

Artigos

Uso de adubos de liberação lenta no crescimento inicial de clones de eucalipto

Use of slow release fertilizers in the growth of eucalyptus clones

Fernanda Leite Cunha¹ , Erick Martins Nieri¹ ,
Manuela Gonzaga Dias¹ ,
Lucas Amaral de Melo¹ , Nelson Venturin¹ 

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil

¹Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Nova Marabá, PA, Brasil

RESUMO

O manejo de nutrientes em plantios de eucalipto é uma prática fundamental. Dessa forma, muitos esforços são realizados para otimizar o uso dos nutrientes pelas plantas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar as doses adequadas do adubo de liberação lenta (ALL), em comparação à aplicação de superfosfato simples (SPS) na adubação de base (AB) e o seu impacto sobre a necessidade de adubação de cobertura (AC) em mudas de um híbrido de eucalipto, cultivadas em vaso. O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 6x3, em que o primeiro fator corresponde a seis doses de AB (0, 50, 75, 100, 125% de P) de ALL e 100% para P, de superfosfato simples (SPS). O segundo fator correspondeu a três aplicações de AC (0, 1 e 2 parcelas de KCl e NH_4NH_3). As doses de N, P, K foram baseadas na recomendação de adubação em vasos de 300, 100 e 100 mg dm^{-3} , respectivamente. Avaliaram-se, aos 120 dias, a altura (H), o diâmetro do colo, a área foliar (AF), o número de folhas (NF) e as massas secas da planta. Ademais, calcularam-se as doses de máxima eficiência técnica (DMET). As médias obtidas pela AB via ALL, de todas as variáveis, foram superiores ao SPS. Em relação à H, recomenda-se o uso de uma AC, com DMET de 252,56 mg dm^{-3} , de P, por ter obtido crescimento semelhante ao SPS. Para as demais variáveis, DMET, para a AB, variou de 236,52 a 327 mg dm^{-3} , de P. Já em relação à AC, o D, NF e a massa seca aérea não apresentaram diferenças significativas, o que evidencia a qualidade do fertilizante em suprir os nutrientes fornecidos na AC, possibilitando sua redução. Assim, a DMET indicada para plantios da espécie é 100 % ALL, garantindo crescimento inicial satisfatório e uso de apenas uma AC.

Palavras-chave: Adubação de base; Adubação de cobertura; Fertilizante de liberação controlada; Nutrição



ABSTRACT

The nutrient management in eucalyptus plantations it is a key practice, in this way, consistent efforts are necessary to optimize the use of nutrients. In this context, the objective of this work was to evaluate the adequate doses of slow release fertilizer (SRF), in comparison to the application of simple superphosphate (SPS) in the base fertilization (BF) and its impact on the need for top dressing (TD) in seedlings of a eucalyptus hybrid, grown in pots. The experiment was arranged in a randomized block design in a 6x3 factorial scheme, in which the first factor corresponds to six doses of AB (0, 50, 75, 100, 125% of P) of SRF and 100% of P, of simple superphosphate (SPS). The second factor corresponded to three CF applications (0, 1 and 2 portions of KCl and NH_4NH_3). The doses of N, P, K were based on the recommendation of fertilization in pots of 300, 100 and 100 mg dm^{-3} , respectively at 120 days, height (H), stem diameter (D), leaf area (LA), number of leaves (NL), plant dry mass were evaluated. In addition, doses of maximum technical efficiency were calculated (DMTE). The averages obtained by BF with SLF, of all variables were higher than the SPS. For the H, it is recommended to use one CF, with a DMET of 252.56 mg dm^{-3} , of P, for having obtained growth similar to SPS. For the other variables, DMTE for BF, ranged from 236.52 to 327 mg dm^{-3} , of P. In relation to CF, the, D, NL and shoot dry mass, did not show differences significant, which evidences the quality of the fertilizer in supplying the nutrients supplied in the CF, enabling its reduction. Thus, the DMTE indicated for plantings of the species is 100% ALL, guaranteeing satisfactory initial growth and use of only one CF.

Keywords: Base fertilization; Cover fertilization; Controlled release fertilizer, Nutrition

1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas brasileiras estão entre os ecossistemas florestais mais produtivos do mundo, contando com cerca de 9,93 milhões de ha de área plantada, com produtividade média de 38,9 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$. Contudo, as altas taxas de crescimento estão relacionadas aos níveis de fertilização dos plantios (BINKLEY; CAMPOE; ALVARES; CARNEIRO; CEGATTA; STAPE, 2017; IBÁ, 2022). As elevadas doses de nutrientes exigidas pelas plantas é uma preocupação, principalmente no contexto de alta dependência do agronegócio brasileiro nas importações de fertilizantes advindos da Rússia, que devido às sanções europeias e norte-americanas nas relações econômicas, como reflexo dos conflitos entre Rússia e Ucrânia, limitou o acesso mundial aos recursos fornecidos pelo país (ALBUQUERQUE; RODRIGUES; FREITAS; MACHADO; BOTARO, 2022). Esse fato, segundo os autores, alerta para a urgência de buscar formas alternativas e mais eficientes de fertilização.



Diante desse cenário e considerando que espécies e clones de eucaliptos são exigentes em nutrientes, principalmente o fósforo, na fase inicial do plantio, a adubação se torna essencial para obter elevada produtividade (TEIXEIRA; TORRES; NIERI; MELO; SANTOS; BOTELHO, 2019). No mercado, existem inúmeros tipos de fertilizantes que variam na sua composição, forma (pó, grânulos e encapsulados) e solubilidade (VALDERRAMA; BUZETTI; BENETT; ANDREOTTI; TEIXEIRA FILHO, 2011). Dentre estes, pode-se ressaltar os adubos de liberação lenta (ALL), os quais apresentam maior nível de tecnologia, e promovem melhorias na fertilidade do solo (FU; WANG; CHEN; HUANG; CHEN, 2018).

A taxa de crescimento mundial anual dos ALL foi de 6,5 % entre 2014 e 2019, concentrada na Europa e América do Norte (CUNHA; NIERI; SANTOS; ALMEIDA; MELO; VENTURIN, 2021). Segundo esses autores, o crescimento do uso de ALL está voltado principalmente para as culturas agrícolas, como cereais, grãos, frutas e legumes. A principal característica desses adubos envolve o atraso ou prolongamento da disponibilidade de nutrientes no solo, devido a mecanismos que sincronizam a liberação com a demanda das plantas, reduzindo as perdas destes no ambiente, por lixiviação ou volatilização da amônia (TRENKEL, 2010; YANG; ZHANG; LI; FAN; GENG, 2012).

