

Uso de cinza de madeira e cama de aviário no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus benthamii*

Use of wood ash and poultry litter in the early development of Eucalyptus benthamii

Jonatas Thiago Piva ¹(ORCID 0000-0002-3060-6885), Caroline Ferreira Ceia Ramos Brenner ²(ORCID 0009-0004-4244-4651), Djalma Eugênio Schmitt ^{2*}(ORCID 0000-0001-9665-9704)

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, PR, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, Brasil. *Autor para correspondência: djalma.schmitt@gmail.com

Submissão: 09/08/2023 | Aceite: 30/11/2023

RESUMO

Os solos brasileiros geralmente apresentam baixa fertilidade natural, dentre eles os solos florestais. O estudo tem como objetivo avaliar o crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* no planalto catarinense, com aplicação de fontes de adubação orgânicas e mineral. O estudo foi realizado em casa de vegetação, utilizando um Cambissolo Háplico. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 2,5 dm³ de solo. O delineamento experimental utilizado foi completo casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos das seguintes fontes de adubos: testemunha (sem adubo); adubo mineral (NPK 9-33-12, equivalente a 187 mg dm³); cama de aviário na dose equivalente de 2.200 kg ha⁻¹ e cinza vegetal de madeira de eucalipto na dose de 5.500 kg ha⁻¹. A quantidade de cada adubo foi aplicada para fornecer o equivalente a 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹. Foram avaliados altura de plantas, número de pares de folhas aos 90 e 180 dias e a massa seca de parte aérea e raízes, índice de qualidade de Dickson e os teores de fósforo (P) e nitrogênio (N) na parte aérea de eucalipto. A adubação com cinza de madeira apresentou altura superior aos 90 dias após a implantação, sendo semelhante ao fertilizante mineral e testemunha aos 90 dias e semelhante à adubação mineral. Já aos 180 dias após a cinza de madeira foi superior as demais fontes de adubação, sendo semelhante a adubação mineral. A massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, teor de N e P na parte aérea não apresentaram diferenças entre as fontes de adubação. A adubação via cama de aviário inibiu o crescimento inicial da espécie, contudo a adubação com cinza de madeira pode ser uma alternativa o plantio de *Eucalyptus benthamii*.

PALAVRAS-CHAVE: adubação orgânica; adubo mineral; cama de aviário; resíduo madeireiro.

ABSTRACT

The Brazilian soils generally exhibit low natural fertility, including forest soils. The study aims to evaluate the initial growth of *Eucalyptus benthamii* in the plateau region of Santa Catarina, with the application of organic and mineral fertilization sources. The study was conducted in a greenhouse, using a Haplic Cambisol. Each experimental unit consisted of a 2.5 dm³ soil pot. The experimental design used was completely randomized, with four treatments and five replications. The treatments consisted of the following fertilizer sources: control (without fertilizer); mineral fertilizer (NPK 9-33-12, equivalent to 187 mg dm³); poultry litter at a dose equivalent to 2,200 kg ha⁻¹; and eucalyptus wood ash at a dose of 5,500 kg ha⁻¹. The quantity of each fertilizer was applied to provide the equivalent of 50 kg of P₂O₅ ha⁻¹. Plant height, number of leaf pairs at 90 and 180 days, dry weight of aboveground and root parts, Dickson's quality index, and phosphorus (P) and nitrogen (N) levels in eucalyptus aboveground parts were evaluated. Fertilization with wood ash resulted in greater height at 90 days after establishment, being similar to mineral fertilizer and control at 90 days and similar to mineral fertilization. At 180 days, wood ash was superior to other fertilizer sources, being similar to mineral fertilization. Dry weight of aboveground parts, dry weight of roots, and N and P content in aboveground parts showed no differences among the fertilizer sources. Poultry litter fertilization inhibited the initial growth of the species; however, fertilization with wood ash could be an alternative for planting *Eucalyptus benthamii*.

KEYWORDS: organic fertilization; mineral fertilizer; poultry litter; wood residue.

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta condições edafoclimáticas favoráveis a produção de florestas cultivadas, dentre eles as espécies do gênero *Eucalyptus* (FLORES et al. 2016). A área cultivada com eucalipto no Brasil no ano de 2021 foi de cerca de 7,53 milhões de hectares, sendo a espécie florestal mais cultivada no Brasil (IBA 2022). Para o adequado desenvolvimento do Eucalipto é fundamental que o estágio inicial de desenvolvimento seja vigoroso, uma vez que, mudas de alto padrão apresentam maior índice de sobrevivência, melhor crescimento e desenvolvimento das plantas, reduzindo a frequência dos tratos culturais e garantindo um produto de alta qualidade com baixo custo, características extremamente desejáveis, sobretudo em regiões com presença de geadas e condições climáticas adversas a cultura, como as do Planalto Catarinense (FRIGOTTO et al. 2020).

Além disso, nos solos com baixa fertilidade natural, como os do Sul do Brasil, é necessário realizar o fornecimento de nutrientes na forma de fertilizantes ou resíduos que contenham nutrientes (CQFS-RS/SC 2016). Esses fertilizantes podem incrementar a produção, aumentando a produtividade, podendo reduzir o ciclo produtivo (DIAS et al. 2015).

