



9CFE-1456

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: 978-84-941695-7-1



Procedimientos de fertilización y corrección del suelo para *Eucalyptus globulus*

MARTINS, T. (1), FONTES, L. (1), Ferreira, L. (1) y RIBEIRO, H. (2)

(1) Altri Florestal S.A., Óbidos, Portugal (luis.fontes@altri.pt).

(2) Centro de Investigação LEAF, Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Portugal.

Resumen

En el contexto actual de cambio climático y aumento de las amenazas bióticas, asegurar un adecuado estado nutricional es uno de los pilares de la vitalidad y productividad del eucalipto. Este trabajo pretende asegurar que la fertilización se ajusta a las necesidades del eucalipto, promoviendo su productividad y el uso eficiente de los fertilizantes, así como asegurar la disponibilidad de nutrientes mediante la corrección del suelo cuando sea necesario. Se ha realizado una revisión del estado del conocimiento existente sobre el potencial productivo del eucalipto, las necesidades de los distintos nutrientes durante la rotación y su disponibilidad en los suelos. Se utilizó información publicada y ensayos realizados a lo largo de los años por la empresa. También se revisó el papel de la fertilización en la recuperación de la superficie foliar tras los ataques de plagas de eucalipto. Este trabajo sirve como revisión de los procedimientos de fertilización y corrección del suelo para *Eucalyptus globulus*, a saber: la aplicación de matrices de recomendación de fertilización basadas en la productividad potencial del eucalipto y la disponibilidad de nutrientes en el suelo; el uso de formulaciones de fertilizantes organominerales; la fertilización tras ataques de plagas defoliadoras.

Palabras clave

Eucalipto, fertilización, nutrición, nutrientes.

1. Introducción

Según Araújo (2010) y Prescott (2024), la fertilización adecuada es aquella que permite el suministro de nutrientes en la cantidad y tiempo que la plantación necesita para una determinada producción esperada, ajustada al sistema de explotación en cuestión, que permita un retorno económico y que contribuya a la mejora de la calidad del suelo.

Gonçalves *et al.* (1996), Madeira *et al.* (2012), Godoi *et al.* (2018) y da Rosa *et al.* (2020) sugieren que la aplicación de fertilizantes puede ser útil para mejorar la calidad del suelo y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las plantaciones de eucalipto. Esta afirmación está en línea con lo solicitado en la Directiva de Suelos (Council, 2023), porque los suelos de calidad o sanos pueden almacenar carbono,



tienen mayor capacidad de absorción, almacenamiento y filtración de agua y proporcionan servicios vitales, como alimentos seguros y nutritivos y biomasa para los sectores de la bioeconomía no alimentaria.

El conocimiento existente permite a Altri Florestal revisar la recomendación de fertilización, basándose en el conocimiento del eucalipto en cuanto a su potencial productivo, requerimientos en relación a los diversos nutrientes (a través de análisis de suelo y hojas), gracias a pruebas realizadas a lo largo de los años.

La cantidad de nutrientes a suministrar es la diferencia entre el valor del nutriente en la biomasa y la cantidad suministrada por el suelo, para un determinado nivel de productividad esperado (Araújo, 2010).

La dosis a aplicar de cada nutriente se puede definir mejor cuando existe un equilibrio completo de nutrientes para toda la rotación. Esta cuantificación requiere información detallada sobre los ciclos de nutrientes que ocurren a lo largo de las diferentes etapas de plantación. Por otra parte, la medición del crecimiento inicial, combinada con análisis foliares y de suelo, proporcionaría información relevante sobre los nutrientes adicionales necesarios para la fertilización de mantenimiento (Viera *et al.*, 2016).

