

A fertilização azotada de pés-mãe de *Eucalyptus globulus* Labill.: efeito no crescimento

Nitrogen fertilization of *Eucalyptus globulus* Labill. mother plants: effect on growth

H. M. Ribeiro¹, E. Vasconcelos¹, A. Ramos² & J. Coutinho³

RESUMO

Com o objectivo de estudar o efeito da fertilização azotada no crescimento de pés-mãe de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus*, foi instalado um ensaio de fertilização que decorreu durante um período de 3 anos. No ensaio utilizaram-se 2 clones desta espécie (HD161 e CN5) e testaram-se 5 modalidades de fertilização azotada: 50, 100, 200, 400 e 800 mg N L⁻¹ de solução nutritiva. Durante os 3 anos, avaliou-se a biomassa total produzida, a biomassa de folhas, a área das folhas e o número de rebentos susceptíveis de originar estacas viáveis. O aumento da concentração de azoto de 50 para 400 mg L⁻¹ originou um aumento significativo da produção de biomassa e de rebentos susceptíveis de originar estacas viáveis. No entanto, em ambos os casos, o aumento da concentração de azoto da solução nutritiva de 400 para 800 mg L⁻¹ não originou acréscimos significativos de produção. O aumento da disponibilidade de azoto contribuiu, ainda, para um maior investimento por parte dos pés-mãe de *E.*

globulus no seu aparelho fotossintético, uma vez que se observou: i) o aumento significativo da área total de folhas produzidas; ii) o aumento de 29% da área foliar específica; iii) o aumento de 13% da razão de área foliar. Desta forma, é possível concluir que o azoto é um elemento determinante no crescimento de pés-mãe de *E. globulus* devendo a fertilização azotada destas plantas ser sujeita a um cuidado trabalho de optimização. A optimização do crescimento dos pés-mãe de *E. globulus* ocorreu na modalidade em que o nível de azoto na solução nutritiva foi de 400 mg N L⁻¹.

ABSTRACT

To assess the effect of N fertilization on the growth of *E. globulus* stock plants, a nitrogen fertilization experiment was performed. During 3 years, stock plants of 2 clones (HD161 and CN5) were fertilized with complete nutrient solutions containing 5 different levels of N (50, 100, 200, 400 and 800 mg N L⁻¹). Total biomass, leaf

¹ DQAA, Instituto Superior de Agronomia, UTL, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa. Tel: 213 653 440 E-mail: henriqueribe@isa.utl.pt; ²Instituto de Investigação da Floresta e Papel - RAIZ, Qta de S. Francisco, apartado 15, 3801-501 Eixo; ³CCEA, UTAD, apartado 1013, 5000-911 Vila Real. E-mail: j_coutin@utad.pt

biomass, leaf area and number of shoots produced during the 3 years period were measured. Increasing levels of applied nitrogen till 400 mg N L^{-1} led to a significant increase of both biomass and shoot production. However, these productions were not significantly affected when N fertilization increased from 400 to 800 mg N L^{-1} . Increasing levels of applied nitrogen also led to an increase of: i) total leaf area ii) specific leaf area (29% increase) and iii) leaf area ratio (13% increase), showing that with a higher N availability stock plants tend to improve their photosynthetic apparatus. Results show that nitrogen is a fundamental nutrient for the growth of *E. globulus* stock plants and, as a consequence, nitrogen fertilization must be optimized. The maximum growth of *E. globulus* mother plants was achieved with 400 mg N L^{-1} .

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a propagação vegetativa por estacas caulinares de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* (*E. globulus*) tem vindo a substituir a tradicional propagação por via seminal. No sistema de propagação vegetativa utilizado em Portugal, as estacas são obtidas a partir de plantas que são mantidas num estado de desenvolvimento juvenil através de podas intensas e sistemáticas, designadas por pés-mãe ou plantas-mãe. Estes plantas-mãe originam rebentos que são utilizados para fazer estacas caulinares com folhas que, posteriormente, são colocadas a enraizar (Wilson, 1999; Ribeiro, 2004).

