto com a aplicação calcário quanto com a cinza vegetal, promovendo correção da acidez do solo e bom desenvolvimento inicial da cultura do feijão Caupi *Vigna unguiculata*.

Hanisch e Fonseca (2013) avaliaram o efeito da cinza de biomassa durante dois anos em pastagem de *Hermarthria altíssima* cv. Florida em solo ácido e observaram efeito positivo, considerando que a cinza na dose de 10 t ha⁻¹ apresentou potencial como fertilizante, com aumento dos teores de P, K, Ca e saturação por base no solo considerada eficaz no aumento do pH em um Latossolo muito ácido.

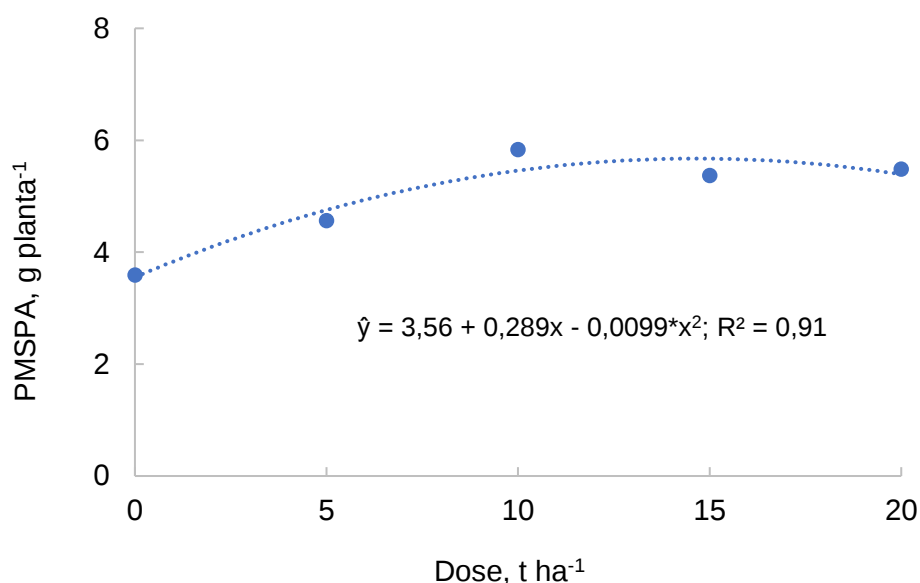
4.3 ENSAIO COM A CULTURA DA ALFACE

Verificou-se efeito quadrático positivo das doses de cinzas solta como cobertura ($p < 0,05$) aplicadas na superfície na produção de matéria seca da parte aérea da cultura da alface (Figura 4).

A máxima produção de matéria seca da parte aérea de alface atingida foi de 5,66 g planta⁻¹, obtida com a dose de 14,6 t ha⁻¹ de cinzas de biomassa florestal. Já a dose de máxima eficiência econômica foi de 9,0 t ha⁻¹, produzindo 5,38 g planta⁻¹ de matéria seca da parte aérea das plantas.

Souza *et al.* (2013) realizaram ensaio com alface (*Lactuca sativa*) fertilizada com cinzas de caldeira e observaram que houve diferença entre os tratamentos, com a dose de 12,4 t ha⁻¹ atingindo produtividade máxima de matéria seca da parte aérea de 9,91g planta⁻¹. Foi explicado o ganho em produtividade devido à grande quantidade de Ca e Mg contidos nas cinzas, que elevaram os teores desses e de outros nutrientes, como P e K, além de elevar o pH do solo em níveis ideais para a cultura.

Figura 4. Produção de matéria seca da parte aérea de alface em função da aplicação de doses de cinzas aplicada em cobertura (pó). Santa Tereza do Oeste – PR, 2024



Fonte: A autora (2024).

Hanudin *et al.* (2021) avaliaram a aplicação de cinzas de casca de vegetais, esterco e cinzas de madeira na cultura da mostarda (*Brassica Juncea*), uma folhosa como a alface. Os autores relataram que os teores dos cátions K, Ca, Mg e Na sofreram aumento maior com a mistura de cinzas de madeira e esterco bovino, e ressaltaram que o sódio (Na) não é um elemento essencial e que sua presença pode afetar as propriedades físicas e químicas no solo com interferência no metabolismo das plantas, devido ao aumento da pressão osmótica celular, quando em níveis elevados.

4.4 ENSAIO COM A CULTURA DA CEBOLA

Deve-se salientar que o ensaio com a cultura da cebola foi conduzido com intenção de avaliar o efeito residual das doses de cinzas em pó aplicadas no experimento da cultura da alface.

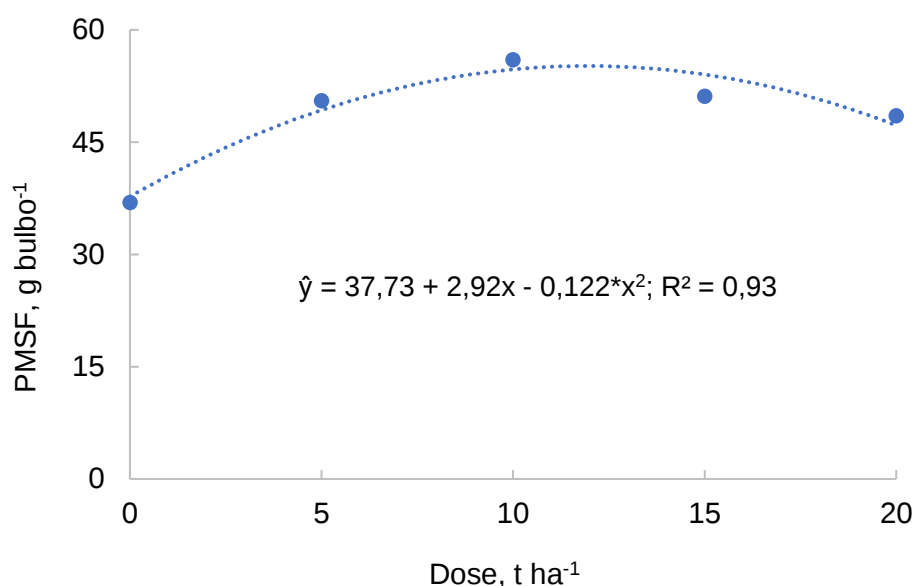
Na Figura 5 são apresentados os valores da produção de matéria fresca dos bulbos de cebola. Houve efeito quadrático positivo das doses de cinzas ($p < 0,05$).

A máxima produção de matéria fresca de bulbos de cebola atingida foi de 55,18 g planta⁻¹, atingida com a dose de 11,9 t ha⁻¹ de cinzas granuladas. Foi calculada a

dose de máxima eficiência econômica (dose necessária para obter 95% da máxima eficiência física), que foi de 7,2 t ha⁻¹ de cinzas em seu efeito residual.