La experiencia indica que siempre es necesario fertilizar al plantar cultivos (Merino *et al.*, 2003). La aplicación de fertilizantes en esta etapa tendrá como objetivo principal promover el crecimiento inicial de las plántulas (Brinkhoff *et al.*, 2024), principalmente en los primeros seis meses después de la siembra. Por otra parte, los momentos de aplicación de fertilizantes deben definirse en función de las fases de crecimiento del eucalipto, es decir: antes del cierre, durante el cierre y después del cierre de la copa del árbol (Gonçalves, 1995).

La exportación de nutrientes a través de la eliminación de biomasa es un proceso importante que afecta el equilibrio general de nutrientes (Madeira *et al.*, 2002; 2004) (Magalhães *et al.*, 2011). El procedimiento para calcular estas eliminaciones implica conocer las cantidades de biomasa de cada compartimento eliminado y las concentraciones nutricionales (Viera *et al.*, 2016).

Se ha comprobado que los árboles de eucalipto se adaptan a suelos con bajo contenido de nutrientes, debido a la numerosa ocurrencia de simbiosis radicales (micorrizas) (Huo *et al.*, 2024) y al uso de una cantidad limitada de nutrientes para la producción de biomasa, debido a su eficiente ciclo, principalmente, en el caso del contenido de N y P (Madeira *et al.*, 2019).

Por lo tanto, nos proponemos revisar los procedimientos de fertilización y corrección de suelos utilizados, mejorándolos, realizando paralelamente un sistema de diagnóstico y seguimiento del suelo, que será fundamental para poder fertilizar mejor, ya que un mejor diagnóstico conducirá a una mejor fertilización.

2. Objetivos

Este documento tiene como objetivo maximizar la eficiencia del uso de nutrientes y mejorar la productividad del cultivo de eucalipto. En este contexto, se identifican los siguientes objetivos específicos:

- Asegurar una fertilización ajustada a las necesidades del eucalipto, que favorezca su productividad y favorezca la eficiencia en el uso de fertilizantes.
- Asegurar la disponibilidad de nutrientes corrigiendo los suelos cuando sea necesario.

3. Metodología

El punto de partida de este estudio se centró en trabajos que se centraban en el tema que se abordaba, concretamente en relación con la especie (*Eucalyptus globulus*) y el terreno (Portugal/Península Ibérica). De esta manera, recopilamos información que pertenecía a la empresa (Recomendaciones para la fertilización - Araújo, 2010), pero también información que tenía el terreno y la especie en común (Nutrição do Eucalipto - Manual de apoio à gestão nutricional - Ferreira & Morais, 2021; Nutritional prescriptions for *Eucalyptus* plantations: Lessons learned from Spain - Viera *et al.*, 2016).

Con estos documentos se elaboró un primer borrador de un documento sobre revisión de procedimientos de fertilización y corrección de suelos con el fin de dar respuesta a los objetivos planteados anteriormente.

Con la finalización del primer borrador, se amplió el mismo, con la integración de información recopilada en artículos científicos, estudiados a lo largo del año, cuyas temáticas se centraron, en particular, en el manejo nutricional del eucalipto y en la selección de fertilizantes, épocas y métodos de fertilización, así como las condiciones para su aplicación (las referencias estudiadas están incluidas en la bibliografía).

A continuación, se elaboró una matriz de fertilización, que presentó los requerimientos nutricionales para obtener 1m³ de madera (Tabla 1), con los fertilizantes utilizados actualmente, pero también una matriz con fertilizantes que podrían ser sustituidos por los actuales, siempre que permitieran mejorar la productividad.

Tabla 1. Cantidad de nutrientes en la biomasa aérea por cada m³ de madera producida después de 12 años (Fuente: Araújo, 2010).