A grande maioria dos fertilizantes minerais são importados e apresentam alto custo, tornando a adubação uma fonte considerável de custos no povoamento florestal (CUNHA et al. 2021). Além disso, como os fertilizantes solúveis são commodities agrícolas, seu preço é estipulado a cotação internacional, o que pode contribuir significativamente com os custos de produção. Como alternativa, pode ser utilizado fontes orgânicas de fertilizantes, como a cama de aviário e as cinzas obtidas pela carbonização da madeira, que além de incrementar os teores de nutrientes no solo (AN & PARK 2021) podendo elevar os valores de capacidade de troca de cátions.

A cama de aviário é um resíduo facilmente encontrado no Sul do Brasil e que possui tanto macro como micronutrientes (ROGERI et al. 2016). Além disso, como na cama de aviário é adicionado quantidades de óxido de cálcio (CaO) podendo elevar o pH do solo e incrementar os teores de Ca no solo (TOLUWASE et al. 2020). No entanto, a cama apresenta quantidade variável de serragem e maravalha misturada ao esterco de frango, podendo resultar em alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (CQFS-RS/SC 2016) o que pode imobilizar parte do N do solo, o que poderia afetar o crescimento inicial das mudas de eucalipto.

A região do Planalto de Santa Catarina apresenta áreas com produção de pinus e eucalipto, no qual os restos de colheita podem ser utilizados para a geração de energia elétrica através da queima da biomassa (HABITZREITER et al. 2019). Além disso, muitas serrarias produzem serragem, que geralmente são utilizadas em caldeiras para aquecimento e secagem de tábuas de madeira. Ambas atividades geram cinzas que precisam ser destinadas em local adequado (SANTOS 2012). No entanto, semelhante a cama de aviário, essas cinzas apresentam nutrientes em sua composição, que podem ser fornecidos para as espécies florestais, repondo os nutrientes absorvidos pela floresta (CQFS-RS/SC 2016).

As serrarias podem gerar quantidades significativas de serragem, alcançando até 18% do volume da madeira (HAMBISA et al. 2023). O uso das cinzas possibilita a substituição parcial ou mesmo total da adubação mineral na implantação de mudas de *Eucalyptus*, pela disponibilidade de nutrientes presentes, garantindo elevada produtividade (SCHEEPER & TOIT 2017). Além da quantidade de nutrientes, as cinzas podem conter bases como OH⁻, diminuindo a acidez do solo (REID & WATMOUGH 2014).

O uso de resíduos orgânicas em manejo de fertilidade do solo é uma prática sustentável por reduzir a produção de resíduos pela indústria, além de minimizar o impacto ambiental da extração de minerais do solo e produção de fertilizantes nitrogenados (THOMAZINI et al. 2022). Contudo, ainda são escassos os trabalhos que avaliam o desenvolvimento inicial do *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage com fontes alternativas de adubos, como a cama de aviário e as cinzas de madeiras.

A hipótese é que a aplicação de cama de aviário e cinza de caldeira resultarão em mudas com tamanho semelhante à adubação mineral aos 180 dias de desenvolvimento de *Eucalyptus benthamii*. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da adubação orgânica e mineral no crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* Maiden em vaso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Curitiba, SC, em casa de vegetação no Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina.

Foram coletadas amostras de um Cambissolo Háplico (SANTOS et al. 2018) de textura argilosa, sem histórico de cultivo na camada de 0-20 cm sob vegetação nativa de floresta, derivado de basalto. O solo foi submetido a um processo de destorroado e passado em peneira de 2 mm e seco em estufa com circulação de ar a 60 °C. Uma subamostra foi retirada e encaminhada para o laboratório de análise de solo, para realização dos atributos químicos do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do Cambissolo Háplico da camada 0-20 cm, antes da implantação do experimento.

Table 1. Chemical characterization of the Cambissolo Háplico in the 0-20 cm layer before the experiment implemented.

Argila	MO ⁽¹⁾	pH-CaCl ₂	P ⁽²⁾	K ⁺⁽³⁾	Ca ²⁺⁽⁴⁾	Mg ²⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7,0} ⁵	V ⁽⁶⁾	m ⁽⁷⁾
g kg ⁻¹	g dm ⁻³	1:1	mg dm ⁻³	-----cmol _c .dm ⁻³ -----				%		
58,8	37,6	4,3	6,9	62,5	2,2	0,7	1,8	14,6	21,1	37,4

¹ teor de matéria orgânica do solo; ² teor de P disponível por Mehlich 1; ³teor de K trocável do solo extraído por Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama; ⁴Ca, Mg e Al extraídos por KCl 1 mol L⁻¹, sendo o Ca e Mg determinado por absorção atômica e o Al por titulação. ⁵CTC_{pH7,0} – Capacidade de trocas de cátions a pH 7,0; ⁶ V= saturação da CTC por bases; ⁷ m= Saturação da CTC por Al.

Para elevar a saturação por base do solo, foi aplicado calcário dolomítico (PRNT de 99%) 3,85 g por kg de solo, de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC 2016), para atingir pH em água 5,5. O solo foi incubado por cerca de 30 dias para a reação do calcário. Em seguida o solo foi transferido para os vasos de 2,5 dm³.