Segundo Trenkel (2010), para uma correta utilização dos ALL, é primordial conhecer tanto as exigências nutricionais da cultura de interesse, quanto as condições ambientais do local para sua implantação, de forma que não ocorra incompatibilidade entre o tempo de liberação de nutrientes e a demanda nutricional das plantas, o que evita a mortalidade de mudas e perdas de crescimento. Assim, a utilização desses produtos reduz a necessidade de adicionar doses elevadas de fertilizantes no solo, diminuindo custos com insumos e mão de obra, além de reduzir danos às mudas por salinidade (ZHENG; ZHANG; LIU; ZHOU; LU; ZHANG; YANG; LI; CHEN, 2016; SILVA; POGGIANI; SILVA; PRADA NETO; PAULA, 2015).

A absorção de nitrogênio aplicado via ALL pode ser até 20% superior quando comparado aos adubos de liberação imediata, devido as menores taxas de volatilização



da amônia (RAYMOND; FOX; STRAHM; ZERPA, 2016ab). Como consequência, as plantas aumentam a produção de biomassa, na atividade do fotossistema PSII e no teor de clorofila (BEY; AOUNALLAH; CHAMMAM; BETTAIEB, 2021; CHATZISTATHIS; PAPADAKIS; PAPAIOANNOU; CHATZISSAVVIDIS; GIANNAKOULA, 2020). Esses estudos comprovam a eficiência da absorção dos nutrientes por esses fertilizantes, e o seu reflexo positivo no crescimento e produtividade dos plantios florestais, assim como observado por Silva, Poggiani, Silva, Prada Neto e Paula (2015).

Os adubos de liberação lenta são uma tecnologia promissora que pode ser explorada para o aumento do crescimento e produtividade das florestas plantadas de eucalipto, contudo são poucos trabalhos encontrados na literatura com o uso dessa fonte de fertilizantes para a cultura. Diante desse contexto, objetivou-se avaliar as doses adequadas de adubos de liberação lenta (fertilizante encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis), em comparação à aplicação de uma dose padrão de superfosfato simples na adubação de plantio, e o seu impacto sobre a necessidade de adubação de cobertura em mudas de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, cultivadas em vaso.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, no sul do estado de Minas Gerais (21°13'14,033" S e 44°58'0,232" O), com altitude de 919 m. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como Cwb (clima subtropical de altitude), sendo a temperatura média anual de 19,6°C, variando entre 14,8°C e 26,5°C nos meses mais frios e mais quentes, respectivamente, e com precipitação média anual de 1511 mm (ALVARES; STAPE; SENTELHAS; GONÇALVES; SPAROVEK, 2013; IMET, 2019).

As mudas utilizadas no experimento foram adquiridas de um viveiro florestal situado em Lavras/MG. O clone utilizado foi um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (I144). As mudas tinham em média de 14 cm de altura e 1,80 mm de diâmetro de colo.



O experimento foi instalado em vasos com capacidade volumétrica para 5 dm³. Para o preenchimento dos vasos, coletou-se um Latossolo Vermelho Distrófico, com textura predominantemente argilosa (66%), coletado na profundidade de 10 a 30 cm, como forma de evitar a coleta da camada mais fértil do solo, no município de Lavras-MG. O solo foi seco ao ar livre e peneirado, sendo retiradas amostras para realização das análises físicas e químicas (Tabela 1). Os recipientes foram vedados com fita adesiva em sua parte inferior, a fim de evitar a lixiviação dos nutrientes durante o período experimental, 120 dias.

Tabela 1 – Resultado da análise química e física do Latossolo Vermelho utilizado como substrato para preenchimento dos vasos

pH	K	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	t	T	V	m	M.O.
(H ₂ O)	(mg dm ⁻³)		(cmol _c dm ⁻³)						%	(g kg ⁻¹)	
5,5	3,39	0,4	1,45	0,1	0,01	2,08	1,57	3,64	42,82	0,64	1,22

Fonte: Autores (2022)

A calagem foi realizada 30 dias antes do plantio, como forma de elevar a saturação por bases para 60 %, com base na análise química do solo. Para isso, utilizou-se o calcário dolomítico calcinado com 36 % de CaO e 14 % de MgO (Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) igual a 100 %). As doses aplicadas foram de 1,70 g kg, conforme fórmula proposta por Raij (2011).

2.1 Delineamento Estatístico

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DBC), em esquema fatorial 6x3, em que o primeiro fator consiste na aplicação de seis doses de adubação de plantio, e o segundo fator representa três adubações de cobertura. O experimento foi instalado com quatro repetições e parcelas de planta única.

As doses das fontes foram calculadas baseadas na recomendação para adubação de solos em vaso de acordo com Malavolta (1980). Para a adubação de base, foi



considerada a recomendação de P pelo autor de 300 mg dm^{-3} , sendo a fonte de adubo o superfosfato simples (SPS), contendo 18, 16 e 8% de P_2O_5 , Ca e SO_4 (disponibilizado por CaSO_4), respectivamente, correspondente a 100 %. Para a adubação de liberação lenta (ALL), utilizou-se um adubo formulado, encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis, que apresenta a composição de 11, 22, 11, 12,29, 0,35, 0,30, 0,30 % de N, P_2O_5 , K_2O , SO_4 , B, Cu e Zn, com doses correspondentes a 0, 50, 75, 100 e 125 % do nível de P_2O_5 em relação aos 300 mg dm^{-3} aplicados sob a forma de superfosfato simples (Tabela 2).

As doses para a adubação de cobertura (AC) foram baseadas nos níveis de K e N, recomendadas por Malavolta (1980), correspondendo a 100 mg dm^{-3} para ambos nutrientes. A adubação foi feita pela aplicação de cloreto de potássio (KCl) e nitrato de amônia (NH_4NH_3), sendo testadas três diferentes doses/parcelamentos dos adubos correspondentes a 0 e 50 mg dm^{-3} aos 30 dias após o plantio e de 100 mg dm^{-3} divididas em duas aplicações, sendo estas aos 30 e 60 dias após o plantio.

Tabela 2 - Doses e épocas de aplicação de adubação de base (AB) e adubação de cobertura (AC), utilizadas no plantio de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone I144)

Adubação	Fertilizante	Tratamentos	Dose de P (mg dm^{-3})	Dose de N (mg dm^{-3})	K (mg dm^{-3})	Aplicação
Adubação de Base	SPS	100 % SPS	300	-	-	Plantio
		0 % ALL	-	-	-	Plantio
	ALL (11-22-11)	50 % ALL	150	5,5	4,6	Plantio
		75 % ALL	225	8,2	6,8	Plantio
		100 % ALL	300	11,0	9,1	Plantio
		125 % ALL	375	13,8	10,7	Plantio
Adubação de cobertura	KCl e NH_4NH_3	0 AC	-	-	-	Sem aplicação
		1 AC	-	50	50	30 dias após plantio
		2 AC	-	100	100	30 e 60 dias após plantio

Fonte: Autores (2022)

Em que: SPS: superfosfato simples; ALL: adubo de liberação lenta



2.2 Análise morfológica de crescimento

Aos 120 dias após o plantio, realizou-se a mensuração da altura da parte aérea (H), do diâmetro de colo (DC) e do número de folhas por planta. Também foram realizadas análises destrutivas por meio da separação do sistema radicular e da parte aérea, a qual foi subdividida em folhas e galhos. Após a divisão, efetuou-se a lavagem do material com água deionizada, com posterior armazenamento em embalagem de papel para serem secas em estufa de circulação forçada de ar, com a temperatura de 65°C até atingir peso constante, que ocorreu em, aproximadamente, 72h.