Nutrientes	Cantidad de nutrientes para producir 1m ³ de madera	Unidades
------------	--	----------

N	1,4	Kg
P	0,07	Kg
K	1,57	Kg
Ca	1,77	Kg
Mg	0,166	Kg
S	0,209	Kg
B	9,6	g
Cu	4,8	g
Zn	7,2	g

4. Resultados

Los resultados de este trabajo se centran principalmente en la construcción de un documento sobre procedimientos de fertilización y corrección de suelos, que utilizó datos de décadas de investigación, confirmados con información más reciente y que incluye el desarrollo de una matriz de fertilización. (Figura 1a), en la que pudimos jugar con los fertilizantes para a utilizar o dosis de aplicación a utilizar (Figura 1b), lo que nos permite anticipar un valor aproximado de la productividad que se puede obtener.

Nutrientes	Quantidade de nutriente para produzir 1m3 de madeira	Unidades	Classes de produtividade - valor extraído pelas plantas							Quanto se perde de cada nutriente	Classes de produtividade - valor aplicado na fertilização						
			<3	3 a 6	6 a 9	9 a 12	12 a 15	15 a 18	>18		<3	3 a 6	6 a 9	9 a 12	12 a 15	15 a 18	>18
		m3/ha/ano	1,5	4,5	7,5	10,5	13,5	16,5	19,5								
			18,0	54,0	90,0	126,0	162,0	198,0	234,0	%							
N	1,4	Kg	25,2	75,6	126,0	176,4	226,8	277,2	327,6	50%	50,4	151,2	252,0	352,8	453,6	554,4	655,2
P	0,07	Kg	1,3	3,8	6,3	8,8	11,3	13,9	16,4	80%	6,3	18,9	31,5	44,1	56,7	69,3	81,9
K	1,57	Kg	28,3	84,8	141,3	197,8	254,3	310,9	367,4	15%	33,2	99,7	166,2	232,7	299,2	365,7	432,2
Ca	1,77	Kg	31,9	95,6	159,3	223,0	286,7	350,5	414,2	10%	35,4	106,2	177,0	247,8	318,6	389,4	460,2
Mg	0,166	Kg	3,0	9,0	14,9	20,9	26,9	32,9	38,8	10%	3,3	10,0	16,6	23,2	29,9	36,5	43,2
S	0,209	Kg	3,8	11,3	18,8	26,3	33,9	41,4	48,9								
B	9,6	g	172,8	518,4	864,0	1209,6	1555,2	1900,8	2246,4	10%	192,0	576,0	960,0	1344,0	1728,0	2112,0	2496,0
Cu	4,8	g	86,4	259,2	432,0	604,8	777,6	950,4	1123,2								
Zn	7,2	g	129,6	388,8	648,0	907,2	1166,4	1425,6	1684,8								

Figura 1a. Representación de los valores extraídos de la planta y el valor aplicado en la fertilización para cada nutriente.

8-24-8	9-20-8	Mantenimiento 20-10-10	Mantenimiento 20-10-10	Total	22-0-0 + 0,2B
1ª Rotação					
19,2	3,2	48,0	48,0	118,4	52,8
25,1	3,1	10,5	10,5	49,2	0,0
15,9	2,4	19,9	19,9	58,2	0,0
	0,54			0,5	
	0,04			40,0	0,48

Figura 1b. Matriz con fertilizantes utilizados actualmente y respectivas dosis de aplicación.

5. Discusión

La construcción de una matriz de fertilización fue diseñada para poder cambiar los fertilizantes utilizados (dividido en: (1) fertilizantes minerales – fertilizantes



nitrogenados, fertilizantes compuestos y fertilizantes encapsulados; (2) fertilizantes organominerales) y las dosis a aplicar, dependiendo de la región edafoclimática donde se ubica la parcela a fertilizar, pero también de acuerdo con la productividad esperada. Las épocas y métodos de aplicación fueron justificados con las prácticas actuales realizadas en la empresa. Para cada tipo de fertilización se presentaron las condiciones que se deben tomar en cuenta al momento de elegir un fertilizante o dosis de aplicación.