Em sistemas de produção deste tipo, a condução dos pés-mãe e as condições ambientais a que os pés-mãe estão sujeitos, nomeadamente a fertilização, são factores determinantes para o crescimento e para a produção de rebentos susceptíveis de origi-

narem estacas (Moe & Anderson, 1988; Hartman *et al.*, 1997). Efectivamente, no caso específico de pés-mãe de *E. globulus*, existem publicados resultados relativos ao efeito de diferentes factores na produção dos pés-mãe, nomeadamente: época de recolha das estacas; intensidade das podas; tipo de contentor; idade cronológica dos pés-mãe; intensidade da rega; ensombramento e aplicação de luz artificial (Wilson, 1993; Reis *et al.*, 1996; Wilson, 1998; Wilson, 1999). No entanto, na bibliografia consultada, constata-se uma falta de informação relativa ao efeito da fertilização em geral, e da fertilização azotada em particular, na produção dos pés-mãe de *E. globulus*. Ribeiro *et al.* (2008), observaram que o aumento da concentração de N, na solução nutritiva aplicada a pés-mãe de *E. globulus*, de 50 para 200 mg N L^{-1} originou um aumento significativo da produção de biomassa e de rebentos susceptíveis de originar estacas. No entanto, atendendo à curva de resposta ao azoto obtida, os autores consideram que o nível 200 mg N L^{-1} , poderá ser inferior ao nível de azoto necessário para otimizar a produção dos pés-mãe. Por outro lado, no referido trabalho a avaliação da produção foi efectuada num único ano de crescimento, o que parece ser manifestamente insuficiente, uma vez que o mesmo pé-mãe se mantém em produção durante vários anos.

Desta forma, a importância que a propagação vegetativa desta espécie já tem em Portugal e a necessidade de avaliar o efeito da fertilização para cada situação particular (espécie, sistema de cultivo dos pés-mãe e condições ambientais durante o enraizamento), justificam a realização de estudos específicos com pés-mãe de *E. globulus*. Pretendeu-se, assim, com este trabalho avaliar, durante 3 anos, o efeito da fertilização azotada de pés-mãe de *E. globulus* na produção de biomassa, folhas e rebentos susceptíveis de originar estacas viáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

Em Março de 1999 foi instalado, no viveiro do Instituto de Investigação da Floresta e Papel localizado em Alcoentre, em ensaio plurianual (3 anos) de fertilização azotada de pés-mãe de *E. globulus* em vasos de 12 L de capacidade colocados ao ar livre.

Delineamento, instalação e condução do ensaio

O ensaio foi delineado segundo um esquema factorial em blocos casualizados, com 3 blocos, 2 clones de *E. globulus* (clone HD161 e clone CN5) e 5 níveis de azoto na solução nutritiva (50, 100, 200, 400 e 800 mg N L⁻¹), correspondendo a um total de 10 modalidades e 30 unidades experimentais. Em cada unidade experimental foram colocados 10 vasos, prefazendo um total de 300 vasos no início do ensaio. Em Março de 1999 procedeu-se à plantação de uma planta de *Eucalyptus globulus* Labil. em cada vaso (plantas jovens, oriundas do enraizamento de estacas dos respectivos

QUADRO 1 – Periodicidade de aplicação da solução nutritiva e respectivo volume médio semanal (VMS)

Período	VMS (L)
Março 1999 a Novembro 1999	1 L
Dezembro 1999 a Fevereiro 2000	0,5 L
Março de 2000	1 L
Abril de 2000 a Outubro de 2000	2 L
Novembro de 2000	1 L
Dezembro 2000 a Fevereiro 2001	0,5 L
Março de 2001	1 L
Abril de 2001 a Outubro de 2001	2 L
Novembro de 2001	1 L
Dezembro de 2001 a Janeiro 2002	0,5 L

clones, com 8-9 meses de idade e com 30 a 40 cm de altura). A periodicidade de aplicação das soluções nutritivas foi estabelecida em função do crescimento das próprias plantas (Quadro 1).

