

**UNICESUMAR – UNIVERSIDADE CESUMAR**  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CAMPUS MARINGÁ

**DESENVOLVIMENTO DE *Lactuca sativa* L. SOBRE DIFERENTES DOSES DE  
CINZA VEGETAL EM SOLO ARGILOSO**

**CASSILENE CRISTIANE NAVARRO**

MARINGÁ – PR

2021

Cassilene Cristiane Navarro

**DESENVOLVIMENTO DE *Lactuca sativa* L. SOBRE DIFERENTES DOSES DE  
CINZA VEGETAL EM SOLO ARGILOSO**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em  
Agronomia da UNICESUMAR –  
Universidade Cesumar como requisito parcial  
para a obtenção do título de Bacharela em  
Agronomia, sob a orientação da Prof<sup>ª</sup> Dr.<sup>a</sup>.  
Edneia Aparecida de Souza Paccola.

MARINGÁ – PR

2021

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Cassilene Cristiane Navarro

### DESENVOLVIMENTO DE *Lactuca sativa* L. SOBRE DIFERENTES DOSES DE CINZA VEGETAL EM SOLO ARGILOSO

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da UNICESUMAR –  
Universidade Cesumar como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em  
Agronomia, sob a orientação do Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edneia Aparecida de Souza Paccola.

Aprovado em: 10 de Novembro de 2021.

#### BANCA EXAMINADORA



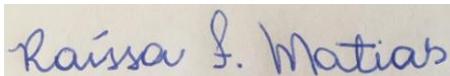
---

Dr<sup>a</sup>. Edneia Aparecida de Souza Paccola – (Presidente da Banca)



---

Dr. Tiago Ribeiro da Costa - (Primeiro Avaliador)



---

Eng. Agrônoma Raíssa Fernanda Matias - (Segundo Avaliador)

## **DESENVOLVIMENTO DE *Lactuca sativa* L. SOBRE DIFERENTES DOSES DE CINZA VEGETAL EM SOLO ARGILOSO.**

Autor: Cassilene Cristiane Navarro

### **RESUMO**

Nas últimas décadas, houve uma elevação da produção industrial e isto se deve ao aumento da população e seus hábitos de consumo. Como consequência disso, resultou em uma maior geração de resíduos advindos das indústrias. Um dos principais problemas é quando estes resíduos, como por exemplo, as cinzas de biomassa vegetal são descartadas e acumuladas em lugares inapropriados e com isso, afetam o meio ambiente. Portanto, torna-se necessário encontrar alternativas que possam reduzir este problema. Diante disso, objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento da cultura da alface (*Lactuca sativa*) sobre a aplicação de diferentes doses de cinza vegetal. As mudas de alface foram transplantadas nos canteiros com estufa tipo arco tubo, sendo montados quatro tratamentos e cinco repetições em delineamento inteiramente casualizados. Os tratamentos propostos para este experimento foram: 0 Kg/ 0,90 m<sup>2</sup> (controle); 1,5 Kg/ 0,90 m<sup>2</sup>; 3 kg/ 0,90 m<sup>2</sup> e 6 kg/ 0,90 m<sup>2</sup>. Após a colheita, foram avaliados alguns parâmetros fisiológicos das plantas como a massa fresca e seca da raiz, da parte aérea comercial e não comercial; diâmetro e altura do caule e comprimento da raiz. Foi avaliado também o pH e a disponibilidade de nutrientes do solo da testemunha dos diferentes tratamentos testados. Com este trabalho foi possível verificar que, a cinza vegetal em mistura com o solo constitui-se em um importante adubo orgânico na produção de alface. A cinza de biomassa vegetal aplicada sobre a cultura na dosagem de 1,5 Kg/0,90m<sup>2</sup> foi a que proporcionou melhores resultados em relação ao desenvolvimento e parâmetros fisiológicos das plantas como também nos índices de qualidade do solo em estudo como a correção da acidez do solo através da elevação do nível de pH; aumento da CTC e SB; redução dos teores de Al<sup>3+</sup> e aumento na disponibilidade de macro e micronutrientes.

**Palavras-chave:** Adubação Orgânica. Hortaliças. Resíduos Sólidos.

## **DEVELOPMENT OF *Lactuca sativa* L. ON DIFFERENT DOSES OF VEGETABLE ASH IN CLAY SOIL.**

### **ABSTRACT**

In recent decades, there has been an increase in industrial production and this is due to the increase in population and their consumption habits. As a consequence of this, it resulted in a greater generation of residues coming from the industries. One of the main problems is when these residues, such as plant biomass ashes, are discarded and accumulated in inappropriate and places, thus affecting the environment. Therefore, it becomes necessary to find alternatives that can reduce this problem. For this reason the objective of this paper was to evaluate the growth of the lettuce (*Lactuca sativa* L.) crop under the application of different doses of vegetable ash. Lettuce seedlings were transplanted in beds in an arc-tube greenhouse, with four treatments and

five replications being set up in a completely randomized design. The treatments proposed for this experiment were: 0 Kg/ 0.90 m<sup>2</sup> (control); 1.5 kg/ 0.90 m<sup>2</sup>; 3 kg/ 0.90 m<sup>2</sup> and 6 kg/ 0.90 m<sup>2</sup>. After harvest, some physiological parameters of the plants were evaluated, such as fresh and dry mass of the root, commercial and non-commercial aerial part; stem diameter and height and root length. The pH and soil nutrient availability in the control of the different treatments tested were also evaluated. With this paper it was possible to check that the vegetable ash mixed with the soil constitutes an important organic fertilizer in the production of lettuce. The plant biomass ash applied on the crop at a dosage of 1.5 Kg/0.90m<sup>2</sup> was the one that provided better results in relation to the development and physiological parameters of the plants as well as in the soil quality indexes under study as the correction of the acidity of the soil by raising the pH level; increase in CTC and SB; reduction of Al<sup>3+</sup> contents and increased availability of macro and micronutrients.

**Keywords:** Organic Fertilization. Vegetables. Solid Waste.

# 1 INTRODUÇÃO

No setor agroindustrial, o processamento de produtos produz grande quantidade de resíduos orgânicos, e a má gestão desses resíduos acaba comprometendo o meio ambiente pois, muitas vezes, acabam sendo descartados e acumulados em locais inadequados. Contudo, os subprodutos gerados das agroindústrias apresentam grande potencial de serem reaproveitados, e isto se deve aos seus elevados teores nutricionais (NASCIMENTO FILHO e FRANCO, 2015).

Jerônimo e Silva (2012) salientam que, tais resíduos, como por exemplo, as fibras de coco, constituem-se em excelentes matérias-primas, podendo ser utilizadas como fonte de produção de adubos orgânicos e também substratos que são caracterizados como de grande importância não somente agrônômica, mas também social e econômica, pois, apresentam diversas vantagens ecológicas, proporcionando assim, uma melhoria da qualidade dos alimentos bem como também um acréscimo na produção.

Na produção de hortaliças, é comum o uso de resíduos de origem animal ou vegetal como fonte de nutrientes para as plantas, podendo ser citados o esterco bovino, a cama de aviário, o pó de serra e a palha de arroz. Alternativas para adubação estão sendo buscadas, principalmente voltadas ao aproveitamento de resíduos da atividade industrial local, como a cinza vegetal. A cinza vegetal é um resíduo sólido não muito utilizado na agricultura, que possui alto potencial como fertilizante (TERRA et al., 2014).

As cinzas vegetais apresentam nutrientes que estão diretamente ligados ao crescimento da planta, como o cálcio, magnésio, fósforo, além de possuírem alguns micronutrientes, como o Cu, Zn, Mg Fe e B (RIGAU, 1960; DAROLT & OSAKI, 1989). Contudo, esta cinza pode atuar como fonte secundária de fertilizantes, diminuindo dependências por adubos minerais, proveniente de rochas (BONFIM-SILVA, et al. 2013).

Em hortaliças folhosas, estudos com alface evidenciaram que a adição de cinza vegetal aumentou o peso médio e o diâmetro médio de cabeças, o número médio de folhas por planta e a produção total, nas doses de 10 e 15 t ha<sup>-1</sup> (DAROLT et al., 1993). E ainda, MARANHA et al. (2012) observaram maior produtividade aplicando 15 t de cinza vegetal ha<sup>-1</sup>.

A alface (*Lactuca sativa* L., família *Asteraceae*) tem origem na região do mediterrâneo, sendo considerada, atualmente, como a hortaliça folhosa socioeconomicamente mais importante do mundo e a mais comercializada e consumida no Brasil, graças à possibilidade de produção durante o ano todo, suas características culinárias peculiares e grande aceitação cultural, sendo consumida, principalmente, in natura, na forma de saladas (ABCSEM, 2017; YURI, et al., 2017).