Szpunar-Krok *et al.* (2022) avaliaram o rendimento e a qualidade de tubérculos de batatas em dois tipos de solo adubados com doses de cinza de biomassa florestal ao longo de três anos. Verificaram efeito significativo em comparação ao fertilizante mineral. Nas doses de 8,1 e 8,4 t ha⁻¹ obtiveram maior produtividade. Também houve efeito significativo na morfologia dos tubérculos, mostrando-se tolerantes aos danos mecânicos. Também houve efeitos positivos nas dimensões dos tubérculos, independentemente do tipo de solo. Por fim, os autores indicaram a possibilidade da aplicação de cinzas de biomassa florestal para o cultivo de batatas em substituição aos fertilizantes minerais.

Figura 5. Produção de matéria fresca de bulbos de cebola em função da aplicação de doses de cinzas aplicada em cobertura (pó). Efeito residual. Santa Tereza do Oeste – PR, 2024



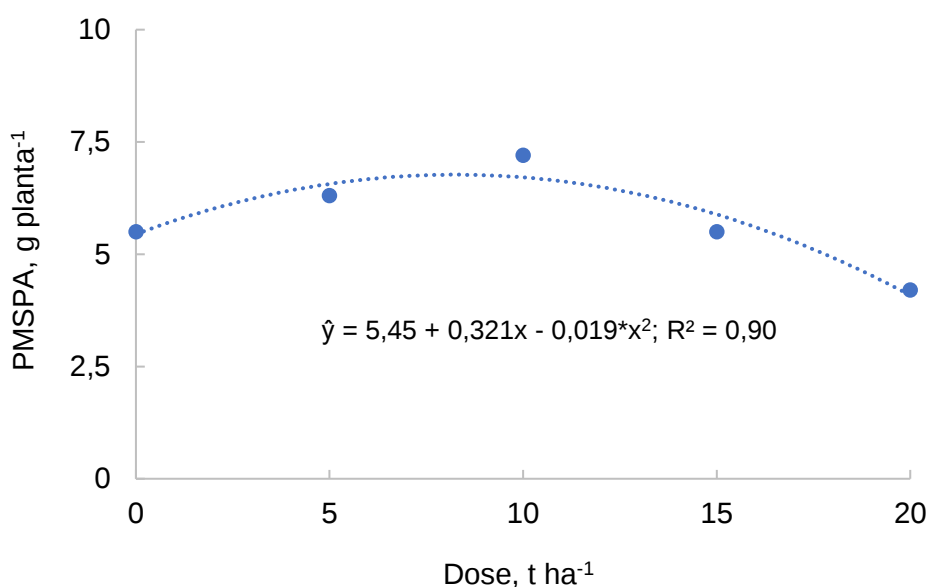
Fonte: A autora (2024).

An e Park (2021) relatam que dose de cinzas de madeira de 20 t ha⁻¹ provocou efeitos negativos na produção de mudas de *Zelkova Serrata*, podendo ser atribuídos à alcalinização em excesso no solo, o que pode ter ocorrido no presente trabalho para todas as culturas avaliadas. Deve-se ressaltar que houve efeito residual das doses de cinzas aplicadas na cultura da alface, pois o efeito positivo também foi verificado na cultura da cebola.

4.5 ENSAIO COM A CULTURA DA ROSA-DE-PEDRA

Verificou-se efeito quadrático positivo das doses de cinzas ($p < 0,05$) granuladas misturadas ao substrato de produção da rosa-de-pedra na produção de matéria seca da parte aérea das plantas (Figura 6).

Figura 6. Produção de matéria seca da parte aérea de rosa-de-pedra em função da aplicação de doses de cinzas aplicadas granuladas. Santa Tereza do Oeste – PR, 2024



Fonte: A autora (2024).

A produção máxima de matéria seca da parte aérea (6,77g planta⁻¹) foi obtida com dose de 8,3 t ha⁻¹ de cinzas. A dose de máxima eficiência econômica, que corresponde à dose que provoca 95% da produção máxima (6,43 g planta⁻¹), foi de 4,0 t ha⁻¹ de cinzas. Isso mostra que as cinzas, em doses adequadas, podem melhorar o desenvolvimento e a estrutura das rosetas da rosa-de-pedra, tornando-as mais compactas e firmes, contribuindo para a valorização comercial da planta.

Ciesielczuk *et al.* (2017) avaliaram um fertilizante experimental granulado à base de cinzas de biomassa florestal, borra de café e restos de folhas e flores de catinga-de-mulata (*Tanacetum vulgare*) e destacaram que, além da liberação lenta dos nutrientes, este fertilizante ajuda a promover boas práticas de agricultura sustentável.

Lessa (2006) relatou que plantas de kalanchoe (*Kalanchoe luciae*) cultivadas em substrato adubado com carvão triturado apresentaram maior quantidade de folhas, corroborando com resultados de Cristini (2016), que observou que o uso do carvão proporcionou melhora das variáveis altura de planta, número de folhas e diâmetro de plantas, relatando que, mesmo que não fosse necessária a adubação, o carvão proporcionou melhor desenvolvimento no cultivo de *Kalanchoe luciae*.

A presença de fertilizantes de liberação lenta, como o caso das cinzas, influenciou positivamente o desenvolvimento de mudas de bracinga, com resultados satisfatórios nos menores níveis de salinidade, pois o efeito osmótico excessivo pode ocasionar adversidades para as plantas, conforme Avrella *et al.* (2019).

Meneghetti (2022) avaliou cinco manejos de adubação (cinza vegetal incubada, cinza vegetal não incubada, organomineral (50% adubo mineral e 50% cinza vegetal), adubação mineral e uma testemunha sem adubação) e dois níveis de calagem (com calagem e sem calagem) na cultura do crisântemo. Constatou que as cinzas reduziram a dependência da calagem e da adubação mineral para a cultura e que as cinzas são um adubo alternativo para o cultivo de crisântemo de vaso, assim como no caso da rosa-de-pedra.