De los diversos tipos de fertilizantes existentes, los organominerales tienen mucho potencial, porque son fertilizantes que liberan el poder de la materia orgánica del suelo y de los cultivos, con materia orgánica estabilizada, que favorece la microbiología del suelo y se produce de forma sostenible (Santos, 2015). Por otro lado, los fertilizantes organominerales tienen otros beneficios: liberación lenta y constante de nutrientes desde el principio; menor intensidad de nutrientes para obtener los mismos resultados; menos lixiviación de nutrientes; revertir la desertificación del suelo, debido al alto contenido de materia orgánica estabilizada; Reducción de la necesidad de aplicación de nitrógeno al suelo, debido al aumento de la actividad microbiológica (AgriStarBio, 2020).

De hecho, ya hemos probado el uso de fertilizantes organominerales en ambiente controlado, con buenos resultados, como: menor pérdida de nutrientes por lixiviación, así como liberación controlada, y en este momento tenemos ensayos de campo, todavía sin resultados.

Además de la fertilización, también se estudió la corrección del suelo y, como tal, los tipos de correctores existentes: correctores minerales, orgánicos y acondicionadores – como bioestimulantes o gel hidroabsorbente.

El desarrollo de la matriz de fertilización permitió ajustar la cantidad de fertilizante a aplicar, en función de la eficiencia de uso de cada nutriente. En cuanto a la corrección del suelo, dado que los suelos en Portugal, donde hay árboles de eucalipto instalados son, en su mayor parte, ácidos (Vigo et al., 2024), utilizando el mapa de pH podemos y debemos promover la corrección del suelo (Figura 2), incluso para ayudar a una mejor fertilización, absorción de nutrientes y para aumentar el contenido de materia orgánica, para mejorar la estructura del suelo, lo que aumenta la infiltración de agua y reduce la vulnerabilidad del suelo a la compactación, la erosión, la desertificación y la escorrentía superficial (JRC – ESDAC, 2009).

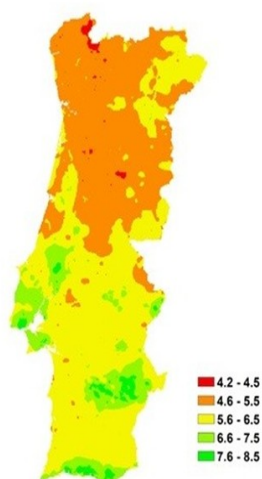


Figura 2. Mapa de contenido de pH del suelo en Portugal (Fuente: Infosolo, 2017).

6. Conclusiones

La realización de este trabajo permitió desarrollar una herramienta (matriz de fertilización) de apoyo a la fertilización operativa, que permite una mayor eficiencia en el uso de fertilizantes, además de aumentar la productividad de las plantaciones.

El tema tratado en este documento ha sido estudiado a lo largo del tiempo, y con la información adquirida hasta ahora hemos desarrollado el mejor documento posible, el cual podrá sufrir ajustes cada año si se descubre algo nuevo.

7. Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado por Altri Florestal, con revisión científica por Instituto Superior de Agronomía.

8. Bibliografía

AGRISTARBIO; 2020. <https://www.agristarbio.com/>

ARAÚJO, C.; 2010. Especificação Técnica 02 – Recomendações para fertilização. Altri Florestal.

BRINKHOFF, R. E.; MENDHAM, D.; HUNT, M. A.; BRITTON, T. G.; HOVENDEN, M. J.; 2024. The response of mid-rotation *Eucalyptus nitens* to nitrogen fertiliser is non-linear and not influenced by phosphorus application, Forest Ecology and Management.

COUNCIL, E. P.; 2023. Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). *European Commission*.

DA ROSA, D. P.; NAVROSKI, M. C.; PEREIRA, M. DE O.; BORSOI, G. A.; NASCIMENTO, B.; DE ANDRADE, R. S.; MORAES, C.; 2020. Liming and fertilization on the growth of *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus dunnii* in Brazil, International Journal of Forestry Research, 8.