Dessa forma, os cultivos intensos e contínuos de áreas com cultivo da alface acarretam frequentemente um desequilíbrio na fertilidade do solo, ocasionando o surgimento de deficiências minerais e estruturais. Contudo, neste contexto, dentre as alternativas das práticas de adubação do solo, tem-se a hipótese de que o uso das cinzas vegetais podem ser uma alternativa importante na correção desses solos como também na melhoria dos parâmetros fisiológicos da planta contribuindo assim, para todos os setores envolvidos nessa cadeia produtiva desde a empresa geradora deste resíduo até os consumidores finais, visto que, estarão ingerindo alimentos mais saudáveis. Esta pesquisa

teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa*) em solo argiloso sobre diferentes doses de cinza vegetal.

## 2 DESENVOLVIMENTO

O experimento foi conduzido em estufa tipo arco tubo construída no Sítio Santa Helena, localizado no município de Jandaia do Sul, estado do Paraná, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 23° 42'38.90" e Longitude 51°40'48.25" estando em uma altitude de 794 metros. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen (1936), é predominantemente subtropical mesotérmico úmido. O solo é classificado como Neossolo descrito conforme EMBRAPA (2013).

A cinza vegetal utilizada no experimento é proveniente da queima de eucalipto (*Eucalyptus*) e esta, foi fornecida por uma empresa no Norte do Paraná que trabalha com fornalhas e silos, secando e armazenando grãos. Após o recebimento dessa cinza, a mesma foi levada em laboratório da região para análise da sua composição química conforme demonstra a tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química da cinza vegetal utilizada no experimento como adubo orgânico para o cultivo de alface.

N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,11	2,27	4,82	2,91	0,30	0,03	2,08	0,38	0,05

Fonte: LABORFORT– Análises Químicas (2021).

Foram coletadas diversas amostras de solo a uma camada de 0 – 20 cm dos canteiros onde o experimento foi montado e posteriormente, essas amostras de solos foram homogeneizadas, sendo retirada uma única amostra, e esta, também foi levada em laboratório de análises de solos da região para se efetuar as caracterizações química (tabela 2) e física (tabela 3) do solo em estudo, podendo ser classificado como argiloso.

**Tabela 2.** Características química do solo onde o experimento foi conduzido.

pH	P	M.O	Ca	K	Mg	CTC	V	Al <sup>3+</sup>
CaCl	mg.dm <sup>3</sup>	%	cmolc.dm <sup>-3</sup>		cmolc.dm <sup>-3</sup>		%	cmolc.dm <sup>3</sup>
4,12	15,18	3,58	5,20	0,7	1,52	18,10	40,99	0,92

Fonte: LABORFORT – Análises Químicas (2021).

**Tabela 3.** Características granulométricas do solo onde o experimento foi conduzido.

Areia Total	Silte	Argila
%	%	%
12,5	12,5	75

Fonte: LABORFORT – Análises Químicas (2021).

O experimento foi conduzido utilizando-se o delineamento DIC (delineamento inteiramente casualizados) com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais sendo que para cada repetição foram transplantadas sete mudas de alface. Os tratamentos avaliados foram: T1 (0 Kg testemunha: sem a adição de cinza); T2 (1,5 Kg de cinza/ 0,90 m<sup>2</sup>); T3 (3 Kg de cinza/ 0,90 m<sup>2</sup>) e T4 (6 Kg de cinza/ 0,90 m<sup>2</sup>).

Inicialmente foi realizada a montagem da estrutura e cobertura da estufa tipo arco tubo e posteriormente, foram levantados dois canteiros a uma altura de 40 cm. Cada canteiro apresentava as seguintes dimensões: 9 m comprimento x 1 metro de largura e ainda, 0,50 metros entre os dois canteiros. A cinza vegetal então, foi incorporada ao solo nas diferentes doses, conforme cada tratamento e repetição, e incubada por um período de 10 dias antes do plantio.

Foram utilizadas mudas de alface do tipo crespa, cultivar *Valentina*. O transplante das mudas de alface ocorreu quando elas estavam com aproximadamente 25 dias de semeadura, obedecendo ao seguinte espaçamento: 30 x 30 cm. A irrigação foi realizada diariamente e para o controle de plantas daninhas foi realizada a capina manual. Durante toda a condução do experimento não ocorreu incidência de pragas e doenças.

Ao final da colheita, as plantas foram levadas ao laboratório da IES para avaliação dos seguintes parâmetros fisiológicos: peso fresco e seco da parte aérea; peso fresco e seco da raiz; diâmetro do caule; comprimento do caule e da raiz, além da contagem de número de folhas possíveis ou não de serem comercializadas.

Após a coleta de todos os dados, os resultados foram submetidos ao teste de Regressão a 5% de probabilidade. Todos os testes foram realizados através do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O transplante das mudas de alface foi realizado no dia 27/05/21. Após sete dias de transplante, as mudas se comportavam conforme indica na foto 1.

**Foto 1** - Plantas de alface nos diferentes tratamentos e repetições, após 7 dias de transplântio.



Fonte: Fotos do autor.

As plantas de alface foram conduzidas em estufa por 49 dias, e o resultado da cultura, após este período, é possível visualizar na figura abaixo.

**Foto 2** - Plantas de alface nos diferentes tratamentos no dia da colheita.



Fonte: Fotos do autor.

Na foto a seguir, é possível observar como as plantas de alface se apresentaram após receber a dose de 1,5 Kg/0,90 m<sup>2</sup> de cinza de biomassa vegetal, sendo considerado o tratamento que melhor forneceu condições benéficas ao cultivo dessa cultura.

**Foto 3** - Plantas de alface do tratamento que obtiveram melhores resultados em relação a todas as variáveis analisadas.



Fonte: Fotos do autor.

A imagem a seguir (foto 4) apresenta um comparativo físico visual das plantas de alface nas diferentes dosagens de cinza, sendo selecionadas para a foto as plantas mais vigorosas de cada tratamento, identificando a que repetição estas pertenciam.

**Foto 4** - Comparativo físico das plantas de alface nos diferentes tratamentos avaliados.



Fonte: Fotos do autor.

Para todas as variáveis observadas na tabela 4, tanto a parte área da planta quanto radicular, ao menos um dos tratamentos avaliados difere significativamente dos demais a 5% de probabilidade, pelo teste de regressão linear e regressão quadrática, cujos testes foram

aplicados com o intuito de determinar a relação de dependência entre o efeito da cinza de biomassa vegetal utilizada como adubo orgânico e a variável de interesse analisada.

**Tabela 4:** Teste de regressão linear e quadrática para as variáveis relacionadas à parte aérea e parte radicular das plantas dos diferentes tratamentos e repetições.

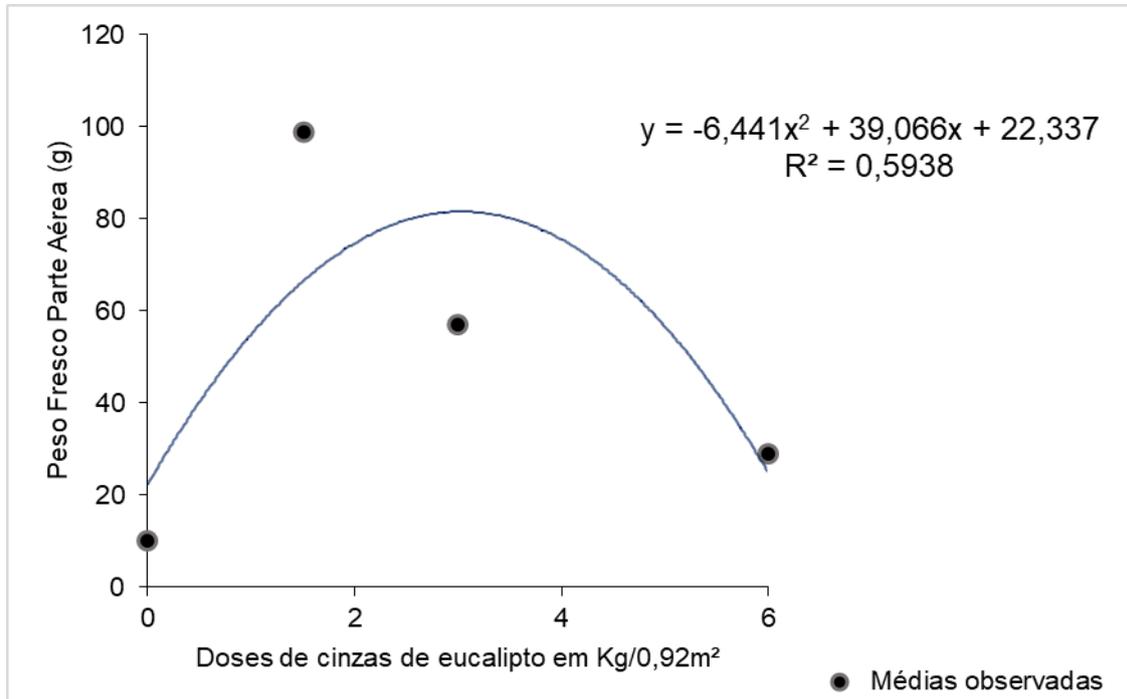
FV	GL	PFA	PFR	PSA	PSR	AC	DC	CR	NFC	NFNC
<b>Doses</b>	3	7461,57*	45,42*	35,51*	1,31	0,86*	38,44*	48,18*	42,45*	2,18*
<b>b1 (Reg. Linear)</b>	1	52,66ns	0,00ns	0,57ns	0,00ns	2,45*	0,43ns	40,08ns	0,09ns	6,25*
<b>b2 (Reg. Quadrática)</b>	1	17135,24*	73,84*	74,61*	1,79*	0,13ns	88,16*	95,27*	92,45*	0,05ns
<b>Repetições</b>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Erro</b>	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Média</b>	-	48,80	4,48	3,80	0,68	1,12	8,50	12,49	8,25	2,35