Com o material seco, realizou-se a pesagem em balança de precisão, 0,01 g (Marte AD1000), produzida em Santa Rita do Sapucaí-MG, para obtenção da matéria seca dos galhos (MSG), da matéria seca das folhas (MSF), da matéria seca da parte aérea (MSPA) que corresponde a MSG + MSF, da matéria seca do sistema radicular (MSSR) e da matéria seca total (MST). Como forma de verificar a qualidade morfológica das mudas, foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), conforme a Equação (1).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSSR}} \quad (1)$$

Em que: IQD: índice de qualidade de Dickson; MST: matéria seca total; H: altura; DC: Diâmetro de colo; MSPA: Matéria seca da parte aérea; MSSR: Matéria seca do sistema radicular.

A área foliar (AF) foi avaliada aos 120 dias, sendo o procedimento de análise realizado por meio da coleta de todas as folhas em todas as parcelas. Em seguida, efetuou-se a captura de imagens digitais com auxílio de uma câmera digital, apoiada em um suporte com altura de 0,5 m, de todas as folhas das mudas fixadas sobre uma folha branca de papel A4, ao lado de uma régua milimétrica. Essa mensuração direta da área foliar foi realizada por meio de imagens digitais, utilizando o *software* de domínio público ImageJ® (Powerful Image Analysis), desenvolvido no National Institutes of Health, na cidade de Bethesda, MD.



O *software* ImageJ captura a imagem das folhas por meio dos contrastes de cores, sendo a folha de cor escura e o fundo contrastante de cor clara. Com base na comparação com uma escala real presente, calcula a área foliar real (JADOSKI; LOPES; MAGGI; SUCHORONCZEK; SAITO; DENECA, 2012).

2.3 Análise Química

A análise química foliar foi realizada por meio de subamostras das matérias secas de todas as folhas das quatro repetições por tratamento, obtidas das avaliações destrutivas morfológicas. Essas amostras foram moídas em moinho tipo *Wiley*, de acordo com os métodos descritos por Malavolta (1980), e encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras, para análise química, dos teores de nitrogênio, potássio, segundo metodologia descrita em Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2009). A determinação de enxofre, boro, cobre e zinco utilizou a metodologia descrita em Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Com base nos teores dos elementos avaliados e na produção de matéria seca, foram calculados os acúmulos de nutrientes na MSF, por meio da multiplicação dos valores de teores destes elementos pelos valores de matéria seca das plantas, conforme metodologia de Prezotti e Bragança (2013).

2.4 Análise dos dados

Os dados obtidos das características morfológicas foram submetidos à análise de normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk. Ao conferirem normalidade realizou-se a análise de variância (ANOVA) e, uma vez verificada a diferença significativa, foi realizado o teste Dunnett, a 5 % de probabilidade do erro, o qual foi utilizado para comparar o tratamento com adubação de SPS com as demais adubações, por meio do *software* R (LI; YMING; TING; JIANG; LIU, 2019). Também foi realizada a análise de regressão, em nível de 5 % de probabilidade de erro, para as adubações de base, e pelo teste Tukey em nível de 5 % de probabilidade de erro, para a adubação de cobertura, por meio do *software* SISVAR (FERREIRA, 2019).



Para indicar a melhor dose a ser aplicada para o ALL, foi calculada a dose máxima de eficiência técnica (DMET), que indica a dose que proporciona o maior crescimento das plantas, para as variáveis em que foram verificadas diferenças significativas pelo teste F, por meio de uma planilha eletrônica. Para isso, foi realizada análise de regressão linear das variáveis em função das doses dos fertilizantes testados, considerando a significância dos coeficientes, ao nível de 5 % de probabilidade de erro, e pelo coeficiente de determinação (R^2). A DMET das variáveis de interesse foi correspondente a primeira derivada das equações ajustadas, igualadas a zero. Quando o valor calculado excedeu a dose máxima testada, a DMET considerada foi de 125% ALL (375 mg dm⁻³).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, para todos os parâmetros de crescimento, de acordo com o Teste Dunnet ($p = 5\%$), todas as doses testadas do ALL estão apropriadas para o crescimento de todas as variáveis, das mudas de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, por não apresentarem diferenças estatísticas em relação à adubação com SPS, adubo comumente utilizado em plantios florestais (Tabela 3). No entanto, as doses de 75, 100 e 175 % ALL se destacaram por apresentarem médias superiores ao SPS, para a H e MSPA, o que demonstra o potencial da utilização de ALL. Assim como o encontrado neste trabalho, Marques, Romagnoli, Fraga Junior, Paiva e Mauri (2013) verificaram ganhos em crescimento com o uso de ALL em detrimento do uso de SPS em plantios de café.

Em relação ao teste de regressão ($p = 5\%$) e ao teste de médias para a adubação de base (AB) e a adubação de cobertura (AC), a altura foi a única variável que apresentou interação entre os fatores analisados. Na Figura 1, verifica-se que o uso de ALL proporcionou crescimento superior ao SPS, o que está associado à sua composição, que, além do P, possui os nutrientes N, K, S, B, Cu e Zn. As doses de máxima eficiência técnica (DMET), ou seja, as doses do ALL que possibilitaram o maior crescimento das plantas, com o uso de nenhuma, uma e duas AC foram de 265,62, 252,56 e 375,00, mg dm⁻³.