Durante o período experimental os pés-mãe foram sujeitos a podas periódicas. Pode-se considerar, de uma forma esquemática e relativamente simplista, que um pé-mãe é constituído por uma estrutura designada por “*estrutura lenhosa*” formada essencialmente por caules (na sua maioria lenhificados), raízes e um número bastante reduzido de folhas. Esta estrutura é mantida durante toda a vida do pé-mãe e é partir das suas gemas (axilares e dormentes) que se formam os rebentos que periodicamente são podados e que, na época usual de estacaria, originam as estacas. No Quadro 2 apresentam-se as datas das podas realizadas durante todo o período experimental.

QUADRO 2 – Datas das podas efectuadas durante o ensaio

Ano		
1999	2000	2001
29 Abril 1999	19 Junho 2000	04 Junho 2001
17 Junho 1999	24 Julho 2000	27 Julho 2001
03 Ago 1999	11 Set2000	10 Set2001
01 Março 2000	28 Fev2001	07 Jan2002

Avaliação da biomassa produzida

Sempre que se realizou uma poda, a biomassa recolhida de uma planta de cada unidade experimental foi separada em folhas e caules, e pesada (peso fresco). Retiraram-se amostras representativa de folhas e caules que, após lavagem com água desionizada, foram secas a 65 °C até peso constante. Uma subamostra foi ainda seca a 100-105°C para determinação da humidade residual.

No final de cada ano de crescimento (Janeiro), foi ainda retirado, de cada unidade experimental, um pé-mãe, tendo-se avaliado a biomassa (expressa na matéria seca a 100-105°C) da raiz, caules e folhas da sua “*estrutura lenhosa*”, utilizando a metodologia anteriormente referida para a biomassa das podas. Desta forma, a biomassa total produ-

zida pelo pé-mãe corresponde ao somatório da biomassa recolhida em todas as podas efectuadas nesse ano, com o incremento da biomassa da *estrutura lenhosa* do pé-mãe (incluindo a raiz) no respectivo ano, sendo expressa na matéria seca a 100-105°C.

Área Foliar

A área foliar (AF) foi determinada numa amostra representativa das folhas recolhidas em cada poda, num medidor de área foliar da marca ΔT . A partir da massa da amostra de folhas, da área da amostra de folhas e da massa total das folhas determinou-se a área foliar dos pés-mãe.

A área foliar específica (AFE), que corresponde à razão entre a área das folhas e a respectiva massa (peso) das folhas, foi determinada, para todo o período experimental, a partir da seguinte expressão:

$$AFE \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{área de folhas (cm}^2\text{)}}{\text{massa de folhas (g)}}$$

A razão de área foliar (RAF), que corresponde à razão entre a área das folhas e a biomassa total da planta, foi determinada, para todo o período experimental, a partir da seguinte expressão:

$$RAF \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{área de folhas (cm}^2\text{)}}{\text{biomassa total (g)}}$$

Avaliação da produção de rebentos

Nas plantas que não foram utilizadas para a avaliação da biomassa, todo o material vegetal que foi obtido na poda, entre meados de Maio e meados de Setembro, foi utilizado para contabilizar o número de rebentos susceptíveis de originar estacas viáveis. Este valor foi dividido pelo número de pés-mãe existente em cada unidade experimental, tendo-se obtido um valor médio de rebentos produzido por cada pé-mãe. No

Quadro 3 estão registadas as datas em que se procedeu à avaliação do número de rebentos produzidos susceptíveis de originar estacas.