GL (Graus Liberdade); PFA (Peso Fresco da Parte Aérea); PFR (Peso Fresco da Raiz); PSA (Peso Seco da Parte Aérea); PSR (Peso Seco da Raiz); AC (Altura do Caule); DC (Diâmetro do caule); CR (Comprimento Radicular); NFC (Número de Folhas Comercializáveis); NFNC (Número de Folhas Não Comercializáveis). \* A 5% de Probabilidade pelos testes de Regressão Linear e Regressão Quadrática, pelo menos um dos tratamentos difere significativamente dos demais para a variável analisada.

Fonte: O Autor.

Em relação à variável Peso Fresco da Parte Aérea das plantas de alface, como pode ser observado na Figura 1, abaixo, foi adotado o modelo de regressão quadrática devido ao seu maior grau de significância.

**Figura 1:** Análise de Regressão Quadrática para a Peso Fresco da Parte Aérea das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.



Fonte: O Autor.

Ao analisar o gráfico acima, é possível verificar que, o máximo de peso fresco da parte aérea observado foi de 98,97 g na dose de cinza vegetal de 1,5 Kg/0,90m<sup>2</sup>. Ainda nessa dose de cinza vegetal, foi observado incremento na produção de peso fresco da parte aérea de 89,75% quando comparado ao tratamento em que não houve adubação com este resíduo. Além disso, também pode-se verificar que, à medida que se aumenta a dose de cinza vegetal a ser fornecida para a cultura, o peso fresco da parte aérea aumenta significativamente até adição de 1,5 Kg de cinza vegetal e posteriormente, conforme aumentam as doses desse resíduo, o peso da planta diminui.

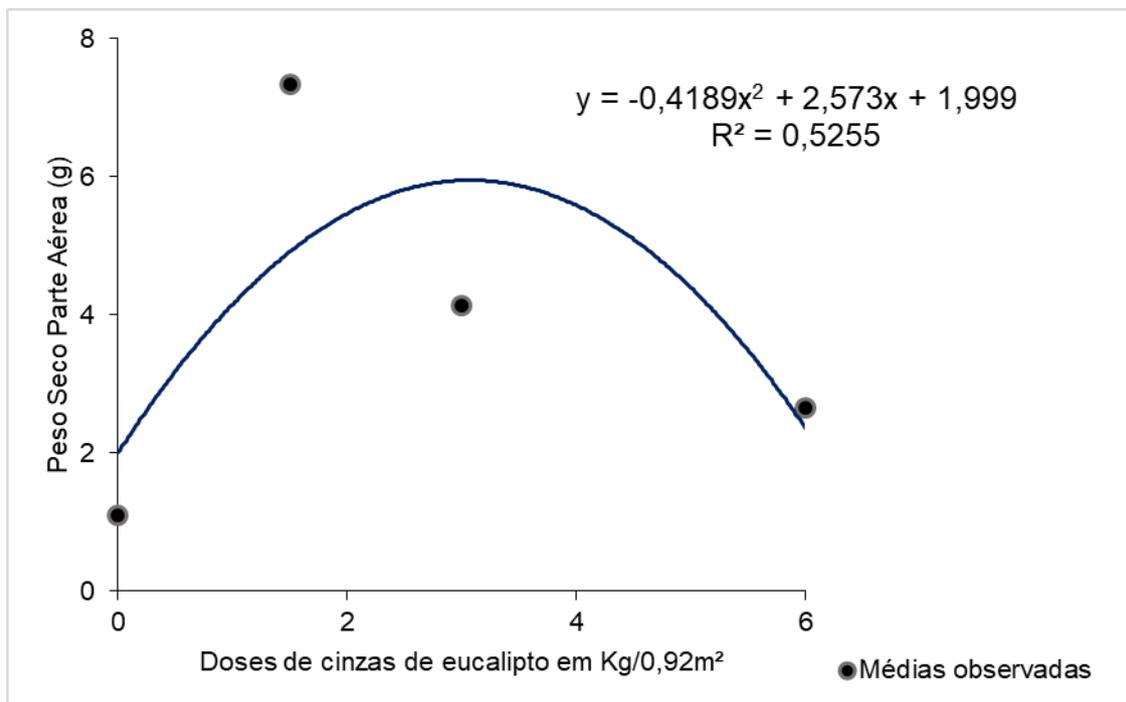
Estudos realizados por Souza et al (2013) com a cinza de caldeira aplicada na cultura da alface, houve diferenças significativas entre os níveis de cinza de caldeira aplicados na cultura da alface para a variável massa fresca da parte aérea sendo que, de acordo com o ponto de máxima eficiência técnica obtido pela curva de regressão quadrática, o nível mais adequado foi o de 11,35 mg ha<sup>-1</sup> pois, proporcionou uma produtividade média de 180,4 g de massa fresca da parte aérea por planta. Sendo possível verificar ainda que, essa produtividade média foi superior à encontrada por Abreu et al (2010) que trabalhou também com a cultura da alface, porém, utilizou-se das adubações de esterco bovino e húmus de minhoca, onde obtiveram respectivamente produtividades de 91,14 e 167,26 g por planta.

DALLAGO (2000) relatou que, quando a cinza vegetal é aplicada em doses reduzidas ou excessivas exerce elevada influência no desenvolvimento das plantas. Contudo, esses resultados comprovam a necessidade de se realizar uma aplicação equilibrada da cinza

vegetal, promovendo adequadamente a disponibilidade de nutrientes para que a planta consiga exercer seu máximo desenvolvimento.

No que diz respeito à variável, Peso Seco da Parte Aérea das plantas de alface, como pode ser observado na Figura 2 logo abaixo, também foi ajustado ao modelo de regressão quadrática devido ao seu maior grau de significância.

**Figura 2:** Análise de Regressão Quadrática para Peso Seco da Parte Aérea das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.



Fonte: O Autor.