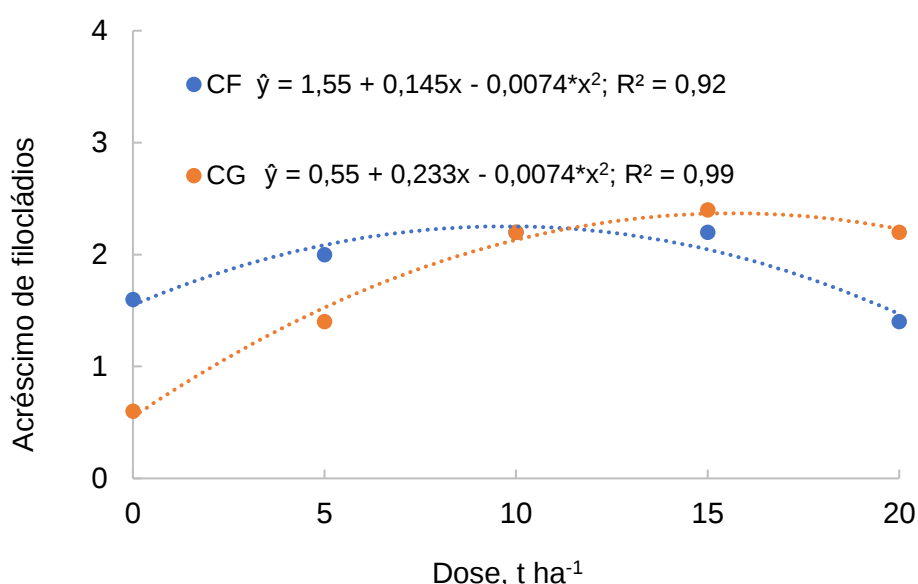
Klein (2015) salientou que substratos alternativos podem ser preparados com resíduos da região onde será utilizado, como rejeitos da indústria, da agricultura e da pecuária, dentre outros com grande potencial para essa função. Apesar da utilização das cinzas de biomassa florestal estar sendo uma alternativa para adubação, vale ressaltar que ela pode ser incorporada a substratos para enriquecimento com nutrientes. Almeida *et al.* (2016) verificaram que um substrato formado por areia mais húmus proporcionou melhor desenvolvimento de raízes e parte aérea da rosa-de-pedra. Considerando que o presente ensaio foi conduzido com substrato à base de areia, solo, pedrisco e cinzas granuladas, e que houve considerável efeito positivo sobre as plantas, deve-se considerar a adição de cinzas de biomassa florestal ao substrato de cultivo dessa suculenta.

4.6 ENSAIOS COM A CULTURA DA FLOR-DE-MAIO

Observando-se o comportamento da flor-de-maio, verificou-se acréscimo em número de filocládios desenvolvidos da primeira para a segunda florada, no período de um ano, tanto com a utilização das cinzas fertirrigadas quanto com as cinzas

granuladas. Houve efeito quadrático positivo das doses de cinzas aplicadas em fertirrigação e granuladas também ($p < 0,05$) (Figura 7). A fertirrigação proporcionou efeitos maiores com as menores doses, e efeitos negativos com as doses mais elevadas. No caso das cinzas granuladas, de liberação mais lenta, o efeito negativo não foi verificado.

Figura 7. Acréscimo de filocládios em plantas de flor-de-maio em função da aplicação de doses de cinzas aplicadas via fertirrigação (CF) e cinzas granuladas (CG). Santa Tereza do Oeste – PR, 2024

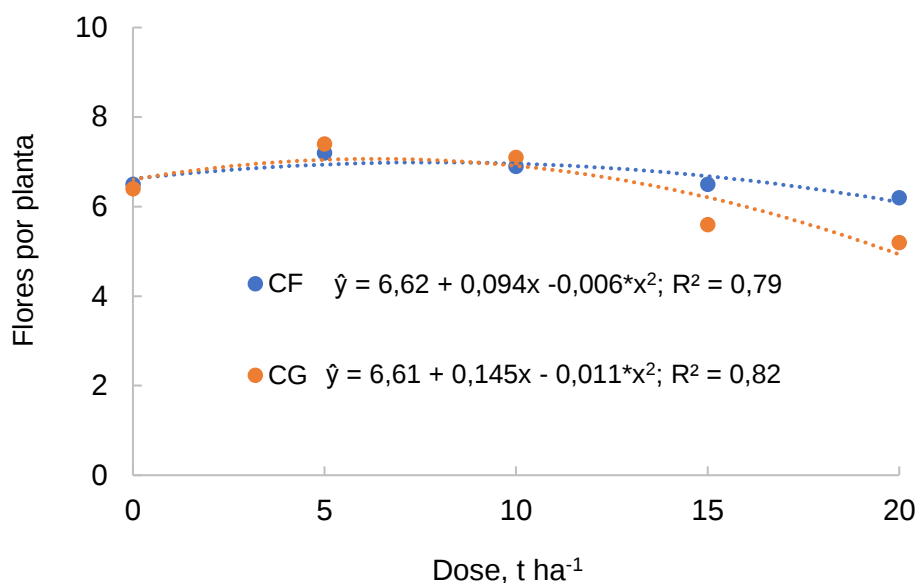


Fonte: A autora (2024).

Na Figura 8 são apresentados os valores da produção de flores por planta de flor-de-maio. Houve efeito quadrático positivo das doses de cinzas de biomassa florestal ($p < 0,05$), tanto aplicadas via fertirrigação quanto granuladas.

As produções de flores por planta máximas atingidas foram de 7,0 e 7,1 flores por planta, respectivamente, para as cinzas aplicadas via fertirrigação e para as cinzas granuladas. Foram calculadas as doses de máxima eficiência econômica (dose necessária para obter 95% da máxima eficiência física), que foram de 9,0 e 7,2 t ha⁻¹ de cinzas fertirrigadas e granuladas, respectivamente.

Figura 8. Número de flores por planta de flor de maio em função da aplicação de doses de cinzas aplicadas via fertirrigação (CF) e cinzas granuladas (CG). Santa Tereza do Oeste – PR, 2024



Fonte: A autora (2024).

As doses de cinzas podem ter influenciado positivamente a diminuição de abortamento dos botões florais e estimulado a floração, podendo potencializar a comercialização destas planta ornaentais. Porém a forma da aplicação dessa cinza exige alguns critérios, seja na forma de cobertura, fertirrigada ou granulada, bem como das doses que serão recomendadas, que podem interferir diretamente nas características e na produção das plantas ornamentais, como observado. Budzen *et al.* (2023) enfatizaram que a aplicação de cinzas de biomassa florestal pode ser eficaz como substituição dos fertilizantes minerais.

Pereira *et al.* (2016) avaliaram doses de cinzas de madeira e níveis de umidade no solo e ressaltam que as melhores quantias para comprimento de haste e número de flores variaram entre doses de 8 a 12 g dm⁻³, que correspondem a 16 a 24kg ha⁻¹. Os pesquisadores concluíram que as cinzas podem ser utilizadas como corretivo e fertilizante na produção de gladiolo em ambiente protegido. Bär (2017), ao estudar o cultivo de gérberas com doses de cinzas vegetais, relatou que a capacidade hídrica melhorou e a adubação com as cinzas elevou a qualidade das plantas de gérbera.