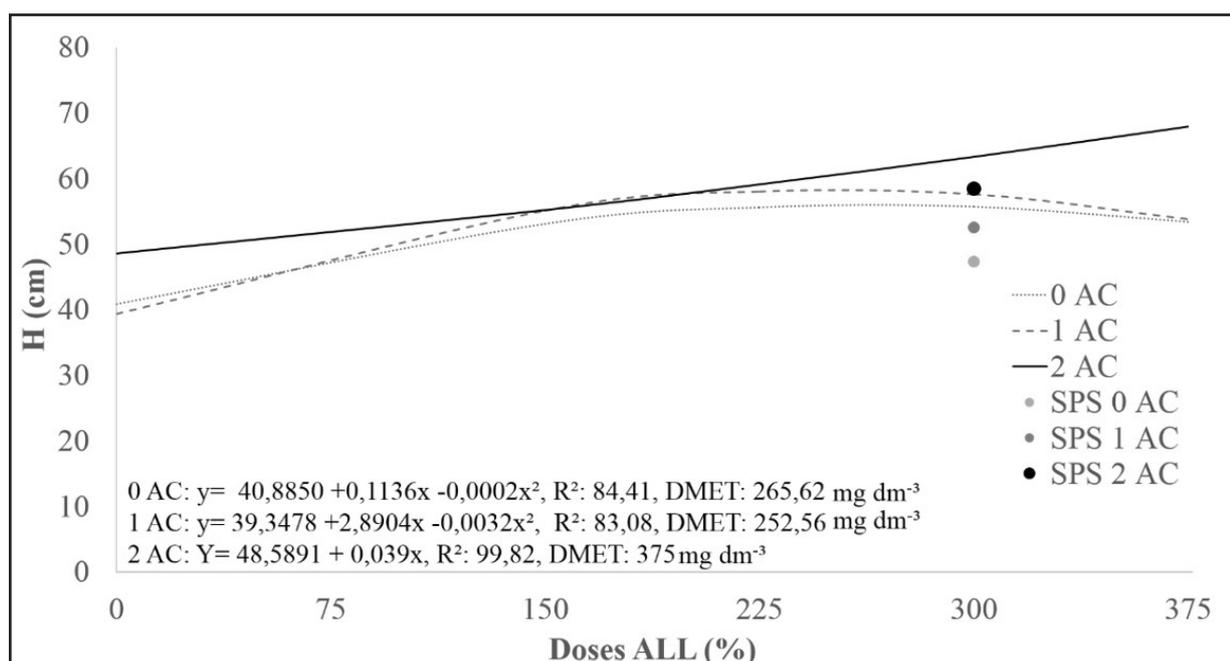
Tabela 3 – Adubação de base via adubos de liberação lenta (ALL) e superfosfato simples (SPP), para híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias de cultivo

Tratamentos (%)	H	DC	NF	MSPA	MSSR	MST	MSPA/MSSR	IQD	AF
	(cm)	(mm)		(g)					(cm ²)
0 ALL	42,78*	4,58*	24,56*	5,82*	2,33 ^{ns}	8,15*	2,53 ^{ns}	0,68*	657,21*
50 ALL	52,87 ^{ns}	5,43 ^{ns}	43,75 ^{ns}	8,52 ^{ns}	3,25 ^{ns}	11,77 ^{ns}	3,01 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1106,06*
75 ALL	57,50*	5,92 ^{ns}	48,63 ^{ns}	10,72 ^{ns}	2,96 ^{ns}	13,67 ^{ns}	4,11 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1175,12 ^{ns}
100 ALL	61,88*	6,56 ^{ns}	47,33 ^{ns}	10,90*	2,75 ^{ns}	13,65 ^{ns}	4,03 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1188,64 ^{ns}
125 ALL	55,38*	6,02 ^{ns}	38,25 ^{ns}	9,35 ^{ns}	2,81 ^{ns}	12,16 ^{ns}	3,56 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1137,21 ^{ns}
SPS	51,63	5,99	39,80	9,06	2,82	11,88	3,28	1,00	1358,56

Fonte: Autores (2022)

Em que: Crescimento em altura (H); diâmetro de colo (DC); número de folhas (NF); massa seca da parte aérea (MSPA); massa seca do sistema radicular (MSSR); MSPA/MSSR, massa seca total (MST); área foliar (AF).

Figura 1 – Dose de máxima eficiência técnica (DMET) e o efeito do adubo ALL sobre o crescimento das alturas nas diferentes adubações de base com o adubo de liberação lenta (ALL) e adubação de cobertura, em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 120 de cultivo



Fonte: Autores (2022)



O ganho em crescimento com o uso de ALL está relacionado à liberação gradual dos nutrientes, em sincronização com a demanda das mudas, evitando assim a perda de fertilizantes, como por volatilização do nitrogênio (ZHENG; ZHANG; LIU; ZHOU; LU; ZHANG; YANG; LI; CHEN, 2016). A maior eficiência de absorção dos nutrientes pelo ALL pode ser comprovada comparando o menor crescimento obtido pelo tratamento SPS + 1 AC em relação ao tratamento ALL + 0 AC, em que, mesmo com maior concentração de N e K, obteve menor desenvolvimento das plantas.

Além disso, de acordo com as médias apresentadas na Figura 1, observa-se que com apenas uma adubação de cobertura, nas doses de 75 e 100 % ALL, as mudas atingiram crescimento próximo ao SPS com duas adubações de cobertura. A DMET para uma adubação de cobertura foi de 252,56 mg dm⁻³ de P, ou seja, esse tratamento possibilitou reduzir a dose de adubação de base e, conseqüentemente, reduzir a necessidade de adubação de cobertura, possibilitando redução de custos. Esse resultado foi possível devido à porcentagem de N e K fornecidos com o ALL, na dose (252,56 mg dm⁻³ de P) aplicada no plantio, ser suficiente para suprir a demanda nutricional das plantas. Assim como encontrado por Silva, Poggiani, Silva, Prada Neto e Paula (2015), aos 18 meses de plantio, em que o uso de ALL formulado 06:30:10 (N:P:K), na dose de 395 g planta⁻¹, não apresentou diferenças significativas ao uso de fertilizantes de liberação imediata, de forma parcelada.

Normalmente, as adubações de plantio contemplam baixo teor de N e K, tornando imprescindível as adubações de cobertura como forma de suprir a demanda por esses nutrientes. Ros, Perrando, Somavilla, Engel, Predige, Silva e Silva (2016), estudando supressão de macronutrientes em plantio de *E. grandis*, observaram que a redução da altura e matéria seca foram ocasionadas pela omissão de N, visto que esse nutriente é requerido em maior quantidade, principalmente, pelo fato de controlar o ritmo de crescimento, tamanho e vigor, em diversos processos fisiológicos nas plantas (MALAVOLTA, 1980; XU; FAN; MILLER, 2012). Zheng, Zhang, Liu, Zhou, Lu, Zhang, Yang, Li e Chen (2016) observaram que o uso dos ALL foi oportuna em plantios de milho e trigo, já que o seu uso reduziu gastos com insumos e mão de obra, além de potencializar a absorção de nutrientes pela planta, elevando a produtividade.