O delineamento experimental utilizado foi completo casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, em que cada unidade experimental foi representada por uma planta por vaso. Os tratamentos foram constituídos das seguintes adubações: T1= testemunha (sem adubo); T2 = adubo mineral (9-33-12); T3= adubo orgânico (cama de aviário) e T4 = cinza vegetal de madeira. A quantidade de cada adubo aplicado atendeu a demanda da cultura para o nutriente fósforo (P), em função do teor de P disponível no solo e recomendação do manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC 2016). Por isso, foi realizado a aplicação de fertilizantes para adicionar a dose de 25 mg dm³ de P₂O₅¹, com quantidades de 150, 2200 e 5500 kg de adubo mineral, cama de aviário e cinza vegetal por hectare (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química e quantidade de nutrientes e de adubo NPK presentes na cama de aviário e cinza de madeira aplicado no solo.

Table 2. Chemical composition and quantity of nutrients and NPK fertilizer present in the poultry litter and wood ash applied to the soil.

Tratamentos	Teor de nutrientes ²				Total aplicado (kg ha ⁻¹) ³			Total
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MS ⁴	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	-----%-----				-----kg ha ⁻¹ -----			kg ha ⁻¹
NPK	09	33	12	-	13,5	50	18	150
Cama ¹	3,5	3,8	3,0	75	29	50	50	2.200
Cinza ⁵	0,34	1,17	2,24	78	14,5	50	95	5.500

¹ Cama = Cama de aviário; ² Teor de nutrientes na matéria seca; ³ Total de nutrientes aplicados equivalente em kg por hectare; ⁴ MS = Matéria seca. ⁵ Teor de N, P₂O₅ e K₂O realizado em digestão sulfúrica segundo TEDESCO et al. (1995).

Foram utilizadas mudas de *Eucalyptus benthamii*, as quais foram adquiridas de um viveiro local comercial com controle de procedência, com aproximadamente 40 cm de altura, seis pares de folhas e 1 cm de diâmetro de colo. O plantio das mudas foi realizado após a aplicação dos adubos, os quais foram incorporados e misturados no solo antes de serem depositados nos vasos. Em seguida as mudas foram dispostas na casa de vegetação em cima das bancadas de alumínio a cerca de 1,5 m de altura. Os vasos mantiveram uma distância de 30 cm entre eles. A umidade do solo foi mantida a 80% da capacidade de campo, realizando a irrigação manualmente.

As avaliações foram realizadas aos 90 e aos 180 dias após a implantação. Sendo mensuradas a

altura com o uso de uma trena, graduada em centímetros, da base até o ápice da planta, o diâmetro de coleto a 3 cm do solo, com o uso de um paquímetro digital e o número de pares de folhas expandidas por planta. Após 180 dias, as plantas foram cortadas rente ao solo, separadas em raízes e parte aérea. As raízes foram separadas por peneiramento do solo, e posteriormente foram lavadas, secas em estufa de circulação de ar forçada a 65° C até massa constante. Após secas as raízes e a parte aérea foram pesadas em balança analítica para a determinação da massa seca. Com os dados de massa seca e diâmetro de colo foram calculados o Índice de Qualidade de Dickson (DICKSON et al. 1960), de acordo com a seguinte equação (equação 1):

$$IQD = \frac{MST}{\frac{AP \cdot MSA}{DC} + MSR} \quad \text{equação 1}$$

Onde:

MST = massa seca total (g); AP = altura da planta (cm); DC = Diâmetro do colo (mm); MSA = massa seca de parte aérea (g); MSR = massa seca de raiz (g).

A parte aérea foi moída em moinho tipo Willey e submetida à digestão sulfúrica para a determinação de N e P no tecido foliar, conforme metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). O P foi determinado por colorimetria em espectrofotômetro de absorção molecular em comprimento de onda de 882 nm (MURPHY & RILEY 1962). O N foi determinado por destilação e titulado com ácido sulfúrico usando como indicador solução de ácido bórico verde de bromocresol e vermelho de metila (TEDESCO et al. 1995).

A análise dos dados foi realizada inicialmente através da verificação do cumprimento das pressuposições dos modelos de normalidade e homocedasticidade, através dos testes de Shapiro-Wilk ($p = 5\%$) e Bartlett ($p = 5\%$). Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância e quando ocorreu diferença significativa foram comparadas as médias pelo teste de Tukey a 5 %, usando o programa SISVAR (FERREIRA 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de *Eucalyptus benthamii* foi influenciada pela fonte de adubação tanto aos 90 quanto aos 180 dias (Tabela 3, Figura 1). Os demais parâmetros avaliados não foram afetados pelos tipos de adubação das mudas de eucalipto.

Tabela 3. Resultados da análise de variância dos parâmetros avaliados no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus benthamii*.

Table 3. Results of the analysis of variance for the parameters evaluated in the initial development of *Eucalyptus benthamii*.

Parâmetros	F teste	DMS	CV
90 dias			
Altura	0,0049*	9,13	6,66
Diâmetro do colo	0,1978	0,70	9,70
N° pares folha	0,1732	3,15	10,92
180 dias			
Altura	0,0003*	18,81	9,73
Diâmetro do colo	0,1658	0,64	6,19
N° pares folha	0,3484	6,78	12,99
Massa de parte aérea	0,3867	5,99	20,49
Massa raiz	0,6074	2,31	21,14
N tecido	0,4406	5,06	19,90
P tecido	0,8195	8,87	50,75
IQD ²	0,3239	0,41	23,28

*Significante ao nível de 1% de probabilidade. DMS = diferença mínima significativa. CV = coeficiente de variação. ² Índice de qualidade de Dickson.