O uso de cinza de biomassa florestal granulada nas doses referidas contribuiu para a permanência do florescimento da flor-de-maio, mantendo sua produtividade.

As flores-de-maio são plantas da família das cactáceas, que, por sua vez, demoram para absorver os nutrientes. Albuquerque *et al.* (2014) avaliaram a cultivar de girassol *Helianthus annuus* L., com adição de biocarvão de palha de trigo e cavacos de madeira de pinheiros. Em altas taxas desses resíduos, os autores observaram que a densidade do solo diminuiu, e aumentou a capacidade de campo, impactando positivamente o crescimento das plantas e a economia de água. A adição de biocarvão em grande quantidade de cinzas aumentou significativamente a variável biomassa seca e aumentou a alocação de biomassa foliar. O potencial da cinza de biomassa no aspecto da sua composição química deve ser considerado de modo individual e independente na divisão dos seus grupos, como resíduos florestais, agrícolas, industriais, plantas lenhosas, herbáceas, gramíneas e resíduos da indústria agroalimentar, conforme Zajac *et al.* (2018).

5 CONCLUSÃO

As cinzas de biomassa florestal provocaram aumento de produtividade em todas as culturas avaliadas, em todas as formas de aplicação.

Nas culturas em que houve avaliação do residual das cinzas aplicadas via fertirrigação, granuladas e em cobertura verificou-se efeito positivo no aumento de produtividade.

As doses recomendadas (máxima eficiência econômica) variaram de 1,2 a 9 t ha⁻¹ de cinzas, dependendo da cultura e da forma de aplicação, com média de 5,4 t ha⁻¹.

A cinzas de biomassa florestal apresentaram alto potencial para utilização como fertilizante e corretivo no cultivo de olerícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBURQUERQUE, A. J.; CALERO, M. J.; BARRON, V.; TORRENT, J.; CAPILLO, C. M.; GALLARDO, A.; VILLAR, R. Effects of biochars produced from different feedstocks on soil Properties and sunflower growth. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, n. 1, p. 16-25, 2014.
- ALEMANHA. **Düngemittelverordnung (DÜMV) - Portaria Alemã de fertilizantes**. Berlim: Diário da União, 2012.
- ALMEIDA, A. C.; PIRES, G. R.; SHINOZAKI, G. A.; SORACE, M. A. F.; COSSA, C. A. Propagação de *Echeveria Elegans* Rose em diferentes substratos. In: **1º Encontro Internacional de Ciências Agrárias e Tecnológicas Unesp Dracena**, 2016. Disponível em: <https://www.dracena.unesp.br>eventos>imast>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- ANTUNES, C. E. L.; JÚNIOR, R. C.; SCHWENGBER, E. J. **Morangueiro**. Brasília: EMBRAPA, 2016. 589 p.
- ANTUNES, M. C. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 168-173, 2014.
- ANTUNES, O.T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H.C.; NIENOW, A.A.; MARIANI, F.; WES, C. L. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegidos. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.4, p. 426-430, 2006.
- ANUÁRIO- HF, Morango. **Campo & Negócio**, 2021. 81 p.
- AN, Y. J.; PARK, B.B. Effects of wood ash and N fertilization on soil chemical properties and growth of *Zelkova serrata* across soil types. **Scientific Reports**, 2021
- AUGUSTO, L.; BAKKER, M. R.; MEREDIEU, C. Wood ash applications to temperate forest ecosystems: potential benefits and drawbacks. **Plant Soil**, v. 306, p. 181-198, 2008.
- AVRELLA, D. E.; EMER, A. A.; PAIM, P. L.; FIOR, S. C.; SCHAFER, G. Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa Scabrella* Benth. **Iheringia Série Botânica**, v. 74, n. 4, 2019.
- BACHMAIER, H.; KUPTZ, D.; HARTMANN, H. Wood ashes from grate-fired heat and power plants: Evaluation of nutrient and heavy metal contents. **Sustainability**, v. 13, n. 5484, 2021.
- BÄR, L. L. S. C. **Disponibilidade hídrica e cinza vegetal no cultivo de gérberras de vasos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2017.
- BARETTA, M. D. R. C.; OGLIARI, J. A.; KRAFT, E.; PADILHA, S. M.; TRENTA, A.; SOUSA, P. J. Avaliação da cinza vegetal como fertilizante na produção do feijão

(*Phaseolus vulgaris* L.). In: **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal, 2015.

BASTIEN, M. J. É. **Towards circular economy**: Wood ash management for biomass CHP plants in the UK. Dissertation (Master of Science Thesis) – KTH Royal Institute of Technology, Industrial Engineering and Management, Stockholm, 2020.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**. Brasília: LANARV, 104 p. 1988.

BEVILACQUA, R. C. E. H. **I. classificação de hortaliças**. 2013. Disponível em: https://www.cdn.ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2013/09/02manualhorta_1253891788.pdf. Acesso em: 20 ago. 23.

BGBI. Verordnung über das Inverehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (**Düngemittelverordnung- DüMV**): DüMV, 117 f. 2012.

BLISKA JÚNIOR, A.; FERRAZ, O. C. A. Método de identificação do grau de gestão nas atividades de produção de flores de corte. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 531-538, 2012.

BMLFUM. Verordnung des Bundesministers für Land-und Forstwirtschaft, Umwelt und Wassernitetteft, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngermittelgesetzes 1994 erlassen worden (**Düngemittelverordnung 2004**). Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 2021.

BOHRN, G.; STAMPFER, K. Untreated wood ash as a structural stabilizing material in forest roads. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 35, n. 1, p. 81-89, 2014.

BONETT, L. P.; OLIVEIRA, K.M.; KABAYASHI, G. H.; GINO, B. G.; MAGALHÕES, H. M.; CRUZ, R. M. S. Produtividade da alface cv. Isabela sob aplicação de fontes e doses de fertilizantes líquidos. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 4, p. 74-81, 2019.

BONFIM-SILVA, M. E.; CLÁUDIO, A. A.; RÊGO, M. V.; SILVÉRIO, T. A. Características produtivas do rabanete submetido a dose de cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer**, v. 11, n. 21, p. 421, 2015.

BUDZEN, M.; ZAJAC, G.; SUJAK, A.; BARGLOWICZ, S. J.; KAFARSKI. Cheical composition of *Lavatera thuringiaca* L. Biomass ash after pre-sowing stimulation of seeds with He-Ne laser light. **Scientific Reports**, v.13, n. 528, 2023.