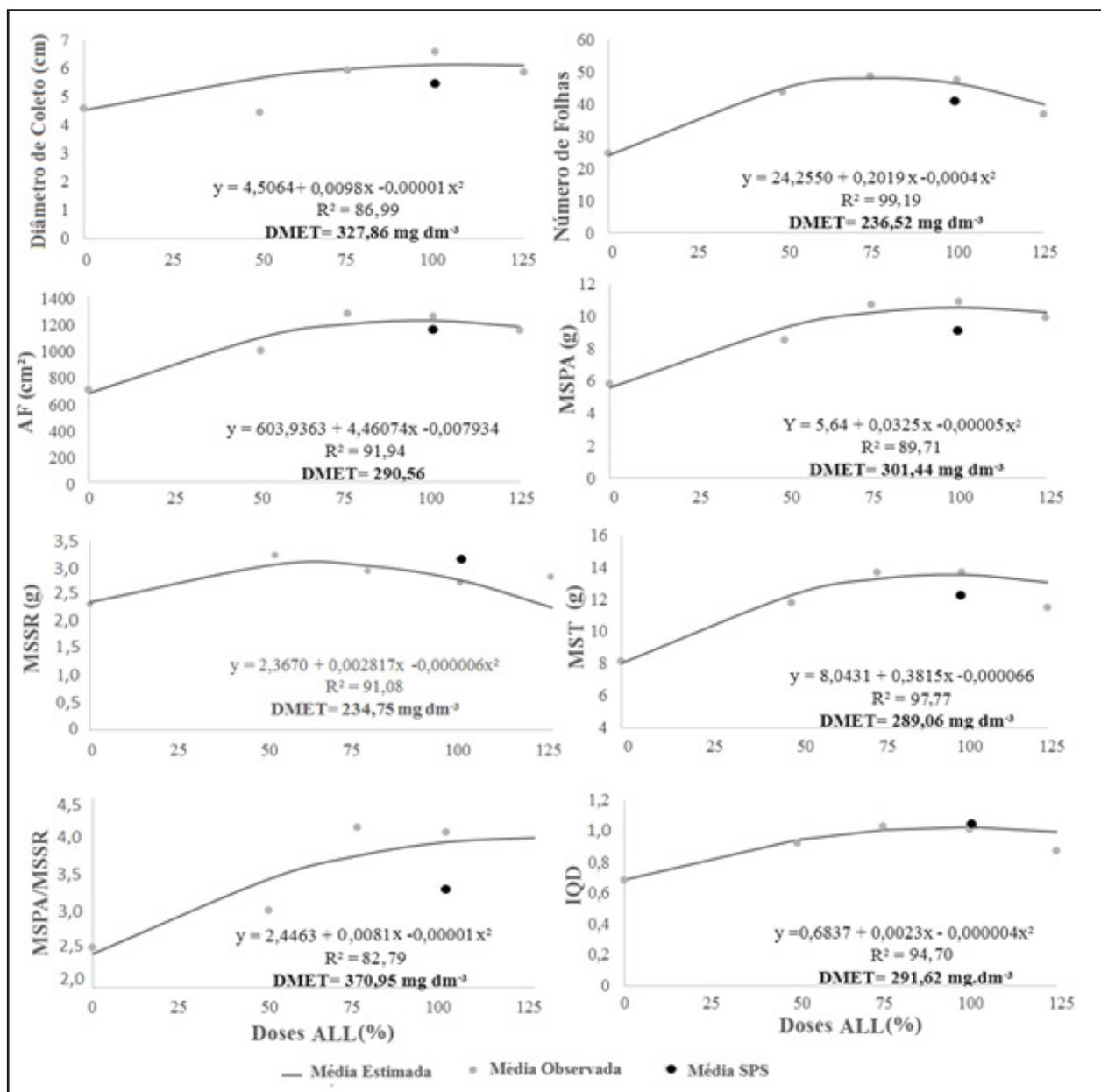
As DMET de P, do fertilizante ALL, foram 327,86 mg dm⁻³ para o diâmetro de colo (DC), 291,62 mg dm⁻³ para a área foliar (AF), 236,52 mg dm⁻³ para o número de folhas (NF), 301,44 mg dm⁻³ para a massa seca da parte aérea (MSPA), 289,06 mg dm⁻³ para a massa seca total (MST), 370,95 mg dm⁻³ para a MSPA/MSSR e 290,56 mg dm⁻³ para o índice de qualidade de Dickson (IQD). Em geral, nota-se que as doses de 75 e 100 % ALL apresentam médias semelhantes entre si, para todas as variáveis, o que representa um potencial de redução da dose de adubação de base. Além disso, observou-se uma queda de crescimento na dose de ALL 125 %, o que pode estar relacionado ao início do processo de toxidez das plantas, já que o ALL apresenta em sua composição N, P, K, S e micronutrientes (Figura 2).

Para o DC, o menor crescimento observado está nos tratamentos sem adubação de base e com dose de 50 % ALL. Esse resultado pode estar relacionado às baixas disponibilidades de P na massa seca das folhas, (PINTO; FURTINI NETO; NEVES; FAQUIN; MORETTI, 2011). Da mesma forma, os plantios de eucalipto possuem maior exigência de P na fase inicial do plantio, diminuindo ao longo da idade, assim como encontrado por Teixeira, Torres, Nieri, Melo, Santos e Botelho (2019), que observaram maiores incrementos em diâmetro do colo, aos 30 dias de idade, nos tratamentos que receberam adubação com P.

O fósforo tem uma importante função no metabolismo vegetal (MALAVOLTA, 1980; TEIXEIRA; TORRES; NIERI; MELO; SANTOS; BOTELHO, 2019), visto que esse nutriente desempenha um papel fundamental na respiração vegetal, na fotossíntese, na síntese de proteínas, assim como no crescimento das raízes, o que pode justificar o menor crescimento em diâmetro nos tratamentos 50% ALL e sem adubação. Além da importância de sua função fisiológica, o P é o nutriente que mais limita a produção vegetal no Brasil, principalmente por esse elemento apresentar baixa disponibilidade nos solos brasileiros, por ter alta capacidade de reagir com componentes do solo e por formar compostos de baixa solubilidade (FLEITAS; PAIVA; FERNANDES; DUARTE; FALCÃO; BISERRA, 2018).



Figura 2 – Diferentes doses de adubo de liberação lenta (ALL), em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*



Fonte: Autores (2022)

Em que: Diâmetro de colo (DC); número de folhas (NF); área foliar (AF); massa seca da parte aérea (MSPA); massa seca total (MST); MSPA/MSSR, Índice de Qualidade de Dickson (IQD); doses de máxima eficiência técnica (DMET).

De acordo com Trenkel (2010), cerca de 10 a 25% do P aplicado é perdido por não estar disponível na solução do solo, o que influencia na quantidade do nutriente aplicado, sendo esta maior do que a quantidade exigida pela planta. Dessa forma,



a utilização de fontes de P em adubos de liberação lenta torna-se importante, pois fornece os nutrientes para as plantas de acordo com sua demanda, evitando a imobilização no solo.

A utilização de espécies e/ou clones que possuem eficiência na absorção de P é importante para reduzir perdas do nutriente para o ambiente, como o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144), que apresenta alta eficiência na absorção e utilização do P, o que maximiza o efeito da adubação (PINTO; FURTINI NETO; NEVES; FAQUIN; MORETTI, 2011). Esse resultado corrobora com o observado no presente trabalho, visto que a fonte de liberação lenta, somada à eficiência de absorção dos nutrientes pelo clone utilizado, reduziu em até 25% da dose recomendada para adubação de base, para H, DC, MSPA e MST, MSPA/MSSR e AF.