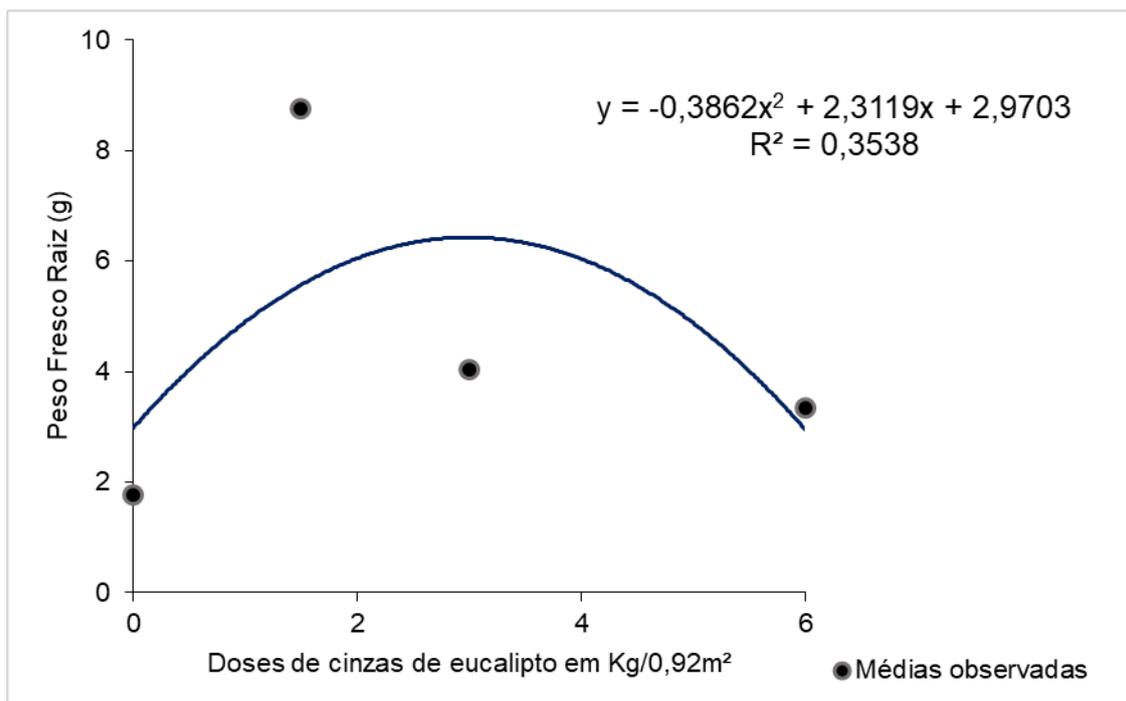
Assim como no peso fresco, o máximo de peso seco da parte aérea foi observado quando se aplicou a dose de cinza vegetal do tratamento dois sendo a de 1,5 Kg/0,90m<sup>2</sup> onde foi observado o peso de 7,34 g. Ainda nessa dose de cinza vegetal, foi observado incremento na produção de peso seco da parte aérea de 85,15% quando comparado ao tratamento onde não foi realizado a adubação com cinza. Neste caso, também é possível verificar que, à medida que se aumenta a dose de cinza vegetal a ser fornecida para a cultura da alface, o peso seco da parte aérea aumenta significativamente até adição de 1,5 Kg de cinza vegetal, promovendo incrementos produtivos e posteriormente, conforme aumentam as doses desse resíduo, o peso seco da parte aérea das plantas de alface teve redução, assim como no peso fresco.

Essa ocorrência de redução de peso fresco e seco da parte aérea das plantas de alface, quando se realiza adubação com maiores doses de cinza vegetal pode ser explicada devido a ela ter um poder alcalino, visto que, solos alcalinos apresentam uma elevação nos teores de

macronutrientes como o Ca, Mg e K. Porém, mesmo que presentes no solo, o pH pode interferir, não disponibilizando estes nutrientes para as plantas. Além disso, a presença em excesso dos macronutrientes citados, saturaram as cargas negativas do solo e por consequência disso resulta em deficiência nos teores e disponibilidade de micronutrientes, como o Manganês, Zinco, Ferro e Cobre. Esta situação assemelha-se à lei do mínimo de Liebig, na qual postula que a planta necessita de macros e micronutrientes essenciais e em quantidades adequadas, para que ela consiga se desenvolver, expressando seu máximo potencial produtivo.

A variável Peso Fresco Radicular das plantas de alface foi ajustada também ao modelo de regressão quadrática devido ao seu maior grau de significância, conforme designada na figura 3.

**Figura 3:** Análise de Regressão Quadrática para Peso Fresco Radicular das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.



Fonte: O Autor.

Neste caso, o maior peso fresco radicular foi observado quando se aplicou a dose de cinza vegetal T2, sendo a de 1,5 Kg/0,90m² observando-se o peso de 8,77 g, promovendo um incremento produtivo de peso fresco das raízes de 79,82%, quando comparado à testemunha onde não foi realizado a adubação com cinza de biomassa vegetal. Além disso, conforme intitulado no gráfico, é possível verificar que, à medida que se eleva as doses de cinzas aplicadas, a variável PFR apresenta uma redução considerada.

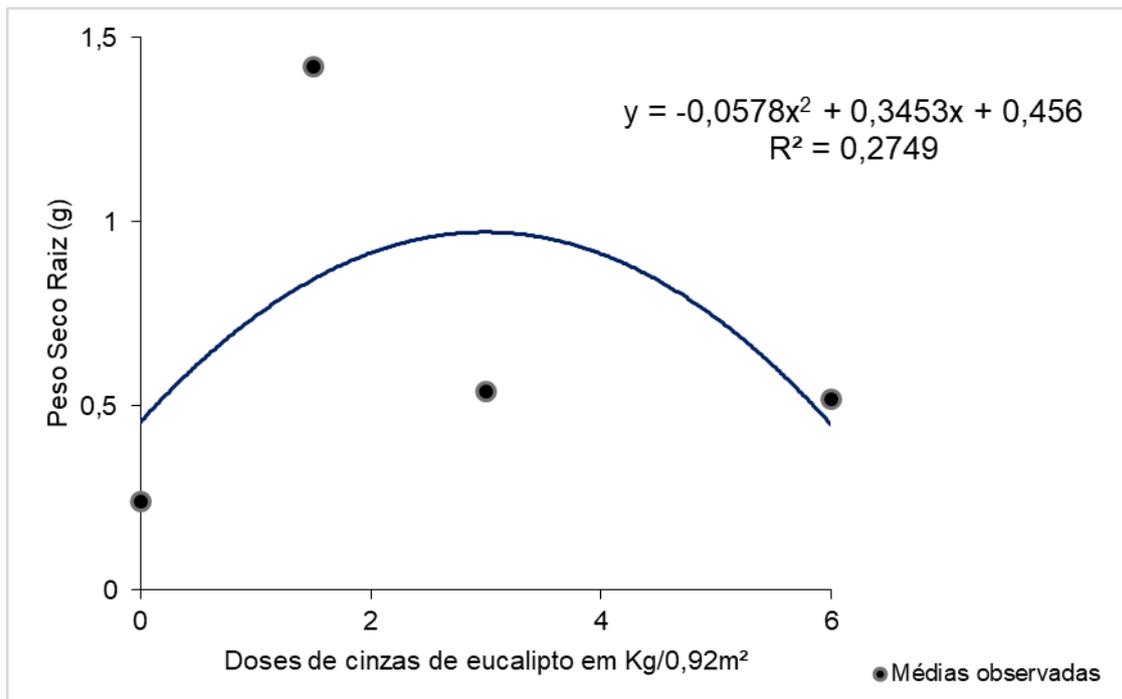
Bonfim-Silva et al (2011) realizaram um trabalho utilizando a cinza vegetal como fonte de adubação no cultivo de rabanete, e também observaram um incremento produtivo para a cultura do rabanete, e obtiveram máxima produção de 60,71 g vaso<sup>-1</sup> quando se aplicou a dosagem de 23,28 g dm<sup>-3</sup> de cinza vegetal.

É interessante destacar também que, Bonfim-Silva et al (2011) evidenciaram aspectos positivos ao realizarem adubação com cinza vegetal na produção do sistema radicular da leguminosa *Crotalaria juncea* em Latossolo Vermelho, cujo resíduo proporcionou um incremento de 89,38% na produção de raízes da leguminosa em estudo.

Segundo, Ignatieff e Page (1959) quando se utiliza doses muito elevadas de cinza, pode-se prejudicar o desenvolvimento das raízes das plantas, causando até a morte, e isso pode ocorrer devido à alta alcalinidade que a cinza fornece.

No que se refere à variável Peso Seco Radicular das plantas de alface, conforme estabelecida na figura 4 abaixo, esta foi também ajustada ao modelo de regressão quadrática devido ao seu maior grau de significância.

**Figura 4:** Análise de Regressão Quadrática para Peso Seco Radicular das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.



Fonte: Autor.