CARVALHEIRO, D. B.; KLOSOWSKI, E. S.; HENEKEMEIER, N. P.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; VASCONCELOS, E. S.; CHIBIAQUI, E. Produção de alface de alface *Lactuca Sativa* L.cv. Vanda, cultivada sob diferentes ambientes e níveis de adubação orgânica. **Cultivando o Saber**, v. 8, n.1, p. 107-122, 2015.

CARVALHO, C. O. E.; LIMA, A. A.; SILVA JUNIOR, S. E. A.; CODOGNOTO, C. L.; DALSSASSO, P. A.; OLIVEIRA, F. S. L. J. D. Efeito de diferentes doses de compostos orgânicos e fertilizantes NPK no desenvolvimento e produtividade da cebola. **Conexões: Ciências e Tecnologia**, v. 11, n. 4, p. 18-25, 2017.

CASTRO, H. R. Horticultura e sua importância para agricultura no Brasil. In: **Agro 2.0**, 2019. Disponível em: agro20.com.br/horticultura/. Acesso em: 10 jun. 2022.

CASTRO, M. J. **Caracterização morfológica e divergência genética em acessos de meloeiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia Genética e Melhoramento de Plantas) – Unesp, Jaboticabal, 2015.

CELPA; AIMMP. **Associação de Indústria Papeleira e Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal**. 2004. Disponível em: <https://florestas.pt/valorizar/falta-de-madeira-em-portugal-aumentar-produividade-e-prioridade/>. Acesso em: 25 nov. 2022.

CENTRO DE FRUTOLOGIA COMPAL (COMPAL). **Morango** – Classificação Taxonômica. 2020. Disponível em: https://www.compal.pt/media/0mbbhmor/classificacao_compal_morango.pdf. Acesso em: 11 maio 2022.

CENTRO DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRIÇÃO. **Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge**. Disponível em: <https://www.insa.min-saude.pt/>. Acesso em: 12 maio 2022.

CIESIELCZUK, T.; POLUSZYNSKA, J.; ROSIK-DULEWSKA, C. Homemade slow-action fertilizers, as an economic solution for organic food production. **Journal of Ecological Engineering**, v. 18, n. 2, p. 78-85, 2017.

CYNA, P. K.; BARLÓG, P.; SPIZEWSKI, T.; GRZEBISZ, W. Bio-fertilizers based on digestate and biomass ash as an alternative to commercial fertilizers- the case of tomato. **Agronomy**, v. 11, p. 1716, 2021.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; FAIRBAIRN, E. M. R. Ultrafine sugar cane bagasse ash: high potential Pozzolana material for tropical products. **Fuel** **84**, p. 2048-2054. 2010.

COSTA, D. N. **A cultura da cebola**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-Semiárido, 2010. 116p.

COSTA, D. N.; DIAS, S. C. R.; FARIA, B. M. C.; TAVARES, H. C. C. S.; TERAPO, D. **Cultivo do melão** - Circular Técnica 59. Brasília: EMBRAPA Semi-Árido, 2000. 67p.

COSTA, N. F. **A cultura da cebola**. Brasília: EMBRAPA, 2012.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. S. F.; NAVES, D. C. F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 304-311, 2015.

COSTA, S. A. **Correção do solo com calcário e cinza vegetal no crescimento inicial do feijão caupi em latossolo vermelho**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

CRISTINI, M. **Graptosedum Francesco Baldi history, disffusion and cultivation of a mysterious hybr.** Disponível em: <https://xerofilia.ro/wp-content/uploads/2017/01/xerofilia-2016.12-19.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2024.

CUNHA, C. M. R. **Efeito do etanol, pulso de vácuo e/ou ultrassom coo pré-tratamento na secagem do melão. (Cucumis melo).** Dissertação (Mestrado em Nutrição). Universidade Federal de Pernambuco, 50 f. 2019.

DEDE, H. O.; OZER, H. Enrichment of poultry manure with biomass ash to produce organomineral fertiliser. **Environmental Engineering Research**, v. 23, n. 4, p. 449-455, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Florestas Energéticas Inovação para Sustentabilidade.** Plano Nacional de Agroenergia, 2011. 11 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>Floresta-energeticas>. Acesso em: 14 nov. 2022.

ENPLUS, Sistema de Certificação de Qualidade para Pellets de Madeira. European Biomass Assotiation, parte 3, 2015. Disponível em: www.anpeb.pt Acesso em: 17 nov. 2022.

ERNFORS, M.; SIKSTRÖM, U.; NILSSON, M.; KLEMEDTSSON, L. Effects of wood ash fertilization on forest floor greenhouse gas emissions end tree growth in nutrient poor drained peatland forest. **Science of theTotal Environment**, v. 408, n. 20, p. 4580-4590, 2010.

ESCOBAR, J. F. **A produção sustentável de biomassa florestal para energia no Brasil: O caso dos pellets de madeira.** Tese (Doutorado em Energia) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

EUROPEAN PARLIAMENT OF THE COUNCIL (EPC). **Regulation (EU) 2019/1009** of the European Parliament of the Council of 5 June 2019, laying down rules on the making available on the market of EU fertilizing products and amending Regulation (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulations (EC) No 2003/2003: European Commission. 2019.

FIGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3. ed. Belo Horizonte: UFV, 2007. 421 p.

FINLÂNDIA. Ministry of Agriculture and florestry of Finland. **Decree of the Ministry of Agriculture and Forestry on Fertiliser Products.** 2011. Disponível em: https://mmm.fi/documents/1410837/2061117/MMMa_24_2011_lannoitevalmisteasetu_s_EN.pdf/c49d5007-0b00-431e-b5ca-53ecdf236c3a/MMMa_24_2011_lannoitevalmisteasetus_EN.pdf. Acesso em: 20 fev. 2025.

FONSECA, A. J.; HANISCH, L. A. Cinza de biomassa é um produto eficiente para o uso em Sistema de produção de cereais em base agroecológica? **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 454-461, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAOSTAT Production crops.** 2020. Disponível em: <https://www.fao.org>brasil>. Acesso em: 15 mar. 2022.

FRANÇA, X. S. L.; SOUZA, A. J.; BAPTISTA, S. R.; BRITO, S. R. V. Medicina popular: benefícios e malefícios das plantas medicinais. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 61, n. 22, p. 201-20, 2007.

FRANCO, O. E.; LIMA, M. S. C.; NENNING, R. C. Crescimento e desenvolvimento de morangueiro San Andreas em diferentes posicionamentos de slab e densidade de plantio em sistema de cultivo em substrato. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n. 31, 2017. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/2993>. Acesso em: 14 ago. 2022.

GIUFFRÉ, P. M. W.; GOEBEL, G.; CADDAH, M. K. **Grassulaceae in flora do Brasil em construção**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://floraldobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB95>. Acesso em: 15 out. 2023.