Com a aplicação com cama de aviário apresentando os menores valores de altura aos 90 dias após a implantação (DAI), sendo semelhante ao adubo mineral. Já aos 180 DAI a cinza e o adubo mineral

apresentaram maiores valores de altura, alcançando entre 109 a 120 cm de altura. Já o adubo mineral demonstrou resultados semelhantes a cama de aviário (com altura média inferior a adubação com cinzas) aos 90 dias, porém tal quadro foi revertido aos 180 DAI, quando a cinza e o adubo mineral apresentaram os maiores valores de altura, entre 109 e 120 cm de altura, enquanto a cama de aviário apresentou altura inferior a 80 cm aos 180 DAI. Já o adubo mineral demonstrou resultados semelhantes a cama de aviário (com altura média inferior a adubação com cinzas) aos 90 dias, porém tal quadro foi revertido aos 180 DAI, quando a cinza e o adubo mineral apresentaram os maiores valores de altura, entre 109 e 120 cm de altura, enquanto a cama de aviário apresentou altura inferior a 80 cm aos 180 DAI. No entanto, para o diâmetro de colo e número de pares de folhas não houve diferenças entre os fertilizantes observados tanto aos 90 quanto aos 180 DAI (Figura 2).

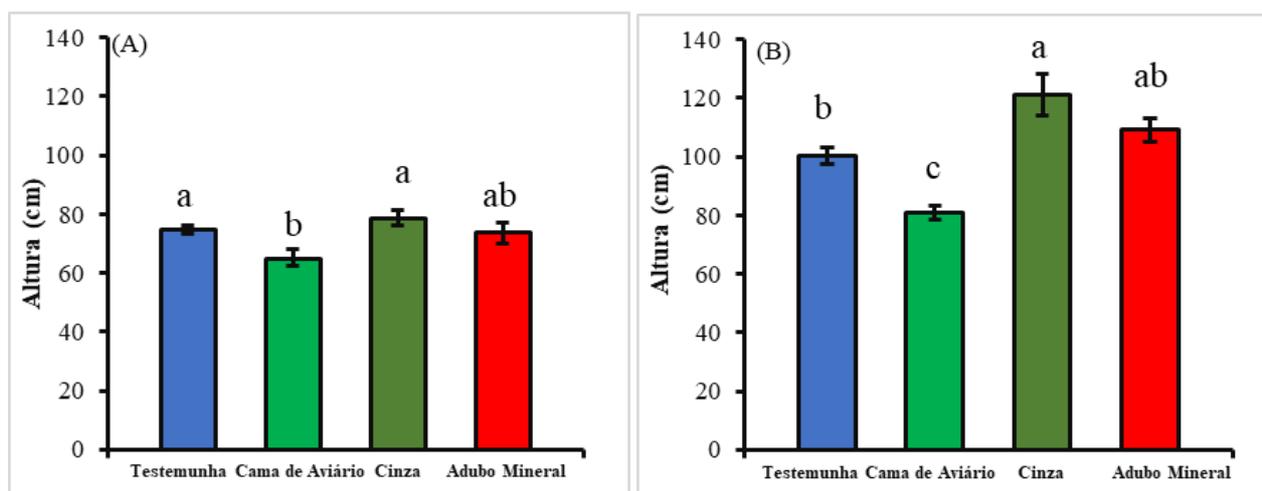


Figura 1. Altura de *Eucalyptus benthamii* em função de diferentes fontes de adubo aos 90 dias após a Implantação (DAI) (A) e 180 DAI (B). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. A barra vertical é o erro padrão da amostra.

Figure 1. Height of *Eucalyptus benthamii* as a function of different fertilizer sources at 90 days after implantation (DAI) (A) and 180 DAI (B). Means followed by the same letter in the column do not differ from each other at a 5% probability level by Tukey's test. The vertical bar represents the standard error of the sample.

No entanto, para o diâmetro de colo e número de pares de folhas não houve diferenças entre os fertilizantes observados tanto aos 90 quanto aos 180 DAI (Figura 2). Os resultados mostram que o uso do adubo mineral e cinza de biomassa florestal proporcionaram maiores alturas ao final da avaliação. A maior resposta das plantas ao adubo mineral pode ser devido a maior solubilidade, sendo que logo após sua aplicação espera-se que este se esteja totalmente disponível para as plantas (MUMBACH et al. 2020). No entanto a aplicação de fertilizante solúvel aporta apenas quantidades de N, P e K.

Já a cama de aviário é um fertilizante orgânico cujo uma grande parte dos nutrientes estão indisponíveis e precisam ser mineralizados pelos microrganismos do solo para posteriormente assumirem formas quimicamente disponíveis para as plantas (NOCE et al. 2014). Por isso, em caso de camas com maiores quantidades de maravalha e serragem pode ocorrer imobilização de N do solo, o que pode afetar o desempenho inicial das plantas (CASSITY-DUFFEY et al. 2020). Assim, a nossa hipótese é que devido a alta relação C/N e uma quantidade significativa de compostos recalcitrantes presentes na cama de aviário, ocorreu a imobilização do N do solo, afetando negativamente o desempenho das plantas tanto aos 90, quanto aos 180 DAI.