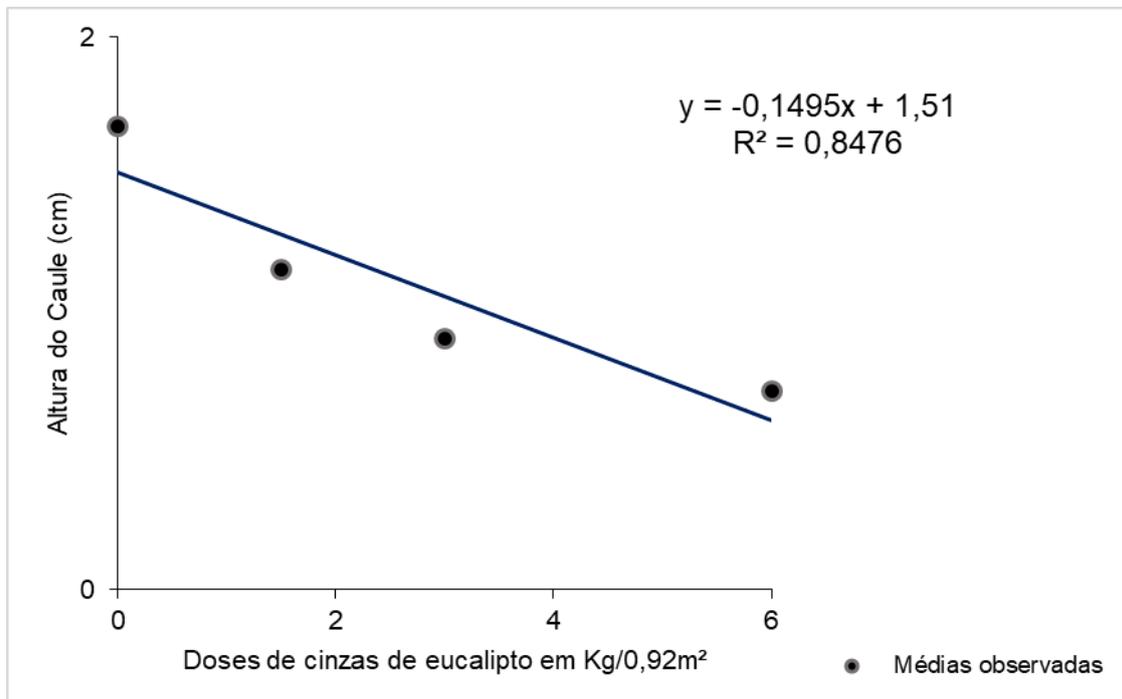
Os resultados observados para as variáveis de peso fresco e seco radicular foram bem semelhantes. Nesta situação, o maior peso radicular foi observado quando se aplicou a dose de cinza vegetal também do tratamento 2, sendo a de 1,5 Kg/0,90m<sup>2</sup>. Foi observado o peso de 1,42g promovendo um incremento produtivo de peso fresco das raízes da alface de 83,10% quando comparado ao tratamento onde não foi realizada a adubação com o resíduo em estudo.

Além disso, conforme demonstra o gráfico, é possível verificar que à proporção que se eleva as doses de cinzas aplicadas, a variável PSR apresenta também uma redução considerada.

No trabalho realizado por Baretta *et al* (2015) com a cultura do feijão, a utilização de cinza vegetal como fertilizante demonstrou influenciar na massa seca da raiz pois, quando se utiliza a cinza vegetal como fonte de adubação, ela promove a neutralização da acidez pelo fornecimento de carbonato de cálcio e magnésio, melhorando a disponibilidade de nutrientes para as plantas e possibilitando assim, um melhor desenvolvimento de radicular da cultura.

Em relação à interação entre os tratamentos e variável Comprimento do Caule das plantas de alface, como pode ser observado logo abaixo na Figura 5, ajustou-se ao modelo de regressão linear.

**Figura 5:** Análise de Regressão Linear para Comprimento do Caule das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.

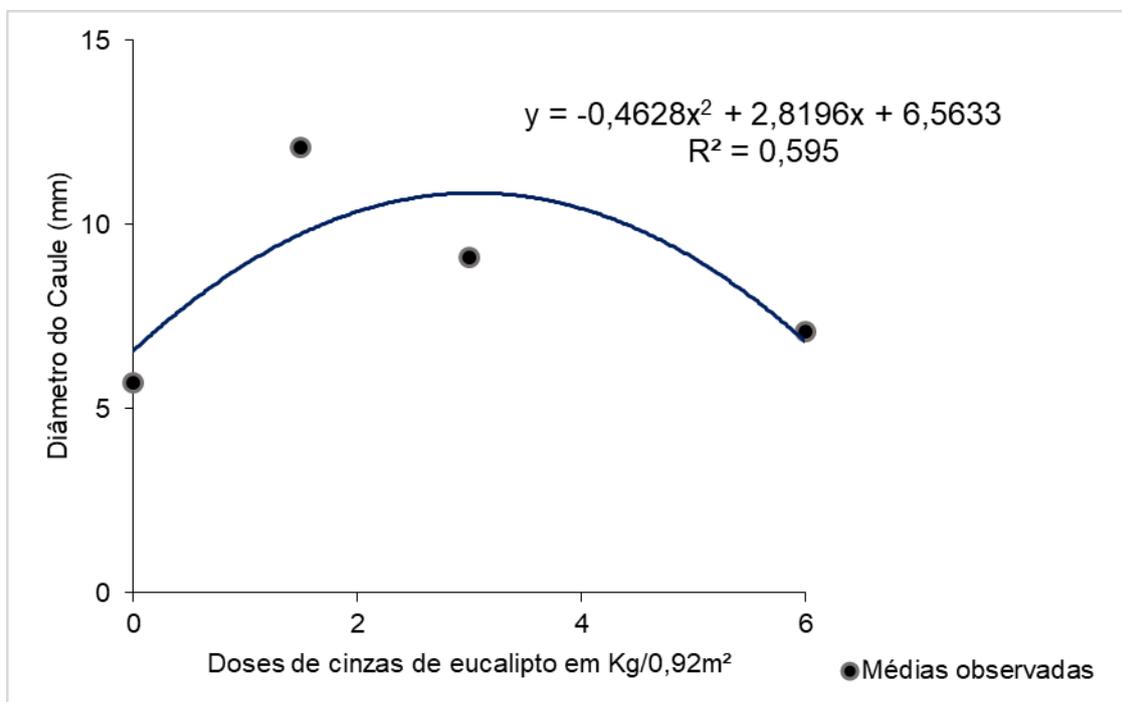


Ao analisar o gráfico acima, é possível verificar que, o maior comprimento de caule identificado no experimento foi observado justamente no T1, que consiste na testemunha sem a adição de cinza de biomassa vegetal. À medida em que se aplica as doses de cinzas na cultura da alface, as médias de comprimento do caule reduzem e neste caso em específico, isso é bom pois, devido às plantas de alface apresentarem crescimento da parte aérea em forma de roseta, as folhas tendem a se desenvolverem, e devido a isso, a altura do caule se reduz. Esta variável é considerada uma característica limitante da produção pois, aquelas que apresentam maiores comprimentos de caule, sofrem o mecanismo chamado de estiolamento, quando a planta alonga o caule em busca da luz solar, ou seja, plantas estioladas caracterizam-se por apresentarem caules longos e folhas pequenas.

De acordo com Cock et al (2002), os maiores comprimentos de caule observados em cultivares de alface expressam características de pendoamento precoce. Além disso, essas plantas, por não tolerarem as condições de temperatura do ambiente onde estão expostas, provocam o alongamento do caule que, conseqüentemente, acarretam outros prejuízos, como a redução do número de folhas, afeta a formação da parte aérea comercial e estimula a produção de látex, o que torna o sabor das folhas amargo, tornando-as impróprias para comercialização e consumo.

No que diz respeito à variável Diâmetro do Caule das plantas de alface, como pode ser observado na Figura 6, foi ajustada ao modelo de regressão quadrática devido ao seu maior grau de significância.

**Figura 6:** Análise de Regressão Quadrática para Diâmetro do Caule das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.



Fonte: O Autor.

Para a variável diâmetro do caule, a aplicação da dose de 1,5 Kg/0,90m<sup>2</sup> de cinza vegetal (T2) resultou no diâmetro mais espesso de caule, sendo de 12,08 mm, apresentando um incremento produtivo de 52,90%. Ademais, conforme demonstra o gráfico, é possível verificar que, à medida que se eleva as doses de cinzas aplicadas, a variável DC apresenta também uma redução considerada, sendo que na maior dose de cinza utilizada (6,0Kg/0,92m<sup>2</sup>) a média observada dessa variável ficou entorno de 7,11 mm.