QUADRO 3 – Datas referentes à avaliação da produção de rebentos

Ano		
1999	2000	2001
03 Agosto 1999	19 Junho 2000	04 Junho 2001
	24 Julho 2000	27 Julho 2001
	11 Setembro 2000	10 Setembro 2001

Análise estatística

Os dados obtidos foram sujeitos a uma análise de variância para avaliar o efeito dos factores em estudo sobre as variáveis avaliadas. A comparação de médias foi efectuada utilizando o teste da “diferença mínima significativa” (Montgomery, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de biomassa

A análise de variância dos resultados obtidos mostra que se verificou um efeito altamente significativo ($p \leq 0,001$) dos factores “concentração de azoto na solução nutritiva (azoto)”, “clone” e “ano” sobre a produção total de biomassa dos pés-mãe de *E. globulus*, tendo sido também altamente significativa ($p \leq 0,001$) a interacção “azoto \times ano”. Verifica-se, ainda, que foi o factor “azoto” quem mais influenciou a produção de biomassa, uma vez que contribuiu para 75% da soma de quadrados total (uma estimativa da variabilidade total observada nos 3 anos), enquanto que os factores “ano” e “clone” contribuíram para 14% e 3%, respectivamente.

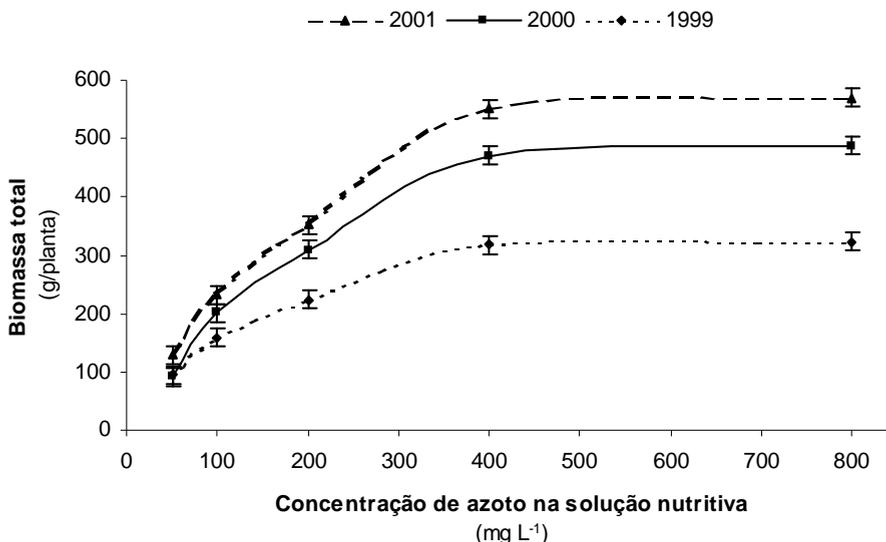


Figura 1 - Efeito médio da concentração de azoto na solução nutritiva (mg L^{-1}) na produção total de biomassa em cada ano (média dos dois clones) e respectiva diferença mínima significativa (\pm)

Relativamente ao factor “clone”, verifica-se que o clone HD161 foi o mais produtivo, tendo apresentado uma produção de biomassa média, nos 3 anos, de 329,5 g/planta/ano, significativamente superior à biomassa produzida pelo clone CN5 (272,7 g/planta/ano). É ainda de realçar que nenhuma das interacções com este factor se mostrou significativa, indicando que a resposta, em termos de produção de biomassa, de cada um dos clones aos outros factores em estudo foi semelhante.

Pelo facto da interacção entre os factores “azoto” e “ano” se ter revelado significativa, apresentam-se, na Figura 1, os valores médios da produção total de biomassa em cada um dos três anos de ensaio, correspondentes à referida interacção. A sua análise revela que, em cada ano, o aumento da concentração de azoto na solução de 50 para 400 mg L^{-1} induziu a acréscimos significativos da produção de biomassa. Contudo,

para um aumento da concentração de azoto na solução nutritiva de 400 para 800 mg L^{-1} não ocorreram acréscimos significativos de produção, indicando que, para valores superiores a 400 mg N L^{-1} , não houve resposta ao aumento da disponibilidade de azoto. Considerando a produção de biomassa em cada ano, verifica-se que os níveis crescentes de azoto da solução nutritiva 100, 200, 400 e 800 mg L^{-1} , permitiram, relativamente ao nível mais baixo de azoto (50 mg L^{-1}), acréscimos de produção de, respectivamente, 65, 133, 231 e 237% no ano 1999, 121, 239, 414, e 433% no ano 2000 e 80, 173, 327 e 342% no ano 2001.