GREENSLADE, J.; VAUGHAN, G. T. A comparison of Collembola species for toxicity testing of Australian soils. **Pedobiologia**, v. 47, p. 171-179, 2003.

GUIMARÃES, R. B.; ARAUJO, R. R. A.; GALVÃO, R. J.; PACHECO, B. J. M.; SILVA, B. S.; ASSIS, T. C. F. L.; AZEVEDO, C. J.; MORAES, C. K. Melão (Cucumis melo L): interrelações entre adubação, nutrição mineral e produção. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 391-399, 2020.

HANISCH, L. A.; FONSECA, A. J. Efeito da adubação com cinza de biomassa sobre uma pastagem de hermátria cv. Flórida cultivada em solo ácido. **Revista agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 26, n. 3, p. 74-80, 2013.

HANSEN, M. T. **Options for increased use of ash from biomass combustion**. Copenhagen: BMA Workshop, 2019. p.1-17.

HANUDIN, E.; ISKYATI, W.; YUWONO, W. N. Improving nutritional value of cow manure with biomass ash and its response to the growth K-Ca absorption of mustard on inceptisols. **Earth and Environmental Science**, n. 752, 2021.

HIGASHIKAWA, S. F.; MENEZES JUNIOR, G. O. F. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na produtividade, pós colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 01-10, 2017.

HORTA, R. C.; CAMARGO, J.; BUZANINI, A. C. Cucurbitáceas e outras. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BEIRAN, L. O. S.; GOTO, R. Hortaliças-frutos, **SciELO livros**, p.71-111, 2018.

HOLZNER, H.; STEIERMARK, K. L.; OBERNBERGER, I. **Richtlinien für den sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen zur Verwertung auf landund forstwirtschaftlich genutzten Flächen**. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Eds.; Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz: Wien, Austria, 2011. 74 p.

HORTIFRUTI-BRASIL. **Morango produção da fruta é um modelo de negócio lucrativo para o agricultor familiar**. São Paulo: CEPEA-ESALQ-USP, 2023.

INGERSLEV, M.; HANSEN, M.; PEDERSEN, L. B.; SKOV, S. Effects of wood chip ash fertilization on soil chemistry in a Norway spruce plantation on a nutrient-poor soil. **Forest Ecology and Management**, v. 334, p. 10-17, 2014.

JANSONE, B.; SAMARIKS, V.; OKMANIS, M.; KLAIVINA, D.; LAZDINA, D. Effect of high concentrations of wood ash on soil properties and development of young Norway spruce (*Picea abies* L Karst) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 79-94, 2020.

JUNQUEIRA, A. H. PEETZ, M. S. Sustainability in Brazilian floriculture: introductory notes to a systemic approach. **Review Article**, v. 4, p. 155-162, 2018.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de horticultura Ornamental**, v. 20, n. 2, p. 115-120, 2014.

KARLTUN, E.; SAARSALMI, A.; INGERSEV, M.; MANDRE, M.; ANDERSSON, S.; GAITNIEKS, T.; OZOLINCIUS, R.; VARNAGIRYTE-KABASINSKIENE, I. Wood ash recycling-possibilities and risks. In: RÖSER, D.; ASIKAINEN, A.; RAULUND-RASMUSSEN, K.; STUPANK, I. **Sustainable use for forest Chapter 4**. In Sustainable Use of Forest Biomass forenergy a synthesis with focus on the baltc and Nordic region. Springer: The Netherlands, 2008. p. 78-108.

KEHRES, B. Zumischung von holasche bei ber komposterung. Und Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK). **H&k Aktuell**, n. 5, p. 1-3, 2016.

KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 43-63, 2015.

KOCHIAN, L.V.; HOEENGA, O. A.; PINEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soil? - Mechanisms of aluminium tolerance and phoshorus deficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 459-493, 2004.

KORPJARVI, K. The development in the use of ashes in Finland. In: ROSEWOOD. **Proceeding of the Scandinavian biomass ash workshop**. Copenhagen: Rosewood, 2019. Disponível em: <https://rosewood-network.eu/ash-in-forest-road-maintenance-best-practice-from-finland/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

LAMA, L.; SAIN, D. A case study review of wood ash land application programs in North America. **TAPPI Journal**, v. 20, n. 2, p.111-120, 2021.

LAMERS, F.; CREMERS, M.; MATSCHEGG, D.; SCHRMDL, C.; HANNAM, K.; HAZLETT, P.; MADRALI, S.; DAM, P. B.; ROBERTO, R.; MAGER, R. DAVIDSSON, K.; BECH, N.; FEVERBOM, J. R.; SARABER, A. **Options for increased use ash from biomass combustion and co-firing**. [s.l.]: IEA Bioenergy, 2018. 60 p.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Informações Tecnológicas, 2010. 209 p.

LEAL, L.; BIONDI, D.; NUNES, S. R. J. Propagação por sementes de Schlumbergera Truncata (Haw.) Moram (flor de maio) em diferentes substratos. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 3, p. 277-280, 2007.

LEITE, D. L. **Produção de sementes de cebola**. EMBRAPA - Circular técnica 142, Pelotas (RS), 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106271/1/circular142.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2022.

LESSA, M. A. **Desenvolvimento de *Kalanchoe luciae* cultivado em diferentes substratos e condições de sombreamento**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

LIMA, A. C. **Estudos taxonômicos de *cactaceae juss* no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DURVAL, A. M.; REIS, A. **Doenças da alface**. EMBRAPA-Hortaliças, 2010. 68 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2001. 1087p.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; CARDOSO, C. Resposta de pinus taeda à aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Humico, em vaso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 43-52, 2008.

MAYER, E.; EICHERMÜLLER, J.; ENDRIS, F.; BAUMGARTEN, B.; KIRCHHOF, R.; TEJADA, J.; KAPLER, A.; THORWARTH. Utilization and recycling of wood ashes from industrial heat and power plants regarding fertilizer use. **Waste Management**, v. 141, p. 92-103, 2022.

MANDRE, M.; PARN, H.; OTS, K. Short-term effects of wood ash on the soil and the lignin concentration and growth of *Pinus sylvestris* L. **Forest Ecology and Management**, v. 223, p. 349-357, 2006.

MARESCA, A.; KRÜGER, O.; HERZEL, H.; ADAM, C.; KALBE, U.; ASTRUP, T. F. Influence of wood ash pre-treatment on leaching behaviour liming and fertilizing potential. **Waste Management**, v. 83, p. 113-122, 2019.

MATTOS, M. L.; MORRETTI, L. C. **Qualidade química e física de cebola minimamente processada armazenada sob refrigeração**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, EMBRAPA-Hortaliças, 2015. 20 p.