Resultados semelhantes aos observados neste estudo, para o diâmetro do caule, também foram evidenciados por Bonfim-Silva et al (2013) com a cultura do feijão guandu e utilização da cinza vegetal como fonte de adubação, onde observaram uma média de 2,97 mm de diâmetro de caule quando aplicada a dose de 15 g dm<sup>-3</sup> de cinza vegetal, promovendo um

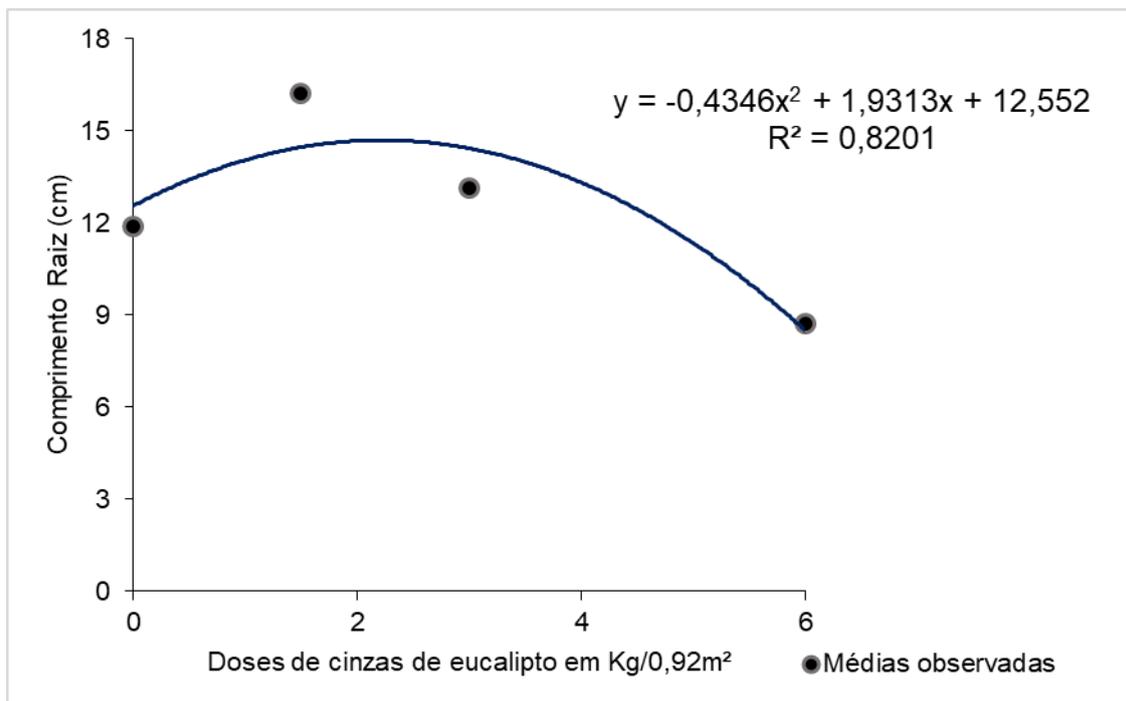
incremento na produção de 23,57%, quando comparada ao tratamento em que não se utilizou o resíduo.

Daniel et al. (1997) descreve que o diâmetro de caule de leguminosas, geralmente, é a característica mais observada para indicar a capacidade de sobrevivência das mudas no campo, além de ser um fator que auxilia na definição das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas.

Nas palavras de Carneiro (1995), espécies florestais que se desenvolvem apresentando um maior diâmetro de caule, apresentam um maior equilíbrio no crescimento da parte aérea. É possível assemelhar essa afirmação às demais espécies vegetais, como é o caso das hortaliças pois, o caule é quem fornecerá suporte e sustentação para a parte aérea das plantas.

No que se refere à variável comprimento radicular das plantas de alface, como é possível verificar na figura 7 abaixo, ela foi ajustada também ao modelo de regressão quadrática devido ao seu maior grau de significância.

**Figura 7:** Análise de Regressão Quadrática para Comprimento Radicular das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.



Fonte: O Autor.

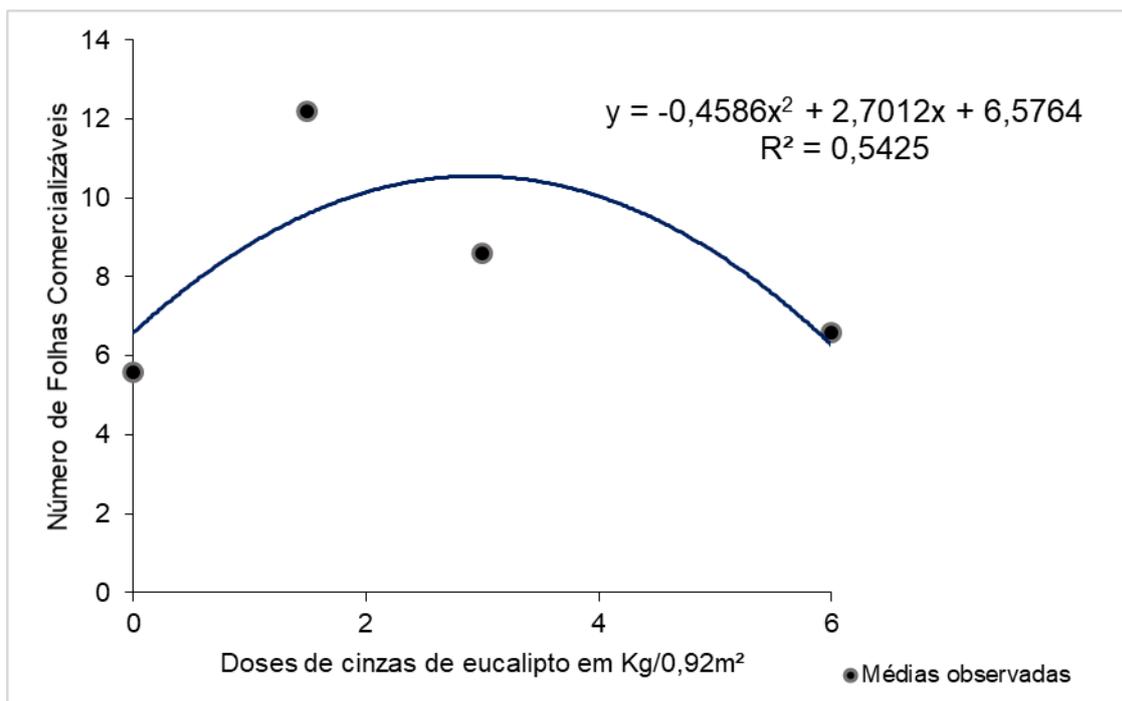
Neste caso, o maior comprimento radicular foi verificado quando se aplicou a dose de cinza vegetal de 1,5 Kg/0,90m<sup>2</sup> (T2) onde foi observado o comprimento de 16,21 cm, promovendo um incremento produtivo de 26,59% quando comparado ao tratamento onde não foi realizada a adubação com a cinza de biomassa vegetal. Além do mais, conforme demonstra o gráfico acima, é possível verificar que, à medida que se eleva as doses de cinzas aplicadas, a variável CR apresenta também uma redução considerada. É provável que o

excesso de nutrientes fornecido pelo uso das cinzas tenha afetado o crescimento das raízes das plantas de alface. Isso porque, o desequilíbrio nutricional no solo (escassez ou excesso) pode promover dificuldades para as plantas na absorção de outros nutrientes, sendo esse fenômeno conhecido como antagonismo.

Maeda et al (2007) afirmam que a cinza de biomassa vegetal é um importante composto orgânico, capaz de fornecer macronutrientes como o Cálcio e o Magnésio, contribuindo para a redução dos teores de alumínio no solo, promovendo assim, a neutralização da acidez e auxiliando na disponibilidade de nutrientes para as plantas, resultando em um melhor desenvolvimento radicular.

Em relação à interação entre os tratamentos e variável número de folhas comerciais das plantas de alface, como pode ser observado logo abaixo na Figura 8, foi adotado o modelo de regressão quadrática.

**Figura 8:** Análise de Regressão Quadrática para Número de Folhas Possíveis de Serem Comercializadas das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.



Fonte: O Autor.