Cabe ressaltar que a mineralização do N da cama de aves é inferior a 22% do N da cama nos primeiros 50 dias da aplicação (ROGERI et al. 2015) sendo que apenas 50% do N aportado via cama de aviário estará disponível no primeiro ano de cultivo (CQFS-RS/SC 2016), devido a necessidade de mineralização pelos microrganismos do solo. Por isso, em plantio florestais com cama de aviário pode ser necessário aplicar parte do N na forma solúvel para evitar a baixa taxa de liberação do N da cama de aviário.

Já a cinza, além de apresentar teores de N, P, K (Tabela 2), proporciona incrementos nos teores de

Ca e Mg para as plantas (SILVA et al. 2013). Além disso, pode apresentar bases que elevam o pH do solo, reduzindo a acidez (BONFIM-SILVA et al. 2019) e aumentando a disponibilidade de nutrientes como N e P (SANTOS et al. 1995). Essa maior disponibilidade de nutrientes fornecidos pela cinza aumenta o crescimento em altura e produtividade de espécies florestais (BARRETO et al. 2008), apresentando desempenho superior a fonte solúvel (PRADO et al. 2002). Além disso, a aplicação de cinza de madeira poderia reduzir a demanda de corretivos de acidez ou fertilizantes em áreas florestais que apresentam disponibilidade de cinza, como a região do Planalto de Santa Catarina.

Cabe ressaltar que antes do cultivo o solo foi corrigido com calcário, o que pode ter elevado os teores de Ca e Mg e diminuí a acidez do solo. Essa diminuição da acidez, aliado ao revolvimento do solo pode ter ativado os microrganismos do solo que acabaram mineralizando parte dos nutrientes presentes na matéria orgânica do solo, como o N, P e enxofre (S) (DHIMAN et al. 2019). Isso pode ter influenciado o crescimento da testemunha aos 90 dias, apresentando valores semelhantes de altura em relação à cinza e fertilizante mineral. Já aos 180 dias, parte desses nutrientes podem ter sido absorvido pelas plantas e devido à baixa adição de carbono no solo esses microrganismos podem ter diminuído sua atividade (BARRETO et al. 2008), apresentando valores inferiores conseqüentemente.

Para o diâmetro e número de pares de folhas não houve diferenças entre os tratamentos. O diâmetro encontrado neste trabalho está acima do limite considerado crítico (> 2 cm de diâmetro) para ser considerado mudas bem formada de *Eucalyptus* (WEDLING & DUTRA 2010). No entanto, após 90 dias e 180 DAI o diâmetro médio incrementou para 3,83 e 5,53 cm respectivamente. Esse aumento no diâmetro para todos os tratamentos foi de 44 % dos 90 aos 180 dias de experimento.

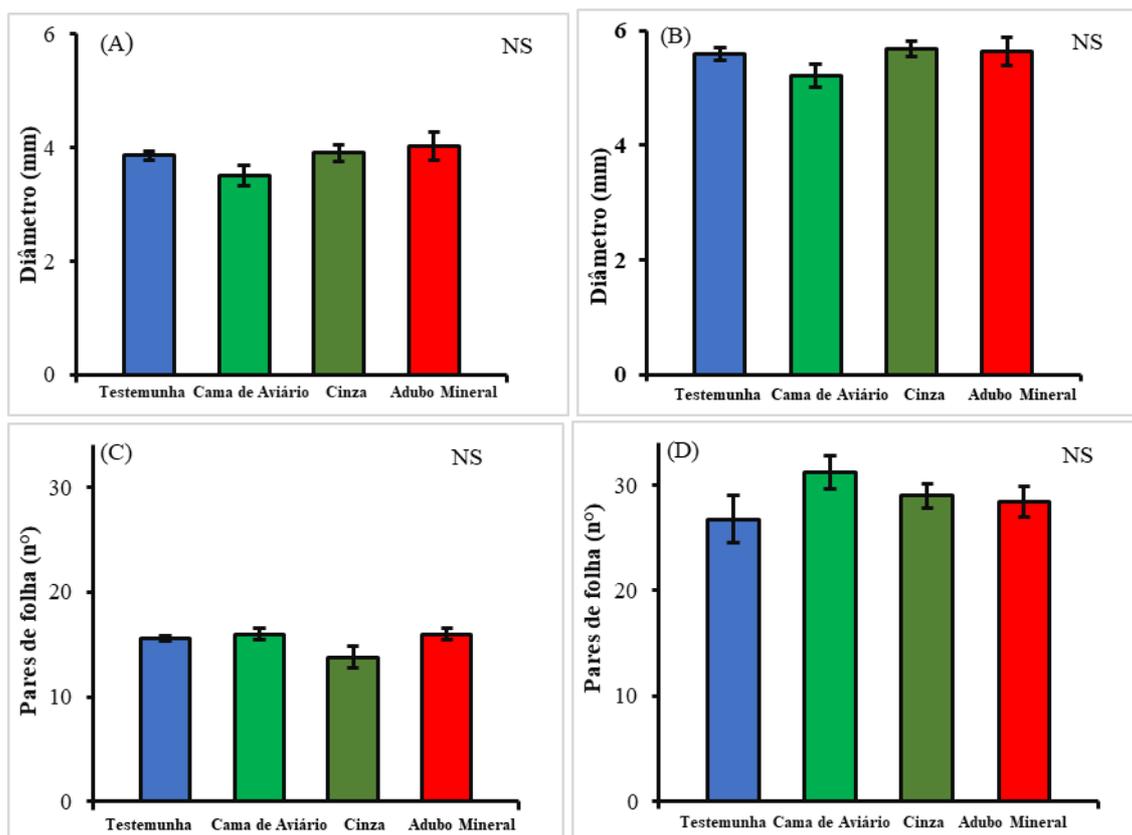


Figura 2. Diâmetro ao 90 (A), 180 DAI (B), número de pares de folhas aos 90 (C) e 180 DAI (D) de *Eucalyptus benthamii* em função de diferentes fontes de adubo. NS = Não significativo pelo teste anova. A barra vertical é o erro padrão da amostra.