As menores relações entre a MSPA/MSSR foram observadas nos tratamentos 0 e 50% ALL, evidenciando o maior investimento relativo em produção de raízes que em parte aérea. Essa baixa relação pode ser benéfica em condições de baixo nível de fertilidade do solo, pois haverá maior superfície radicular para suprir as necessidades da planta (PINTO; FURTINI NETO; NEVES; FAQUIN; MORETTI, 2011). Por outro lado, a maior translocação de fotoassimilados para o sistema radicular pode limitar o desenvolvimento vegetativo da parte aérea, diminuindo a área fotossinteticamente ativa (HORN; ERNANI; SANGOI; SCHWEITZER; CASSOL, 2006).

A área foliar é uma das variáveis mais representativas do crescimento e produção da planta, por ser relacionada com a fotossíntese (MENDES; PAULA; SCARPINATTI; PAULA, 2013). De acordo com Smethurst, Baillie, Cherry e Holz (2003), a área foliar é significativamente influenciada pelo aumento das doses de N, em plantios de *Eucalyptus nitens*, uma vez que este justifica o aumento da AF com a adição/aplicação de duas AC. De acordo com Dechen e Nachtigall (2007), a maior absorção de nitrogênio, na fase inicial do ciclo vegetativo, resulta em maior área foliar e, conseqüentemente, maior fixação de CO₂, já que participa da síntese de clorofilas, como componente dos sistemas energéticos na planta e dos ácidos nucléicos e aminoácidos, os quais formam



as proteínas. Ademais, a área foliar está diretamente relacionada com a produção de massa seca, sendo este um critério importante e fundamental para o vigor de espécies florestais (PINTO; FURTINI NETO; NEVES; FAQUIN; MORETTI, 2011).

Em relação a AC, o DC, o NF, a MSPA/MSSR e o IQD não apresentaram diferenças significativas entre as doses aplicadas, com médias de 5,63 mm, 40,28, 3,33 e 0,94, respectivamente (Tabela 4). Para as variáveis MSPA (10,14 g), MSSR (3,40 g) e MST (13,52 g), a utilização de duas AC apresentou resultados superiores às demais aplicações. Enquanto para a AF, a utilização de uma AC (1070,34 cm²) e duas AC (1249,20 cm²) foi superior à aplicação de zero AC (952,31 cm²).

Tabela 4 – Médias das variáveis morfológicas de plantas de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias de cultivo, em função da adubação de cobertura

Tratamentos	DC (cm)	NF	MSPA (g)	MSSR (g)	MSPA/MSSR	MST (g)	IQD	AF (cm ²)
0 AC	5,47 a	39,20 a	8,35 b	2,46 b	3,25 a	10,81 b	0,86 a	952,31 b
1 AC	5,84 a	40,00 a	8,79 b	2,66 b	3,35 a	11,46 b	0,94 a	1070,34 ba
2 AC	5,94 a	41,66 a	10,14 a	3,38 a	3,59 a	13,52 a	1,02 a	1249,20 a

Fonte: Autores (2022)

Em que: DC: diâmetro do colo; NF: números de folhas; MSPA: massa seca da parte aérea; MSSR: massa seca do sistema radicular; MST: massa seca total; IQD: Índice de Qualidade de Dickson; AC: adubação de cobertura; médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem entre si, pelo teste Tukey (p = 5%).

Em relação à análise foliar, maiores doses aplicadas de ALL e a aplicação de AC possibilitaram um aumento na concentração dos nutrientes nas folhas (Tabela 5). Para a adubação com SPS, nota-se que o acúmulo dos macronutrientes N e K apenas se aproximam com a adubação via ALL, quando realizado em duas adubações de cobertura. Para os nutrientes K, S e P, os tratamentos sem adubação e 50% ALL apresentaram os menores teores. A adubação 50% ALL apresenta metade da dose recomendada para cultivos em vasos, o que justifica as menores concentrações dos



nutrientes encontrados. Já para a adubação com SPS, as elevadas concentrações de P e S, em relação às demais doses do ALL, ocorreram devido ao adubo conter 18% de P_2O_5 e 8% de S.

Tabela 5 - Acúmulo de macro e micronutrientes na massa seca das folhas, correspondentes à adubação de base e de cobertura, para o plantio de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 120 dias de cultivo

AB	AC	N	K	P	S	Zn	Cu	B
		g planta ⁻¹				mg planta ⁻¹		
SPS	0 AC	93,42	62,78	8,59	9,34	81,46	12,7	41,1
SPS	1 AC	154,86	92,92	10,68	14,95	97,19	25,63	58,74
SPS	2 AC	198,12	127,00	13,97	18,42	145,42	37,47	42,55
Sem adubação	0 AC	74,10	51,47	3,29	9,86	69,35	20,08	64,97
Sem adubação	1 AC	76,73	47,63	3,40	7,94	94,50	23,81	51,03
Sem adubação	2 AC	94,65	61,55	3,26	9,79	90,45	19,12	59,21
50% ALL	0 AC	128,30	39,37	7,29	6,80	79,22	14,09	272,16
50% ALL	1 AC	161,24	86,90	10,99	12,56	101,56	34,03	168,57
50% ALL	2 AC	175,41	104,05	10,35	14,16	145,45	47,39	384,05
75% ALL	0 AC	187,27	104,74	11,11	14,28	111,09	35,44	305,16
75% ALL	1 AC	210,67	139,54	14,36	19,84	136,08	47,20	307,8
75% ALL	2 AC	195,62	133,65	10,33	14,58	164,84	39,49	356,00
100% ALL	0 AC	164,62	103,88	9,65	13,62	107,86	27,25	303,70
100% ALL	1 AC	177,45	115,34	12,42	13,60	106,47	40,22	337,12
100% ALL	2 AC	207,23	136,85	12,38	14,99	119,91	44,31	348,64
125% ALL	0 AC	140,50	96,62	10,45	14,10	120,64	40,21	368,16
125% ALL	1 AC	189,20	138,76	11,05	15,19	176,73	46,94	439,74
125% ALL	2 AC	202,70	116,43	11,59	14,48	133,23	41,71	447,76

Fonte: Autores (2022)

Em que: AB: adubação de base; AC: adubação de cobertura; ALL: adubo de liberação lenta; SPS: superfosfato simples.

Observando os micronutrientes, o B se destaca por ter obtido um grande acúmulo no tratamento adubado com a dose de 125 % ALL, o que justifica a queda de crescimento na dose de ALL 125%, para todas as variáveis. Ramos, Faquin, Ferreira, Araújo e Carvalho (2009), ao estudarem o efeito de doses crescentes de B, em clones de *C. citriodora*, cultivados em vasos de 3 dm⁻³, preenchidos por Latossolo Vermelho,



observaram que a partir da dose de $2,25 \text{ mg dm}^{-3}$ de B ocorreu queda da matéria seca da planta, e com dose de $6,25 \text{ mg dm}^{-3}$, as mudas apresentaram brotações que não se desenvolveram aos 110 dias. Assim como observado pelos autores, nota-se que a queda de matéria seca ocorreu na adubação com 125 % de ALL, o que corresponde $5,96 \text{ mg dm}^{-3}$ de B. Apesar do papel fisiológico do nutriente, ainda não se conhece bem seus sintomas de toxidez, por ser menos comum em relação a sua deficiência (MARSCHNER, 2012).