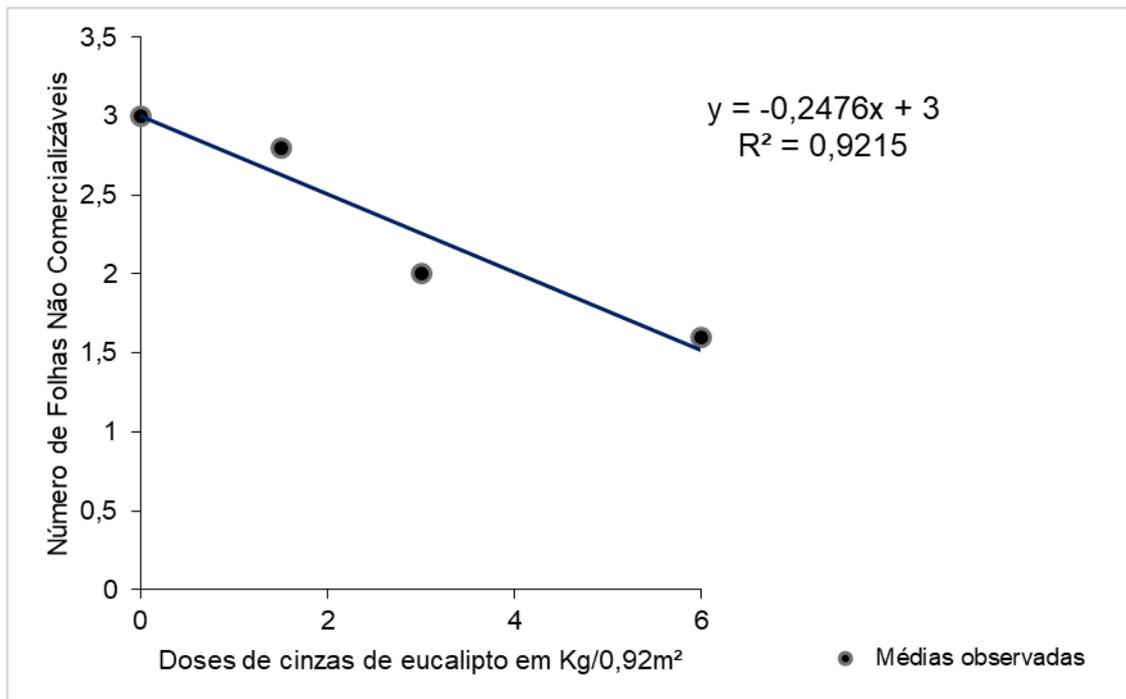
Conforme pode ser observado na figura acima, para a testemunha onde não se utilizou nenhuma dose de cinza, a média ficou em torno de 5 folhas comercializáveis, quando as plantas já se encontravam no estágio adulto. Já as plantas que apresentaram maiores quantidades de folhas aptas para comercialização e consumo foram aquelas que receberam a dose de cinza vegetal de 1,5 Kg/0,90m<sup>2</sup> pois, a média de folhas, observada neste tratamento foi de 12,20 folhas possibilitando um incremento produtivo de 54,10%, quando comparado este tratamento com a testemunha, onde foi aplicado 0 Kg/0,90m<sup>2</sup> do resíduo orgânico. Contudo, conforme estabelecido no gráfico, a produção foi de 5 para 12 folhas, aumentando e m torno de 7 folhas por planta, proporcionando assim maiores quantidades não somente de

folhas, mas também de massa da parte aérea e trazendo benefícios para a produção final da cultura.

Hotta (2008) argumenta que, o número de folhas é uma característica de grande importância para o produtor, pois é justamente o produto a ser destinado à comercialização, além de ser uma variável que serve como base de indicação para possível adaptação do material genético ao ambiente.

Por fim, no que concerne à interação entre os tratamentos e a variável Número de Folhas Não Comerciais das plantas de alface, como pode ser observado logo abaixo na Figura 9, essa variável foi ajustada ao modelo de regressão linear.

**Figura 9:** Análise de Regressão Linear para Número de Folhas Impossíveis de Serem Comercializadas das plantas de alface mediante diferentes dosagens de cinzas avaliadas.



Conforme pode ser observado no gráfico acima, para a testemunha onde não se utilizou nenhuma dose de cinza, nas plantas já adultas, a média ficou em torno de 3 folhas impossíveis de serem comercializadas. É possível identificar também que, à medida que se aplica e aumenta as doses de cinzas sobre a cultura, a variável NFNC apresenta também uma redução. Conforme estabelecido no gráfico, a média do número de folhas impróprias para comercialização e consumo reduzem de 3 para aproximadamente 1,5. É possível interpretar que, a utilização das cinzas como adubo orgânico promove uma redução nas perdas de produtos na colheita possibilitando um maior aproveitamento da parte aérea das plantas de alface.

Brzezinski et al (2017) afirmam que plantas de alface que apresentam grande quantidade de folhas não comerciais refletem em menor qualidade comercial das mesmas, pois essas folhas são inadequadas para a comercialização (*venda in natura*).

Após a colheita da cultura, foram coletadas amostras de solo de cada tratamento para proceder à análise química, os resultados obtidos em relação aos teores nutricionais do solo em estudo, em mistura com as diferentes doses de cinza de biomassa vegetal, se encontram dispostos na tabela 5.

**Tabela 5:** Análise química sobre o efeito da aplicação de diferentes dosagens de cinzas de biomassa vegetal no solo em estudo.

<b>Parâmetros</b>	<b>T1</b> <b>(Testemunha)</b>	<b>T2</b> <b>(1,5 Kg cinza)</b>	<b>T3</b> <b>(3,0 Kg cinza)</b>	<b>T4</b> <b>(6,0 Kg cinza)</b>
<b>pH CaCl<sub>2</sub></b>	4,12	7,39	7,79	8,33
<b>Al<sup>3+</sup></b>	0,92	0	0	0
<b>CTC</b>	8,34	22,40	20,55	19,92
<b>SB</b>	7,42	21,17	19,62	19,30
<b>MO</b>	3,58	2,96	2,88	2,69
<b>P</b>	15,18	49,77	37,92	30,26
<b>K</b>	3,87	8,62	16,64	32,13
<b>Ca</b>	28,73	65,49	51,97	36,6
<b>Mg</b>	8,40	20,40	26,86	28,16
<b>B</b>	0,57	0,36	0,50	1,06
<b>Cu</b>	20,51	0,84	0,64	1,00
<b>Fe</b>	42,4	32,60	32,70	32,94
<b>Mn</b>	69,79	27,00	6,55	0,54
<b>Zn</b>	6,18	2,77	0,97	0,69

Al<sup>3+</sup>, CTC, SB e Mg (cmolc/dm<sup>-3</sup>); P, K, B, Cu, Fe, Mn e Zn (mg/dm<sup>-3</sup>); Ca e MO (%).

Fonte: LABORFORT– Análises Químicas (2021).

É possível interpretar a Tabela 5 acima, como os resultados da composição química do solo antes da incorporação da cinza vegetal, ou seja, no T1 (testemunha), pode-se observar que se tratava de um solo ácido, com baixos teores de macronutrientes como Cálcio, Magnésio, Fósforo e Potássio. Além disso, apresentava também baixa saturação de base e existência de  $Al^{3+}$  sendo considerado um elemento extremamente tóxico para as plantas. No entanto, conforme o esperado, à medida em que se realizou a adubação orgânica utilizando-se da cinza vegetal proveniente da queima do eucalipto, ocorreu um aumento significativo nos teores dos nutrientes no solo, assim como reduziu completamente, a disponibilidade de  $Al^{3+}$ . Verificou-se também que, com o acréscimo das doses de cinza, houve um aumento significativo do pH do solo, passando de 4,12 para 8,33 e promovendo a neutralização da acidez do mesmo.

Conforme Hansen et al (2017), a cinza vegetal é um adubo orgânico, rico em nutrientes e, devido à presença de íons de cálcio, magnésio e potássio, é capaz de elevar a saturação por bases do solo.

Neste sentido, Guariz et al (2009) também salientaram que a incorporação das cinzas ao solo pode promover mudanças em suas características químicas, como elevação nos teores de Ca, Mg, B, Mn, CTC, nos níveis de pH além de elevar a saturação por bases e atuar na redução dos níveis de  $Al^{3+}$  e Fe. Estes autores mencionam que o uso e aplicação de cinzas deve ser criteriosa pois, doses excessivas podem ser tóxicas para as plantas.

Quando se utiliza doses muito elevadas de cinza vegetal nas culturas, pode-se prejudicar o desenvolvimento das raízes das plantas (IGNATIEFF E PAGE, 1959). Nascimento (2013) também salienta que o uso inconveniente das cinzas pode também acarretar prejuízos ao ecossistema, como a salinização dos solos, o desbalanço nutricional, o acúmulo de contaminantes e a lixiviação ou escoamento superficial de nutrientes e contaminantes, comprometendo, como um todo, a produção das culturas e qualidade do solo e da água.

Ao analisar os valores obtidos na análise química de solo para o tratamento 4, onde foi aplicada a maior dose de cinza ( $6,0 \text{ Kg/dm}^{-3}$ ) é possível visualizar que o solo em mistura com a maior dose de cinza atingiu uma condição extremamente básica. Nestas condições, a disponibilidade e a absorção de determinados elementos acabam sendo comprometidas. Portanto, o efeito negativo de fototoxicidade visualizado nas plantas neste tratamento pode ter ocorrido, principalmente devido à quantidade excessiva de cinza utilizada.