MELO, T. M. A.; FABRI, G. E. **Horticultura no IAC: pesquisa e inovação como instrumento de acesso a novos mercados**. Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Horticultura, IAC, 2017.

MENDONÇA, H. F. C. **Produção e qualidade de morangos em cultivo protegido consorciado com a figueira**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

MENEGHETTI, M. A. L. **Cultivo de crisântemo sob adubação mineral, cinza vegetal e organomineral associado à calagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2022.

MORETTI NETO, M. J. **Cinza de biomassa de eucalipto como corretivo de acidez de solo e fonte de nutrientes para o capim massai ou não com *Azospirillum brasiliense***. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) - Universidade Estadual Paulista, 2020.

NASCIMENTO NETO, J. R. **Formas de aplicação e doses de nitrogênio e potássio no cultivo do meloeiro amarelo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal do Ceará, 2011.

NASCIMENTO, R. M. F. **Agronegócio-Horticultura (fruticultura, olericultura e floricultura)**. Escola Estadual de Educação Profissional EEEP, 2018. 289 p.

NIEMINEN, J. K.; RÄISÄNEN, M.; HAIMI, J. Spot mounding and granulated wood ash increase inorganic N availability and alter key components of the soil food web in clear-cut Norway spruce forests. **Forest Ecology and Management**, v. 263, p. 24-30, 2012.

NIEMINEN, J.K. Wood ash effects on soil fauna and interactions with carbohydrate supply: A minireview. **Department of Biological and Environmental Science**, n. 1, p.45-56, 2011.

NMI, Nutrients Management Institute, Recovery possibilities of wood ashes, utilization modes (in Dutch, draft version). **IEA Bioenergy**, 2018.

NURMESNIEMI, H.; MANSKINEN, K.; PÖYKIÖ, R.; DAHL, O. Forest fertilizer properties of and fly ash from a large- sized (115MW) industrial power plant incinerating wood- based biomass residues. **Journal of the University Chemical Technology and Metallurgy**, v. 47, n. 1, p. 43-47, 2012.

OBERNBERGER, I.; SUPANCIC, K. Fact-Sheet: Einsatz von holzasche als bindemittel zur bodenstabilisierung z. B. im Strabnbau. **Bios Bioenergiesysteme GmbH**, Wien Austria, 2015. 8 p.

OHENOJA, K.; PERSONEN, J.; YLINIEI, J.; ILLIKAINEN, M. Utilization of fly ashes from fluidized bed combustion: A review. **Sustainability**, v. 12, n. 2988, 2020.

PALHA, G. M. Cultura do morango no solo e em substrato. **Agrotec- Revista Técnico-Científica Agrícola**. Disponível em: www.agrotec.pt. Acesso em: 20 ago. 2022.

PEREIRA, D.C.; NETO, A. W.; NOBREGA, L. H. P. Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 3 n. 2, p. 159-174, 2013.

PEREIRA, J. T. M.; SILVA, A. J. T.; BOMFIM-SILVA, M. E.; MAZZINI-GUEDES, B. A. Applying wood ash and soil moisture on gladiolus (*Gladiolus grandifloras*) cultivation. **Australian journal of Crop Science**, v. 10, n. 3, p. 393-401, 2016.

PITMAN, R.M. Wood ash use in forestry a review of the environmental impacts. **Forestry**, v. 79, p. 563-588, 2006.

PIVA, R.; BOTELHO, V. R.; MÜLLER, L. M. M.; AYUB, A. R.; ROMBOLÀ, D. A. Adubação de manutenção em videiras cv. Bordô utilizando-se cinzas vegetais e esterco bovino em Sistema orgânico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 219-224, 2014.

QIN, J.; HOVMAND, F. M.; EKELUND, F.; RONN, R.; CHRITENSEN, S.; GROOT, A. G.; MORTENSEN H. L.; SKOV, S.; KROGH, H. P. Wood ash application increases pH but does not harm the soil mesofauna. **Environmental Pollution**, v. 224, p. 581-589, 2017.

REICHLE, E.; MÜLLER, R.; SCHMOECKEL, G.; MÜLLER, C.; WENDLAND, M.; GEIGER, H.; STETTER, U.; ZORMAIER, F. Verwertung und beseitigung von holzaschen. Merkblatt. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LUF). **Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF); Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL)**, 2012. 19 p.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; PINTO, J. M. Produtividade e qualidade pós-colheita de cebola adubada com doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 33-93, 2008.

RISSE, M.; GASKIN, J. Best management practices for wood ash as agricultural soil amendment. UGA Cooperative Extension Bulletin 1142, 2013.

SAARSALMI, A.; SMOLANDER, A.; MOILANEN, M.; KUKKOLA, M. Wood ash in boreal, low-productive pine stands on upland and peatland sites: Long-term effects on stand growth and soil properties. **Forest Ecology and Management**, v. 327, p. 86-95, 2014.

SALA, F.; COSTA, C. P. Gloriosa: cultivar de alface americana tropicalizada. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 409-410, 2008.

SALLA, R. V.; FIGUEIREDO, A. R. Sistema de compatibilidade em Schlumbergera Truncata (How.) Mor. (CACTACEAE). **Bioikos**, v. 18, n. 2, p. 35-38, 2004.

SANTALLA, M.; OMIL, B.; RODRIGUEZ-SOALLEIRO, R.; MERINO, A. Effectiveness of wood ash containing charcoal as a fertilizer for a forest plantation in a temperate region. **Plant and Soil**, v. 346, p. 63-78, 2011.

SANTOS, G. A.; MESQUITA, B. J.; PESSOA, S. M. A.; SILVA, M. L. Produtividade de *Lactuca sativa* L. cultivada sob doses de compostos orgânicos e Biofertilizantes. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 8481-8496, 2021.

SANTOS, G. H.; JACOMINE, T. K. P.; ANJOS, C. H. L.; OLIVEIRA, A. V.; LUMBRERAS, F. J.; COELHO, R. M.; ALMEIDA, A. J.; ARAUJO FILHO, C. J.; OLIVEIRA, B. J.; CUNHA, F. J. T. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. (SIBCS). Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2018. 356 p.

SANTOS, T. B. **Incubação de um solo na região canavieira com doses crescentes de calcário**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Alagoas, 2010.

SBRUZZI, K. E. **Cinza de biomassa florestal para aplicação nas culturas do feijão e do milho**. Dissertação (Mestrado em ciências do solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.

SHERWOOD, J. The significance of biomass in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 300, 2020.

SILVA JUNIOR, M. J.; DUARTE, S. N.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; DUTRA, I. Resposta do meloeiro à fertirrigação controlada através de íons da solução do solo: Parâmetros produtivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 723-729, 2010.