Dessa forma, a redução de NF, MSPA e MST, principalmente nas médias observadas, no tratamento 125% de ALL, pode estar relacionada à alta concentração de boro na massa seca foliar, devido ao ALL conter 0,35 % de B na sua formulação. A maior absorção do micronutriente também pode estar relacionada à maior concentração externa de íons no solo, nas doses mais elevadas, a qual, segundo Marschner (2012), acarreta a maior absorção iônica radicular.

A maior parte do boro adicionado ao solo, na faixa de pH da maioria dos solos agrícolas, permanece na forma neutra, a qual praticamente não interage com a fase sólida do solo, permanecendo em grande parte na sua solução (RAMOS; FAQUIN; FERREIRA; ARAÚJO; CARVALHO, 2009). Segundo Marschner (2012), o seu transporte até as raízes ocorre por fluxo de massa, assim a adição de doses de boro além da necessidade da planta, como observado no tratamento 125 % ALL, pode ter levado a um nível de toxidez, promovendo redução no crescimento das plantas.

O uso de adubos de liberação lenta em detrimento dos convencionais (liberação imediata) proporcionou a redução da utilização de fertilizantes e ganhos semelhantes ou superiores em produtividade, assim como o encontrado por culturas agrícolas (NOMURA; LIMA; GARCIA; RODRIGUES, 2008; YANG; ZHANG; LI; FAN; GENG, 2012) e para eucalipto (SILVA; POGGIANI; SILVA; PRADA NETO; PAULA, 2015, ALBUQUERQUE; RODRIGUES; FREITAS; MACHADO; BOTARO, 2022). As DMET encontradas obtiveram resultados entre $236,96$ e $327,86 \text{ mg dm}^{-3}$ para o nível de P no ALL. Assim, recomenda-se utilizar a dose de 300 mg dm^{-3} para obter maior produtividade (MALAVOLTA, 1980).

O efeito do parcelamento da adubação de cobertura para as variáveis DC,



NF, MSPA/MSSR, IQD e a AF não apresentou perda de qualidade das mudas, com a redução da AC. Para a H, uma aplicação em cobertura nas doses de 75 e 100% de ALL apresentou crescimento satisfatório e próximas às médias observadas na adubação convencional via SPS com duas adubações de cobertura. Dessa forma, a aplicação da metade da dose recomendada para adubação de cobertura (50 mg dm^{-3}), em uma parcela, foi eficiente para ambos os tratamentos, devido ao ALL conter N e K na sua formulação. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva, Poggiani, Libardi e Gonçalves (2013) e Silva, Poggiani, Lima e Libardi (2015), que recomendam o uso de apenas uma adubação de cobertura, porém em dose completa usando o ALL (06:30:10) nos plantios de eucalipto.

De modo geral, salienta-se que a utilização de ALL, encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis, aumentou a qualidade do crescimento das mudas. Constatou-se que o uso do ALL possibilita a redução de operações de adubação de cobertura, com aplicação de metade da dose indicada de N e K, realizada em apenas uma operação. Logo, a principal vantagem na redução do número de parcelas da fertilização de cobertura está associada com o emprego da mão de obra, que é cada vez mais escassa e onerosa para implantação e manutenção florestal.

Dessa forma, a substituição do SPS pelo ALL é vantajosa por fornecer mais nutrientes às plantas, minimizando as perdas para o ambiente, devido aos seus mecanismos de liberação lenta. Consequentemente, aumenta a eficiência de absorção dos nutrientes e o crescimento inicial dos plantios de eucalipto, além de possibilitar a redução da necessidade da adubação de cobertura. Contudo, para uma correta recomendação técnica, sobre as melhores doses a serem utilizadas do ALL (11:22:11), em plantios do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, é necessário replicar o estudo em condições de campo, utilizando as doses potenciais encontradas no presente trabalho (75 e 100% de ALL).



4 CONCLUSÕES

A utilização do ALL, encapsulado com enxofre elementar e revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis, garante maior crescimento das mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, quando comparada à adubação comumente utilizada em plantios florestais via SPS. Foi observado que as doses crescentes do fertilizante estudado apresentaram incrementos em crescimento, contudo a dose crítica que estabeleceu melhor crescimento às plantas, para as condições estudadas, foi 100 % de ALL, o que equivale a 300 mg dm⁻³ de P, do fertilizante. Com a aplicação dessa dose, apenas uma adubação de cobertura, com a metade da dose recomendada de N e K (50 mg dm⁻³) é necessária, possibilitando reduzir o manejo da cultura.

A aplicação de 125 % de ALL, ou seja, 375 mg dm⁻³ de P, promoveu toxidez de B nas plantas, promovendo queda de crescimento, ou seja, é importante evitar a aplicação de doses superiores ao recomendado no presente estudo.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Empresa Produquímica e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische. **Zeitschrift, Stuttgart**. v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ALBUQUERQUE, A. C.; RODRIGUES, J. S.; FREITAS, A. S. M.; MACHADO, G. T.; BOTARO, V. R. Renewable Source Hydrogel as a Substrate of Controlled Release of NPK Fertilizers for Sustainable Management of *Eucalyptus urograndis*: Field Study. **ACS Agric. Sci. Technol.**, v. 2, n. 6, p. 1251–1260, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsagcitech.2c00215>.

BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C.; CARNEIRO, R. L.; CEGATTA, Í.; STAPE, J.L.; 2017. The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay. **For. Ecol. Manage.**, v.405, p. 271–283, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.050>.



BEY, N. E.; AOUNALLAH, M. K.; CHAMMAM, M. R.; BETTAIEB, T. Effect of controlled release fertilizer (CRF) on vegetative growth, nutritional status, fruit yield and quality of Maltese Ballerina orange trees. **Plant Physiology Reports**, v. 26, p.699–708, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40502-021-00622-z>.

CHATZISTATHIS, T.; PAPADAKIS, I. E.; PAPAIOANNOU, A.; CHATZISSAWIDIS, C.; GIANNAKOULA, A. Comparative study effects between manure application and a controlled-release fertilizer on the growth, nutrient uptake, photosystem II activity and photosynthetic rate of *Olea europaea* L.(cv.'Koroneiki'). **Scientia Horticulturae**, v.264, p.109176, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109176>.

CUNHA, F. L.; NIERI, E. M.; SANTOS, J. A. dos; ALMEIDA, R. S. de; MELO, L. A. de; VENTURIN, N. Uso dos adubos de liberação lenta no setor florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 41, e201902063, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4336/2021.pfb.41e201902063>.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 91-132, 2007.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**. Ottawa, v. 36, p. 10-13, 1960. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análise química dos solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, 2009. 627 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535. 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FLEITAS, A. C.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; DUARTE, C. F. D; FALCÃO, K. R. S.; BISERRA, T. T. Características morfogênicas do capim-convert HD364® adubado com fontes de fósforo de diferentes solubilidades. **Agrarian**. v. 11, n. 39, p. 59-67, 2018. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i39.5362>.