Figure 2. Diameter at 90 (A), 180 DAI (B), number of leaf pairs at 90 (C), and 180 DAI (D) of *Eucalyptus benthamii* as a function of different fertilizer sources. NS = Not significant by ANOVA test. The vertical bar represents the standard error of the sample.

Para a massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, teor de N e P na parte aérea não houve diferença entre as fontes de adubação (Figura 3). O desenvolvimento da massa da parte aérea é uma

variável importante na qualidade das mudas. A altura da parte aérea junto com o diâmetro do colo condiz com um dos principais parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio a campo. Uma das hipóteses para tal resultado se diz respeito ao tipo de solo, que é um Cambissolo Háplico de textura argilosa, com teor médio de matéria orgânica, com uma fertilidade natural mediana e alta disponibilidade de P e K (Tabela 1). Além disso, antes do cultivo foi realizada a calagem corrigindo a acidez do solo e aumentando o pH, além de fornecer N e P pela possível mineralização da matéria orgânica. A hipótese, é que esse manejo de correção do solo aliado ao revolvimento, forneceu boas condições para o desenvolvimento do Eucalipto, reduzindo o efeito das adições de fertilizantes tanto na massa de parte aérea como de raízes.

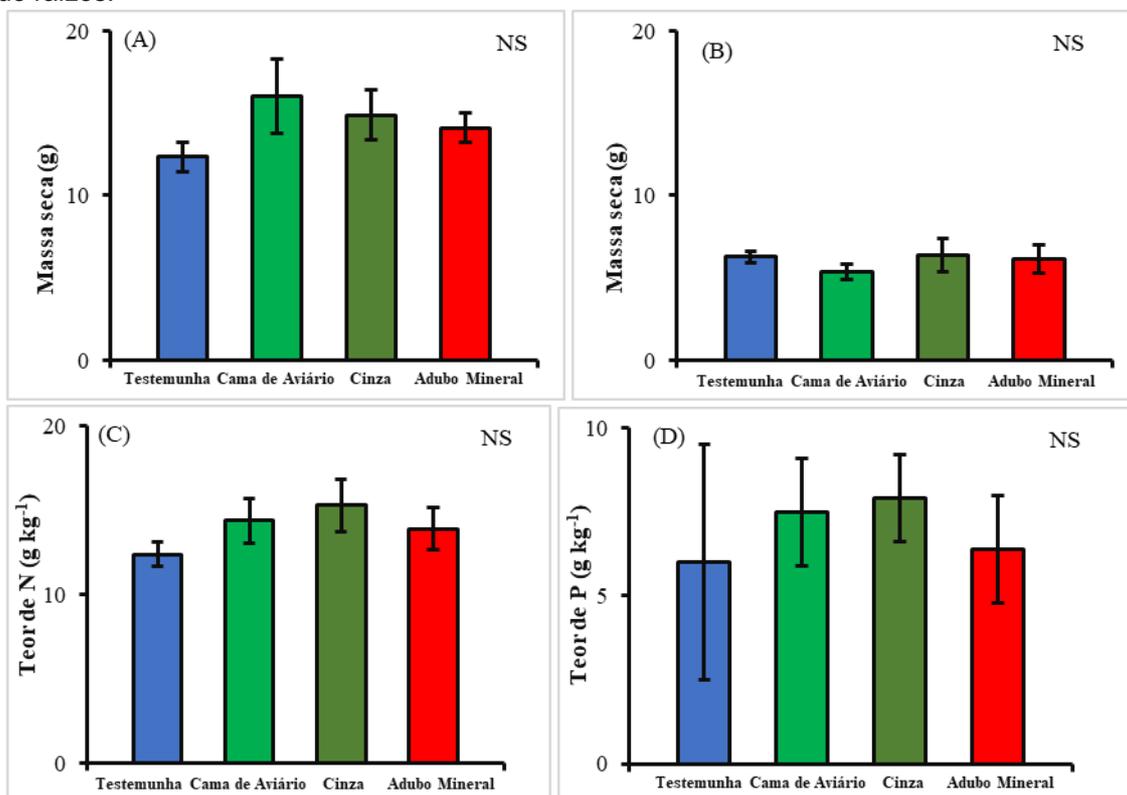


Figura 3. Massa da parte aérea (A), massa da parte da raiz (B), teor de nitrogênio (C), teor de fósforo (D) em tecido de *Eucalyptus benthamii* após 180 dias de implantação. NS = Não significativo pelo teste anova. A barra vertical é o erro padrão da amostra.