Tendência semelhante foi observada por Ribeiro *et al.* (2008), num ensaio de fertilização azotada de pés-mãe de *E. globulus* com 3 níveis de azoto na solução nutritiva (50, 100 e 200 mg N L^{-1}). No entanto, os resultados obtido no presente trabalho indicam que o nível mais elevado de N utilizado

QUADRO 4 - Efeito da concentração de azoto da solução nutritiva (mg N L⁻¹) na produção total de biomassa em cada ano

Clone	Concentração de azoto (mg N L ⁻¹)	Produção total de biomassa (g/planta)		
		Ano		
		1999	2000	2001
HD161	50	105,6 <i>mno</i>	119,2 <i>lmn</i>	159,4 <i>jkl</i>
	100	187,3 <i>j</i>	240,1 <i>I</i>	272,5 <i>hi</i>
	200	269,9 <i>hi</i>	357,5 <i>ef</i>	381,8 <i>e</i>
	400	344,0 <i>ef</i>	464,6 <i>d</i>	592,6 <i>a</i>
	800	358,7 <i>ef</i>	489,8 <i>cd</i>	600,0 <i>a</i>
CN5	50	86,2 <i>no</i>	63,4 <i>o</i>	98,6 <i>mno</i>
	100	129,5 <i>klm</i>	164,0 <i>jk</i>	192,9 <i>j</i>
	200	177,5 <i>j</i>	262,2 <i>hi</i>	324,0 <i>fg</i>
	400	291,7 <i>gh</i>	476,0 <i>cd</i>	509,7 <i>bc</i>
	800	288,1 <i>gh</i>	485,3 <i>cd</i>	541,5 <i>b</i>

Valores médios, nas colunas e nas linhas, seguidos da mesma letra não diferem entre si de forma significativa ($p \leq 0,05$).

por Ribeiro *et al.* (2008) não terá permitido otimizar o crescimento dos pés-mãe, uma vez que parece ser possível aumentar o crescimento destas plantas utilizando uma fertilização com 400 mg N L⁻¹. Noutros sistemas de produção de *E. globulus*, tem-se também observado acréscimos significativos do crescimento das plantas, consequência do aumento da disponibilidade de azoto, tanto em ensaios de fertilização conduzidos em vasos/contentores (Wendler *et al.*, 1995; Shedley *et al.*, 1995) como em ensaios de campo (Pereira *et al.*, 1989; Cromer *et al.*, 2002).

Pelo facto da análise de variância indicar que a interacção entre os três factores em estudo se encontrou no limiar da significância ($p=0,0537$), apresentam-se, no Quadro 4, os valores médios da produção total de biomassa em cada um dos três anos, para os dois clones, os quais correspondem à interacção referida.

A apreciação dos resultados obtidos permite também constatar que, em cada ano, o aumento da concentração de azoto na solução nutritiva de 50 para 400 mg L⁻¹, para além de ter aumentado a produção total de

biomassa (Figura 1 e Quadro 4), aumentou também, de uma forma significativa, a biomassa da *estrutura lenhosa* do pé-mãe (Quadro 5). A *estrutura lenhosa* do pé-mãe corresponde ao material vegetal (caules, raízes e folhas) que fica na planta após a realização das podas e que é responsável pela posterior rebentação. Desta forma, o aumento da biomassa observado corresponde a um acréscimo de reservas nutritivas que terá também contribuído para uma rebentação mais intensa e, consequentemente, uma maior produção total de biomassa.

A análise dos resultados apresentados na Figura 1 e no Quadro 4 permite ainda concluir que, para cada nível de azoto, ocorreu um aumento significativo da produção de biomassa com o aumento da idade do pé-mãe (excepto para a modalidade N50). Efectivamente, com o aumento da idade vai existindo, para cada nível de azoto, um acréscimo da biomassa da *estrutura lenhosa* do pé-mãe (Quadro 5), o que, como referido anteriormente, terá permitido uma rebentação mais intensa e uma maior produção total de biomassa à medida que a idade do pé-mãe avançou.