SILVA, B. R.; FONTES, A. M. C.; LIMA, L. R. P.; GOMES, M. F. O.; MOURA, A. C. R.; TOLEDO FILHO, D. R. Cinza de biomassa gerada na agroindústria do cacau: caracterização e uso em substituição ao cimento. **Ambiente Construído**, v.15, n. 4, p. 321-334, 2015.

SILVA, C. M.; SILVA, A. J. T.; BONFIM-SILVA, M. E.; FARIAS, N. L. Características produtivas e quantitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n.6, p. 51-7, 2014.

SILVA, L. C. **Caracterização do setor atacadista de flores e plantas ornamentais no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal Lavras, Lavras, 2012.

SOARES, C. R.; CORREIA, C. V. M.; SANTOS, M. V. Serviço social na política de saúde no enfrentamento da pandemia da covid-19. **Artigo**, n. 140, p.118-133, 2020.

SODRÉ, J. B. Grassulaceae. In: **CEAP Design**, [s.d.]. Disponível em: https://www.ceapdesign.com.br/familias_botanicas/crassulaceae.html. Acesso em: 14 mar. 2023.

SOUZA, C. M. B. A. R.; MONÇÃO, P. O.; SOUZA, B. H.; OLIVEIRA, S. J.; REIS, C. T. Efeito da cinza de caldeira sobre as características químicas de um solo do cerrado baiano e produtividade da alface. **Cultivando o Saber**, v. 6, n. 4, p. 60-73, 2013.

STETTER, U.; ZOMAIER, F. Verwertun und beseiting von holzaschen. In proceeding of the 12 the internationaler. **BBE-Fachkongress Holzenergie**, Augsburg Germany, p. 1-41, 2012.

STRECK, N. A.; PAULA, F. L. M.; DELLAI, J.; BISOGNIN, D. A.; PAULA, A. L. Filocrono em batateira afetado pelo tamanho do tubérculo-semente e pela época de cultivo. **Bragantia**, v. 1, p. 137-143, 2009.

SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. EMBRAPA-Hortaliças, 2013. 15 p.

SUPANCIC, K.; OBERNBERGER, I.; KIENZI, N.; ARICH, A. Conversion and leaching characteristics of biomass ashes during outdoor storage. In: **Bios-Bioenergy**, 2020. Disponível em: www.bios-bioenergy.at. Acesso em: 10 ago. 2021.

SZPUNAR-KROK, E.; SZOSTEK, M.; PAWLAK, R.; GORZELANY, J.; MIGUT, D. Effect of fertilization with ash from biomass combustion on the mechanical pr 12, n. 2, p. 379, 2022.

TEIXEIRA, G. C. C. A. **Atividade cambial e plantação de eucaliptos urogradis fertilizados com fontes alternativas ao cloreto de potássio**. Trabalho de conclusão de curso Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

TEJADA, J.; GRAMMER, P.; KAPPLER, A.; THORWARTH, H. Trace element concentrations in firewood and corresponding stove ashes. **Energy fuels**, v. 33, n. 3, p. 2236-2247, 2019.

TEJADA, J.; WIEDENMANN, J.; GALL, B.; KAISER, B.; GREIBL, O.; UNTERBERGER, S.; KAPLER, A.; THORWARTH, H. Trace element behavior in wood-fueled heat and power stations in terms of an urban mining perspective. **Fuel**, v. 267, n. 1, p. 116-887, 2020.

TERRA, A. M.; LEONEL, F. F.; SILVA, G. C.; FONSECA, M. A. Cinza vegetal na germinação e no desenvolvimento da alface. **Revista agroambiental**, v. 6, n. 1, 2014.

THE PLANT LIST. **Crassulacea**. 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Crassulaceae/?fbclid=IwAR1wxOoC0peS1PDnNr2IWuhNWhYwF6wf0jU9A1zpq4DxxBUVFWRdj3JpS-A>. Acesso em: 04 set. 2022.

TIYUAN, X.; CHANGQUN, D.; CAIXIAN, Z.; DENGGAO, F.; ZONGYAN, D.; LIANGJUN, D. A study on the soil fertility in eucalyptus robusta plantation and their adjacent vegetation. **Journal of Yunnan University**, v. 32, n. 1, p. 118-123, 2010.

UNIVERSITY OF GEORGIA COOPERATIVE EXTENSION (UGA). **Best management practices for wood ash as agricultural soil amendment**. Bulletin 1142, 2013.

VIDIGAL, M. S.; SEDIYAMA, A. M.; PEDROSA, W. M.; SANTOS, R. M. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos suínos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p.18-173, 2010.

VITOUSE, P. M.; NAYLOR, R.; CREWS, T.; DAVID, M. B.; DRINKWATER, L. E.; HOLLAND, E.; JOHNES, P.J.; KATZENBERGER, J. MARTINELLI, L. A.; MATSON, A.R.; NZIGUHEBA, G.; OJIMA, D.; PALM, C.A.; ROBERTSON, G.P. SANCHEZ, P. A.; TOWNSEND, A.R.; ZHANG, F. S. Nutrient imbalances. In: **Agricultural Development Science**, v. 324, p.1519-1520, 2009.

WALTER, B.; MOSTBAUER, P.; KARIGL, B. Biomasse-Aschenströme in Österreich. **Umweltbundesamt REP- 0561**, 2016. 56 p.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência da miniestaquia seriada no radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. **SciELO Brasil**, v. 29, n.5, p. 681-689, 2005.

WIKLUND, J. **Effects of wood ash on soil fertility and plant performance in southwestern Kenya**. Dissertation - (Master's Thesis in Soil Science Agriculture Programme) – Soil and Plant Sciences, Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU, 2017.

WILPERT, K. V.; HARTMANN, P.; SCHÄFFER, J. C. Quality control in a wood ash recycling concept for forests. **VGB Powertech**, v. 04, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303021819>. Acesso em: 13 jan. 2022.

WREGGE, M. S.; REISSER JUNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R.; JOÃO,

L.; SANTOS, A. M. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. EMBRAPA Clima Temperado, 2007.

ZAJAC, G.; SZYSZLAK-BARGLOWICZ, J.; GOLEBIOWSKI, W.; SZCZEPANIK, M. Chemical characteristics of biomass ashes. **Energies**, v. 11, n. 11, p. 1-15, 2018.

ZANDI, P.; CETZAL-IX, W. Cactaceae: The cactus family. **Encyclopedia of Earth**, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/264548190>. Acesso em: 27 set. 2023

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.; LAROCCA, J. Introdução: A riqueza das cactaceae no Brasil. In SILVA, S. R. et al. Plano de ação nacional para conservação das cactáceas. **Instituto Chico Mendes de conservação da biodiversidade**, n. 24, p. 17-109, 2011.