Figure 3. Aboveground mass (A), root mass (B), nitrogen content (C), phosphorus content (D) in *Eucalyptus benthamii* tissue after 180 days of implantation. NS = Not significant by ANOVA test. The vertical bar represents the standard error of the sample.

A massa da parte da raiz variou de 6,14 a 6,36 g, não havendo diferença entre as fontes de adubos, sendo um valor superior comparado com outros trabalhos, como no *Eucalyptus camaldulensis* variando de 0,53 a 0,80 g na biomassa das raízes que avaliou o desenvolvimento de mudas em substratos (VIEIRA & WEBER 2017a). Em outro estudo, foi verificado que a aplicação de fertilizantes fosfatados não alterou a massa de raízes em um experimento com *Eucalyptus dunnii* no Planalto de Santa Catarina, havendo apenas mudança na quantidade de raízes finas (DIAS et al. 2015). Já em relação aos teores de N, esses variaram de 12,4 a 15,3 g kg⁻¹. Esses valores são considerados adequados em mudas de plantas com cerca de 80 a 100 dias (SILVEIRA et al. 2001) sendo que não houve diferença entre as fontes de adubos.

Os teores de P na parte aérea variaram de 6,0 a 7,9 g kg⁻¹, sendo valores semelhantes conforme comparado com trabalho de *Eucalyptus camaldulensis* apresentando 6,5 a 11,79 g kg⁻¹ em estudo avaliando cinza de madeira (VIEIRA & WEBER 2017b). Isso demonstra que os teores de P do solo estavam adequados, e assim, forneceu quantidades suficientes de P para o desenvolvimento inicial de eucalipto. Mesmo na testemunha sem adição de P os teores estavam adequados, reforçando a hipótese que o revolvimento do solo aliado a melhora nas condições químicas do solo pelo calcário pode ter ativado os

microrganismos do solo a mineralizar parte de fósforo de origem orgânica.

Semelhantes aos dados de massa seca de raiz e de parte aérea, não houve diferença no Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Figura 4). Assim, a adição de cinza de madeira não afetou a qualidade da muda avaliada pelo IQD.

O uso de resíduos orgânicos tais como cinza de biomassa florestal utilizado em áreas de espécies florestais como eucalipto pode incrementar o crescimento inicial. No entanto, a composição química tanto da cinza como da cama de aviário é variável o que pode afetar o desempenho florestal. Por isso, recomenda-se realizar análise química do resíduo orgânico e quando necessária complementação com fertilizantes solúveis, afim de evitar acúmulos ou deficiência nutricional.

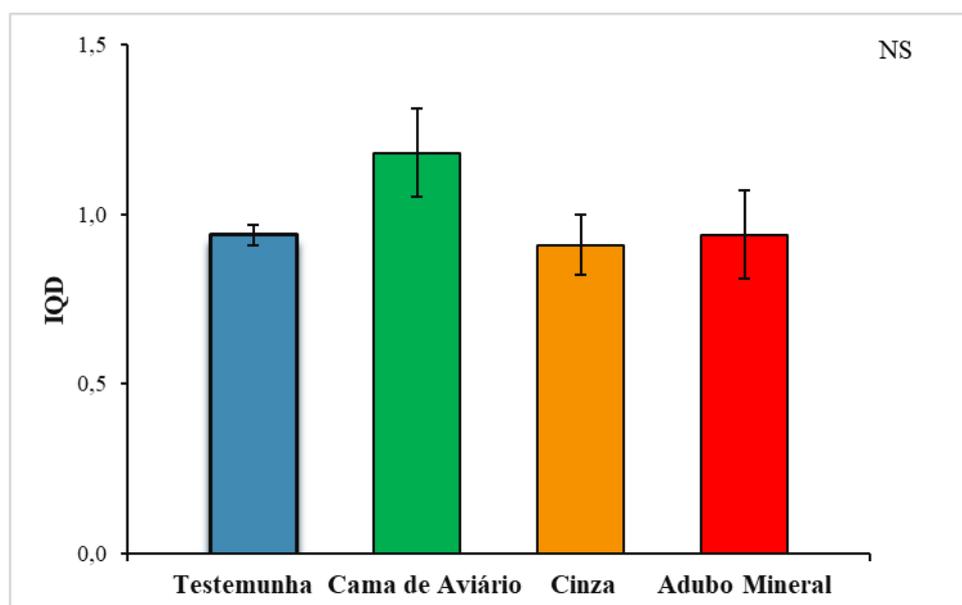


Figura 4. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Eucalyptus benthamii* após 180 dias de implantação. NS = Não significativo pelo teste anova. A barra vertical é o erro padrão da amostra.

Figure 4. Dickson Quality Index (IQD) of *Eucalyptus benthamii* seedlings after 180 days of planting. NS = Not significant by the ANOVA test. The vertical bar represents the standard error of the sample.

CONCLUSÃO

A adubação com cinza de madeira pode ser utilizada em plantios de *Eucalyptus benthamii*, na dose de 5000 kg por hectare de solo pois apresenta nutrientes essenciais e pode reduzir a demanda de fertilizantes solúveis que apresentam elevado custo de aquisição.

O uso de cama de aviário utilizado nesse estudo reduziu o crescimento inicial das mudas da espécie *Eucalyptus benthamii*. Isso pode estar relacionado à composição da cama e a baixa taxa de mineralização do nitrogênio da cama. Por isso é recomendado a análise da cama de aviário e a complementação do nitrogênio com fontes solúveis no crescimento inicial.