QUADRO 5 - Efeito da concentração de azoto da solução nutritiva (mg N L^{-1}) na biomassa da estrutura lenhosa do pé-mãe no final de cada período de crescimento (g/planta)

Clone	Concentração de azoto (mg L^{-1})	Biomassa da estrutura lenhosa (g/planta)		
		Ano		
		1999	2000	2001
HD161	50	44,7 <i>r</i>	71,3 <i>pq</i>	83,9 <i>op</i>
	100	84,4 <i>op</i>	140,6 <i>kl</i>	160,6 <i>k</i>
	200	121,0 <i>lm</i>	208,7 <i>i</i>	237,6 <i>h</i>
	400	183,8 <i>j</i>	281,7 <i>ef</i>	346,8 <i>a</i>
	800	198,2 <i>ij</i>	300,2 <i>de</i>	326,1 <i>bc</i>
CN5	50	38,0 <i>r</i>	51,0 <i>qr</i>	57,2 <i>qr</i>
	100	55,6 <i>qr</i>	100,5 <i>no</i>	112,7 <i>mm</i>
	200	81,1 <i>op</i>	153,4 <i>k</i>	188,1 <i>j</i>
	400	146,2 <i>k</i>	269,4 <i>fg</i>	339,9 <i>ab</i>
	800	146,6 <i>k</i>	260,0 <i>g</i>	313,9 <i>cd</i>

Valores médios, nas colunas e nas linhas, seguidos da mesma letra não diferem entre si de forma significativa ($p \leq 0,05$).

Área foliar

No Quadro 6 apresentam-se os valores médios da área das folhas produzidas pelos pés-mãe durante o período experimental. A análise de variância dos resultados obtidos indica a existência de um efeito altamente significativo ($p \leq 0,001$)

dos factores “concentração de azoto da solução nutritiva (azoto)”, “clone” e “ano” na área de folhas produzidas pelas plantas. Contudo, a interacção “azoto \times clone \times ano” também se mostrou muito significativa ($p=0,0036$), pelo que os resultados apresentados no Quadro 6 correspondem a essa interacção.

QUADRO 6 - Efeito do azoto (mg N L^{-1}) na área das folhas produzidas pelas plantas no período experimental (cm^2 de folhas por planta).

Clone	Concentração de azoto (mg N L^{-1})	Área total das folhas (cm^2 /planta)		
		Ano		
		1999	2000	2001
HD161	50	7 399 <i>q</i>	7 596	19 590
	100	12 396 <i>m</i>	16 175	35 787 <i>e_j</i>
	200	16 569 <i>l</i>	25 026	48 419
	400	19 868 <i>jk</i>	35 237 <i>f</i>	81 652 <i>e</i>
	800	20 944 <i>ij</i>	37 992 <i>e</i>	88 161
CN5	50	6 163 <i>r</i>	3 903	10 680
	100	9 133 <i>p</i>	9 838 <i>o</i>	23 571
	200	12 282 <i>n</i>	16 421	41 549
	400	17 955 <i>kl</i>	31 877	64 608
	800	18 078 <i>jkl</i>	33 273 <i>f</i>	72 480 <i>i</i>

Valores médios, nos 3 anos, seguidos da mesma letra não diferem entre si de forma significativa ($p \leq 0,05$).

Os resultados obtidos indicam que, em cada ano, o aumento da concentração de azoto na solução nutritiva de 50 para 400 mg L⁻¹ originou acréscimos significativos ($p \leq 0,05$) da área de folhas produzidas pelas plantas. Contudo, o aumento de 400 para 800 mg N L⁻¹ não provocou, em nenhum dos três anos, qualquer efeito significativo na área foliar. Os resultados mostram ainda que, sobretudo nas modalidades N200, N400 e N800, para cada nível de azoto, ocorreu um aumento bastante acentuado da área das folhas com o aumento da idade dos pés-mãe, verificando-se que a área das folhas produzida em 2001 é, de um modo geral, mais do dobro da produzida em 2000.