Estudos semelhantes também evidenciaram essas condições e resultados, Darolt et al. (1993) testaram diferentes quantidades de cinza na nutrição da cultura da alface e verificaram ganhos significativos na produção nas quantidades de 10 t/ha e 15 t/ha. No entanto, nas doses de 20 t/ha e 30 t/ha, os resultados não foram tão satisfatórios. De acordo com estes pesquisadores, esse efeito negativo evidente está relacionado diretamente com o maior desequilíbrio nutricional proporcionado pelas maiores doses de cinzas utilizadas. Logo, se faz

necessário conduzir novos estudos testando diferentes quantidades deste produto, afim de identificar qual dose melhor se enquadra para o cultivo das diferentes culturas, sem trazer efeitos negativos para as plantas e para o produtor.

Bonfim-Silva et al (2020) consideram que, para tornar o uso desse resíduo mais eficiente na agricultura, é interessante realizar três diferentes etapas: primeiramente, deve-se proceder à análise química da cinza vegetal antes da sua aplicação no sistema agrícola como corretivo e/ou fertilizante. Após aplicação das cinzas, é importante realizar o monitoramento das concentrações de nutrientes no solo e por fim, porém não menos importante, é valioso monitorar a absorção dos nutrientes pelas plantas. Tudo isso é necessário para evitar o excesso da aplicação desse resíduo nos sistemas agrícolas.

### 3 CONCLUSÃO

As cinzas de biomassa vegetal constituem-se em um importante composto orgânico possível de ser utilizado na agricultura, principalmente para o suprimento das necessidades nutricionais da cultura da alface, por trazer benefícios em relação ao desenvolvimento e resultados dos parâmetros fisiológicos das plantas. A aplicação de cinza de biomassa vegetal na dose de 1,5 Kg/0,90m<sup>2</sup>, proporcionou maior desenvolvimento da alface. Além disso, a cinza vegetal, em mistura com o solo na produção de alface, trouxe resultados satisfatórios em relação aos índices de qualidade do solo em estudo, como a correção da acidez do solo através da elevação do nível de pH; aumento da CTC e SB; redução dos teores de Al<sup>3+</sup> e aumento na disponibilidade de macro e micronutrientes.

### REFERÊNCIAS

- ABREU, I. M. O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Ciência e Tecnologia de Alimento**, v. 30, (Supl.1), p. 108-118, 2010.
- ARRUDA, J. A.; AZEVEDO, T. A. O.; FREIRE, J. L. O.; BANDEIRA, L. B.; ESTRELA, J. W. M.; SANTOS, S. J. A. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas. **Revista Principia**, João Pessoa, n.30, p. 13, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMERCIO DE SEMENTES E MUDAS – **ABCSEM**. Dados do setor. 2017.
- BARETTA, C.R.D.M.; OGLIARI, A.J.; KRAFT, E.; PADILHA, M.S.; TRENTO, A.; SOUZA, J.P. Avaliação da cinza vegetal como fertilizante do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Congresso brasileiro de ciência e solo**, 2015.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L.; POLIZEL, A. C. Desenvolvimento e produção de crotalária juncea adubada com cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol.7, n.13, p. 379, 2011.

BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. J. A.; MOREIRA, J. C. F.; CARVALHO, J. C. S. Cinza Vegetal: Características Produtivas e Teor de Clorofila do Capim-Marandu. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n.5, p.1215-1225, 2013.

BONFIM-SILVA, E.M.; SANTOS, C.C.; MENESES, N.S.; FARIAS, L.N.; SILVA, T.J.A. Características estruturais do feijão guandu adubado com cinza vegetal em latossolo vermelho de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 543 – 550, 2013.

BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, T.J.A.; SANTOS, C.C.; CABRAL, C.E.A.; SANTOS, I.B. Características produtivas e eficiência no uso de água em rúcula adubada com cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; p. 178 – 186, 2011.

BONFIM-SILVA, E. M.; CARVALHO, J. M. G.; PEREIRA, M. T. J.; SILVA, T. J. A. Cinza vegetal na adubação de plantas de algodoeiro em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.21, p.523, 2015.

BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; JOSÉ, J. V. CAPÍTULO I - Cinza vegetal como corretivo e fertilizante **Editora Uniedusul**, Maringá, p. 7 - 25, 2020.

BRZEZINSKI, C.R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.1, p. 083-089, jan/fev, 2017.

CARNEIRO, J. G. de A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: **UFPR/FUPEF**, Campos: UENF, p.451, 1995.

COCK, W.R.S; AMARAL JUNIOR, A.T.; BRESSAN-SMITH, R.E.; MONNERAT, P.H. Biometrical analysis of phosphorus use efficiency in lettuce cultivars adapted to high temperatures. **Euphytica**, Dordrecht, v.126, n.3, p.299-308, 2002.

DALLAGO, J. S. Utilização da cinza de biomassa de caldeira como fonte de nutrientes no crescimento de plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). 2000. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; ALOVIS, A. A. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 31-47, 1997.

DAROLT, M.R.; BLANCO NETO, V.; ZAMBON, F.R.A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivos de solo na cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v.11, n.1, p.38-40, 1993.

DAROLT, M.R.; OSAKI, F. Efeito da cinza de caieiras de cal sobre a produção da aveia preta, no comportamento de alguns nutrientes. 1989, 33p. In: **Calagem & Adubação**. Campinas, SP: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1989.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 3ed. p.353, 2013.

GUARIZ, H. R.; PICOLI, M. H. S.; CAMPANHARO, W. A.; RODRIGUES, B. P. Uso de cinzas de fornos de cerâmica como fonte de nutrientes para aproveitamento na agricultura. In: **Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos**, 1., 2009, Vitória. Anais... Vitória: Incaper, 2009.

HARALDSEN, T. K.; PEDERSEN, P. A.; GRONLUND, A. Mixtures of bottom wood ash and meat and bone meal as NPK fertilizer. In: INSAM, H.; KNAPP, B. A. (Eds.). **Recycling of biomass ashes**. Berlin: Springer, 2011. p. 33-44.

HOTTA, L. F. K. Interação de progênies de alface do grupo americano por épocas e cultivo. 2008. 87p. Dissertação (**Mestrado em Horticultura**). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

IGNATIEFF, V. PAGE, H. J. El uso eficaz de los fertilizantes. 2. ed. Roma: **FAO**, 1959. p.101-102.

JERÔNIMO, C. E; SILVA, G. O. Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco. **Monografias Ambientais**, Natal - RN. Brasil, v. 10, n. 10, p. 2193-2208, 2012.

MAEDA, S; SILVA, H. D; BELLOTE, A. F. J; SANTANA, D. L. Q; SALDANHA, I. A. A; DEDECEK, R. A; LIMA, E. A. Cinza de Biomassa Florestal como Insumo para Plantio de Pinus taeda em Cambissolo e Latossolo em Vargem Bonita, SC. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Embrapa. Comunicado Técnico**, v. 187, ISSN 1517-5030, Colombo, PR, 2007.

MARANHA, L.G.; OLIVEIRA, K.S.; MARANHA, R.G.; SOUZA, R.F.; SILVA, R.B. cinza vegetal como fonte alternativa de potássio na nutrição da cultura de alface (*Lactuca sativa*). In: **Congresso norte nordeste de pesquisa e inovação, VII**, Palmas. Resumos. 2012.

NASCIMENTO, B. B. Efeito da cinza de biomassa florestal na fertilidade e na sorção de imazetapir em solos ácidos. **Dissertação de mestrado**, USP – Piracicaba, 2013.

NASCIMENTO FILHO, W.B.; FRANCO, C.R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.

NORSTROM, S. H.; BYLUND, D.; VESTIN, J. L. K.; LUNDSTROM, U. S. Initial effects of wood ash application to soil and soil solution chemistry in a small, boreal catchment. **Geoderma**, v. 187-188, p. 85-93, 2012.

RIGAU, A. Los Abonos — **Su preparación y empleo**. 2. ed, Barcelona, 1960. p. 80.

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

TERRA, M.A.; LEONEL, F.F.; SILVA, C.G.; FONSECA, A.M. Cinza vegetal na germinação e no desenvolvimento da alface. **Revista Agrogeoambiental**, v.6, n.1, p.11-17, 2014.

YURI, E. J.; RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; GOMES, A. S. Desempenho agrônômico de genótipos de alface americana no Submédio do Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v.35, n.2, p.292- 297, abr. 2017.