Com base nos resultados obtidos verifica-se que em mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidos a adubação com cinza de madeira pode ser uma alternativa para adubação de plantios da espécie, principalmente na região do planalto de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

- AN JY & PARK BB. 2021. Effects of wood ash and N fertilization on soil chemical properties and growth of *Zelkova serrata* across soil types. *Scientific Reports* 11: 1-13.
- BARRETO PAB et al. 2008. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 611-619.
- BONFIM-SILVA EM et al. 2019. Correction of acidity of a Brazilian Cerrado Oxisol with Limestone and wood ash on the initial Growth of Cowpea. *Agricultural Sciences* 10: 841-851.
- CASSITY-DUFFEY K et al. 2020. Nitrogen mineralization from organic materials and fertilizers: Predicting N release. *Soil Science Society of America Journal* 84: 522-533.

- CQFS-RS/SC. 2016. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 376p.
- CUNHA LF et al. 2021. Uso de adubos de liberação lenta no setor florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira* 41: 1-11.
- DIAS LP et al. 2015. Eficiência relativa de fosfatos naturais na adubação de plantio de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em solo sem e com calagem. *Ciência Florestal* 25: 37-48.
- DICKSON A et al. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36: 10-13.
- DHIMAN D et al. 2019. Effect of regular application of fertilizers, manure and lime on soil health and productivity of wheat in an acid Alfisol. *Journal of Plant Nutrition* 42: 2507-2521.
- FERREIRA DF. 2008. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium* 6: 36-41.
- FLORES TB et al. 2016. *Eucalyptus* no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação. Piracicaba: IPEF.
- FRIGOTTO T et al. 2020. Desempenho de espécies e procedências de *Eucalyptus* no Planalto Norte Catarinense, Brasil. *Scientia Forestalis* 48: 1-13.
- IBA. 2022. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório anual 2022.
- HABITZREITER TL et al. 2019. Poder calorífico e análise econômica do uso total ou parcial da biomassa de eucaliptos. *Scientia Agraria Paranaenses*. 18: 282-288.
- HAMBISA M et al. 2023. Assessment of the rate of lumber recovery of *Eucalyptus saligna* at Gefere sawmill in Gimbi area, Ethiopia. *Journal of the Indian Academy of Wood Science* 1-11.
- MUMBACH GL et al. 2020. Agronomic efficiency of organomineral fertilizer in sequential grain crops in southern Brazil. *Agronomy Journal*. 112: 3037-3049.
- MURPHY J & RILEY JP. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27: 31-36.
- NOCE MA et al. 2014. Fertilização do Milho Silagem Utilizando Cama de Frango em Doses e Sistemas de Aplicação Distintos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 13: 232- 239.
- PRADO RM et al. 2002. Efeito da cinza da indústria de cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira. *Acta Scientiarum* 24: 1493-1500.
- REID C & WATMOUGH AS. 2014. Evaluating the effects of liming and wood-ash treatment on forest ecosystems through systematic meta-analysis. *Canadian Journal of Forest Research* 44: 867-885.
- ROGERI DA et al. 2016. Composition of Poultry Litter in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 40: 1-7.
- ROGERI DA et al. 2015. Mineralização e nitrificação do nitrogênio proveniente da cama de aves aplicado ao solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19: 534-540.
- SANTOS CC. 2012. Cinza vegetal como corretivo e fertilizante para os capins Marandu e Xaraés. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Rondonópolis: UFMT. 127p.
- SANTOS et al. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4.ed. Brasília: Embrapa.
- SANTOS JAG et al. 1995. Efeito da aplicação de cinza, oriunda de biomassa vegetal, na atividade microbiana de um solo Podzólico Amarelo cultivado com eucalipto. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Resumos... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV. p.457-459.
- SCHEEPER SG & TOIT BD. 2017. Potential for utilization of wood ash on coastal arenosols with limited buffer capacity in kwazulu-natal and its effect on eucalypt stand nutrition and growth. *iForest* 10: 180–188.
- SILVA FR et al. 2013. Uso da cinza da combustão de biomassa florestal como corretivo de acidez e fertilidade de um Cambissolo Húmico. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 12: 304-313.
- SILVEIRA RLVA et al. 2001. Seja o doutor do seu eucalipto. Piracicaba: POTAFÓS. 32 p.
- TEDESCO MJ et al. 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS. Boletim técnico N° 5.
- TOLUWASE OA et al. 2020. Effect of biochar and poultry litter application on chemical properties and nutrient availability of an acidic soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 51: 1670-1679.
- THOMAZINI SCN et al. 2022. Reutilização de cama de aviário compostada na produção e no crescimento inicial de mudas de eucalipto. *Research, Society and Development* 11: 1-12.
- VIEIRA CR & WEBER OLS. 2017a. Cinzas de madeira na produção de mudas de eucalipto. *Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO* 5: 68-77.
- VIEIRA CR & WEBER OLS. 2017b. Produção de mudas de eucalipto em diferentes composições de substratos. *Revista de estudos ambientais* 18: 25-34.
- WENDLING I & DUTRA LF. 2010. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING I & DUTRA LF. Produção de mudas de eucalipto. Colombo: Embrapa Florestas. p.823-857.