Na Figura 2 apresenta-se o efeito do azoto no valor médio da área foliar específica (AFE) no período experimental. Este indicador corresponde à razão entre a área foliar e a biomassa total da folha, sendo, segundo Specht (1996), um indicador da proporção entre o citoplasma e os compostos de natureza estrutural (celulose, lenhina, etc.) nas folhas. Os resultados obtidos revelam que o aumento da concentração de azoto aumentou também a AFE, tendo-se observado um

acréscimo de 29% entre as modalidades N50 e N800. Este facto sugere que o azoto, para além de ter aumentado a área foliar total das plantas, conduziu também a um aumento da área foliar por unidade de massa de folhas, ou seja, as plantas responderam a uma maior disponibilidade de azoto aumentando a expansão foliar e reduzindo a espessura das folhas.

Na Figura 2 apresenta-se também o efeito do azoto no valor médio da razão de área foliar (RAF) no período experimental. Este indicador corresponde à razão entre a área foliar e a biomassa total da planta e caracteriza a dimensão relativa do aparelho assimilador da planta sendo, por esse motivo, bastante útil para avaliar diferenças entre plantas, resultantes não só da influência de factores genéticos mas também de factores ambientais e de diferentes tratamentos a que foram sujeitas (Potter & Jones, 1977). Os resultados indicam uma tendência de aumento da RAF com o aumento da concentração de azoto da solução nutritiva, tendo-se observado, no período experimental, um acréscimo de 13% entre as modalidades N50 e N800.

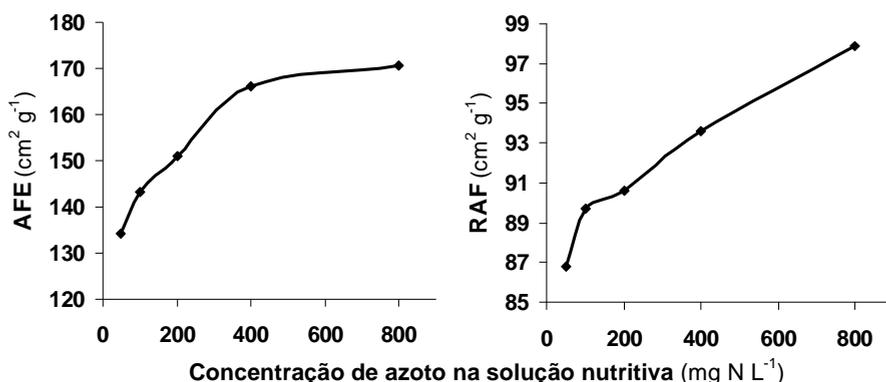


Figura 2 - Efeito da aplicação do azoto nos valores médios área foliar específica (AFE) e da razão de área foliar (RAF) no período experimental (média dos dois clones).

Verifica-se, assim, que o aumento da disponibilidade de azoto contribuiu para um maior investimento no aparelho fotossintético dos pés-mãe de *E. globulus*, o que se traduziu: i) no aumento da área total das folhas produzidas; ii) no aumento da expansão das folhas (aumento da AFE); iii) no aumento da proporção do aparelho fotossintético na biomassa total da planta (aumento da RAF). A maior dimensão do aparelho fotossintético aumenta as potencialidades de interceptação da radiação solar pelas folhas e de captação de dióxido de carbono o que se reflecte, ao nível da planta inteira, numa maior assimilação de carbono e, consequentemente, num aumento da produção de biomassa (Cromer & Jarvis, 1990; Sherif, 1992; Pereira *et al.*, 1994).