FU, J.; WANG, C.; CHEN, X.; HUANG, Z.; CHEN, D. Classification research and types of slow controlled release fertilizers (SRFs) used - a review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 49, n.17, p. 219-2230, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1499757>.

HORN, D.; ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; CASSOL, P.C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.77-85, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100009>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normais>. Acesso em: 29 set. 2019.



INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Histórico do Desempenho do Setor**, 2020. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em dez/2022.

JADOSKI, S. O.; LOPES, E. C.; MAGGI, M. F.; SUCHORONCZEK, A.; SAITO, L. R.; DENEGA, S. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. **Semina Ciências Agrárias**. v. 33, p. 2545-2554, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2545>.

LI, X.; YMING, F.; TING, S.; JIANG, J.; LIU, Y. Correlating emulsion properties to micro encapsulation efficacy and nutrients retention in mixed proteins system. **Food Research International**, [s.l.], v. 115, p. 44-53, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.059>.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, C. G.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997, 319p.

MARQUES, H. M. C.; ROMAGNOLI, T.; FRAGA JUNIOR, E. F.; PAIVA, R. F.; MAURI, R. Desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com doses de co-polímero hidroabsorvente em adubação convencional e de liberação controlada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 2994-3002, 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 889 p.

MENDES, H. S. J.; PAULA, N. F. de; SCARPINATTI, E. A.; PAULA, R. C. de. Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e adubação potássica. **Cerne**. Lavras, v. 19, p. 603-611, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400010>.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; GARCIA, V. A.; RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão, em diferentes substratos e fontes de fertilizante. **Acta Scientiarum. Agronomy** (Online), v. 30, n. 3, p. 359-363, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i3.3545>.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M. Acúmulo de massa seca, N, P, e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J.C.L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. da S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 523-533, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200021>.

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; FERREIRA, R. M. A.; ARAÚJO, J. L.; CARVALHO, J. G. de. Crescimento e teores de boro em plantas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) cultivadas em dois Latossolos sob influência de doses de boro e disponibilidade de água. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 57-65, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000100007>.



RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RAYMOND, J. E.; FOX, T. R.; STRAHM, B. D.; ZERPA J. Ammonia volatilization following nitrogen fertilization with enhanced efficiency fertilizers and urea in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations of the southern United States. **Forest Ecology and Management**, v. 376, p. 247-255, 2016a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.015>.

RAYMOND, J. E.; FOX, T. R.; STRAHM, B. D.; ZERPA J. Differences in the recovery of four different nitrogen containing fertilizers after two application seasons in pine plantations across the southeastern United States. **Forest Ecology and Management**, v. 380, p. 161-171, 2016b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.044>.

ROS, C. O. da; PERRANDO, E. R.; SOMAVILLA, L.; ENGEL, K.; PREDIGE, D. M. S. A.; SILVA, R. F.; SILVA, V. R. Crescimento inicial de povoamentos mistos de *Eucalyptus grandis* Hill exMaiden e *Toonaciliata* M. Roem var. australis com supressão de macronutrientes primários. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.44, n.111, p. 769- 777, 2016. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n111.23](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n111.23).

SILVA, P.H.M. da; POGGIANI, F.; LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 67-71, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.033>.

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; LIMA, W. de P.; LIBARDI, P. L. Soil water dynamics and litter production on eucalypt and native vegetation in Southeastern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, n. 5, p. 374-379, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0325>.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; SILVA, A. A.; PRADA NETO, I.; PAULA, R. C. Mortalidade, crescimento e solução do solo em eucalipto com aplicação de fertilizante de liberação lenta. **Cerne**, Lavras, v. 21, p. 473-481, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201521031860>.

SMETHURST, P.; BAILLIE, C.; CHERRY, M.; HOLZ, G. Fertilizer effects on LAI and growth of four *Eucalyptus nitens* plantations. **Forest Ecology Management**, v.176, p.531-542, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00226-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00226-8).

TEIXEIRA, C. E.; TORRES, A, Q, A,; NIERI, E. M.; MELO, L.A.; SANTOS, L. V.; BOTELHO, S. A. Polímero hidrorretentor e fertilização mineral na implantação de híbrido de *Eucalyptusurophylla* x *Eucalyptusgrandis*. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 988-1003, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509834950>.

TRENKEL, M.E. **Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture**. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France p.11-122, 2010.

VALDERRAMA, M; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/pat.v41i2.8390>.



XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant Nitrogen Assimilation and Use Efficiency. **Annual Reviews Plant Biology**. v. 63, p. 153–82, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105532>.

YANG, Y.; ZHANG, M.; LI, Y. C.; FAN, X.; GENG, Y. Controlled Release Urea Improved Nitrogen Use Efficiency, Activities of Leaf Enzymes, and Rice Yield. **Soil Science Society of America Journal**. v. 76, n. 6, p. 2307-2317. 2012. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0173>.

ZHENG, W.; ZHANG, M.; LIU, Z.; ZHOU, H.; LU, H.; ZHANG, W.; YANG, Y.; LI, C.; CHEN, B. Combining controlled-release urea and normal urea to improve the nitrogen use efficiency and yield under wheat-maize double cropping system. **Field Crops Research**. v. 197, p. 52–62, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.004>.

Contribuição de Autoria

1 Fernanda Leite Cunha

Engenheira Florestal, Me.

<https://orcid.org/0000-0001-7707-0910> • fernandaleitecunha@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Pesquisa; Metodologia; Administração do projeto; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Validação de dados e experimentos; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original

2 Erick Martins Nieri

Engenheiro Florestal, Me., Dr.

<https://orcid.org/0000-0002-9425-9827> • ericknieri123@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados; Análise de dados; Validação de dados e experimentos; Design da apresentação de dados; Escrita – revisão e edição

3 Manuela Gonzaga Dias

Acadêmica de Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0001-9787-2101> • manueladgonzaga@gmail.com

Contribuição: Curadoria de dados

4 Lucas Amaral de Melo

Silvicultor, Engenheiro Florestal, Dr.

<https://orcid.org/0000-0001-5219-9179> • samelinho@yahoo.com.br

Contribuição: Supervisão; Validação de dados e experimentos; Design da apresentação de dados; Escrita – revisão e edição; Disponibilização de ferramentas



5 Nelson Venturin

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-8397-8984> • venturin@dcf.ufla.com.br

Contribuição: Recebimento de financiamento; Supervisão; Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Cunha, F. L.; Nieri, E. M.; Dias, M. G.; Melo, L. A.; Venturin, N. Uso de adubos de liberação lenta no crescimento inicial de clones de eucalipto. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 33, n. 2, e69118, p. 1-24, 2023. DOI 10.5902/1980509869118. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509869118>.