FERREIRA, D.; MORAIS, S.; 2021. Nutrição do eucalipto. Manual de apoio á gestão nutricional. *Edição RAIZ*.

GODOI, N. M. I.; ARAÚJO, S. N. d S.; BUZETTI, S.; GAZOLA, R. D. N.; CELESTRINO, T. D. S.; SILVA, A. C. d.; NOGUEIRA, T. A. R.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; 2018. Soil chemical attributes, biometric characteristics, and concentrations of N and P in leaves and litter affected by fertilization and the number of sprouts per the *Eucalyptus L'Hér.* Strain in the Brazilian Cerrado. Forests.

GONÇALVES, J. M.; 1995. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica. Documentos Florestais, 1 – 23.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B.; GONÇALVES, J. C.; “FLORESTAIS”, in FURLANI AMC.; 1996. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo de Campinas e Fundação IAC, 245-259.

HUO, C.; ZHANG, J.; YANG, X.; LI, X.; SU, Y.; CHEN, Z.; 2024. Dry season irrigation promotes nutrient cycling by reorganizing *Eucalyptus* rhizosphere microbiome. Science of the Total Environment, Elsevier.

INFOSOLO.; 2017. <https://projects.inia.pt/infosolo/>

JRC – ESDAC; 2009. Elos entre os processos de degradação do solo, as práticas agrícolas respeitadoras do solo e as medidas políticas com incidência nos solos. European Soil Data Centre, European Comission.

MADEIRA, M.; AZEVEDO, A.; SOARES, P.; TOMÉ, M.; ARAÚJO, M. C.; 2002. Efeito da lavoura profunda e da gradagem nas características do solo e na produtividade de plantações de *Eucalyptus globulus*. *Revista de Ciências Agrárias*, 158-169.

MADEIRA, M.; MAGALHÃES, M. C.; AZEVEDO, A.; FABIÃO, A.; ARAÚJO, M. C.; PINA, J. P.; 2004. Efeito da gestão dos resíduos de abate nas características do solo e no crescimento de uma plantação de *Eucalyptus globulus*, em talhadia. *Revista de Ciências Agrárias*, 414-431.

MADEIRA, M.; FABIÃO, A.; CARNEIRO, M.; 2012. Do harrowing and fertilization at middle rotation improve tree growth and site quality in *Eucalyptus globulus* Labill. Plantations in Mediterranean conditions? *Eur. J. For. Res.*, 131, 583-596.

MADEIRA, M.; CORTEZ, N.; AZEVEDO, A.; MAGALHÃES, M. do C.; RIBEIRO, C.; FABIÃO, A.; 2019. O eucaliptal em Portugal. Impactes ambientais e investigação científica. ISA Press, 137-174, Lisboa.

MAGALHÃES, M. C.; CAMEIRA, M. C.; PATO, R. L.; SANTOS, F.; BANDEIRA, J.; 2011. Biomassa florestal residual: Efeitos da sua remoção na qualidade do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, 205-217.

MERINO, A.; LÓPEZ, A. R.; BRAÑAS, J.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; 2003. Nutrition and growth in newly established plantations of *Eucalyptus globulus* in northwestern Spain. *Ann. For. Sci.*, 509-517.

PRESCOTT, C. E.; 2024. Perspectives: Regenerative forestry – Managing forests for soil life. *Forest Ecology and Management*.

SANTOS, J. Q.; 2015. Fertilização – Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos. Porto: Publindústria, Edições Técnicas.

VIERA, M.; FERNÁNDEZ, F.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; 2016. Nutritional prescriptions for *Eucalyptus* plantations: Lessons learned from Spain. *Forests*, 84.

VIGO, C. N.; OCLOCHO-GARCIA, F. E.; TRIGOSO, D. I.; OLIVA-CRUZ, M.; 2024.



Influence of *Eucalyptus globulus* plantations on soil characteristics at different altitudinal levels; Trees, Forests and People, 18.