Cromer & Jarvis (1990) observaram que, em *Eucalyptus grandis* (Hill.) Maiden, o aumento da disponibilidade de azoto originou um aumento da AFE e da RAF, tendo-se observado uma relação linear entre a concentração de azoto na planta e a AFE. Os autores defendem, assim, que quando os eucaliptos são fertilizados o carbono e o azoto são translocados preferencialmente para as folhas desenvolvendo-se estas com uma área relativamente maior por unidade de massa. Este fenómeno ocorre de forma rápida, permitindo às plantas interceptar maiores quantidades de luz e crescer rapidamente. Em oposição, os mesmos autores verificaram que, nas situações de deficiência nutritiva, nomeadamente de azoto e fósforo, o carbono (fotoassimilados) é translocado preferencialmente para as raízes, apresentando as folhas produzidas uma menor área por unidade de massa. Desta forma, a taxa de crescimento da parte aérea é menor, permitindo contudo aos eucaliptos, por apresentarem raízes proporcionalmente mais desenvolvidas, sobreviverem em locais pouco férteis e apresentarem uma utilização mais eficiente dos nutrientes.

Em povoamentos jovens de *E. globulus*, Pereira *et al.* (1989) observaram também um aumento significativo da área de folhas com o aumento da fertilização das plantas, sem que, no entanto, a capacidade fotossintética das folhas tivesse sido afectada (Pereira *et al.*, 1992). Desta forma, Pereira *et al.* (1994) concluíram que, em plantas no campo, a produção de novas folhas seria o principal processo a ser estimulado pelo aumento da disponibilidade de nutrientes. Este aumento da área foliar terá aumentado a radiação solar interceptada pelas folhas, com o correspondente aumento da produção de biomassa. Também em plantas envasadas (vasos de 10 L de capacidade) de *E. globulus* se verificou que, nas plantas que receberam um nível mais elevado de fertilização azotada, ocorreu: i) um aumento de 48% da área foliar; ii) um aumento de 20% da AFE; iii) um aumento de 34% da RAF (Pereira, 1993). Contudo, neste caso, para além do aumento da proporção da área do aparelho fotossintético, observou-se, também, um aumento da capacidade fotossintética ao nível da folha individual (Pereira *et al.*, 1994), tendo ambos os factores contribuído para a maior produção de biomassa.

Do atrás exposto, pode concluir-se que os resultados obtidos neste ensaio relativamente ao efeito da fertilização azotada no aparelho fotossintético dos pés-mãe de *E. globulus* estão de acordo com os resultados obtidos por diferentes autores em diferentes espécies do género *Eucalyptus* L'Hér.

Produção de rebentos

Os resultados da produção rebentos, susceptíveis de originar estacas viáveis, pelos dois clones (Quadro 7) revelam que, em cada ano, o aumento da concentração de azoto da solução nutritiva de 50 para 400 mg L⁻¹ conduziu a acréscimos significativos da produção de rebentos. Contudo, o

QUADRO 7 - Efeito da concentração de azoto da solução nutritiva (mg N L^{-1}) na produção de rebentos

Clone	Concentração de azoto (mg N L^{-1})	Rebentos (n.º rebentos/pé-mãe)		
		Ano		
		1999	2000	2001
HD161	50	6,0 <i>s</i>	15,4 <i>m</i>	35,4 <i>j</i>
	100	9,1 <i>qr</i>	25,0 <i>k</i>	57,8 <i>f</i>
	200	11,2 <i>op</i>	40,9 <i>ij</i>	87,9 <i>d</i>
	400	12,9 <i>no</i>	51,8 <i>fg</i>	123,1 <i>ab</i>
	800	13,9 <i>mn</i>	48,2 <i>gh</i>	132,0 <i>a</i>
CN5	50	8,1 <i>r</i>	12,3 <i>no</i>	24,1 <i>k</i>
	100	10,0 <i>pq</i>	20,4 <i>l</i>	44,1 <i>hi</i>
	200	12,1 <i>no</i>	27,5 <i>k</i>	69,7 <i>e</i>
	400	12,5 <i>no</i>	44,4 <i>hi</i>	105,4 <i>c</i>
	800	13,3 <i>mn</i>	48,1 <i>gh</i>	113,6 <i>bc</i>

Valores médios, nos 3 anos, seguidos da mesma letra não diferem entre si de forma significativa ($p \leq 0,05$).

aumento da concentração de azoto na solução nutritiva de 400 para 800 mg L^{-1} não originou, em nenhum dos anos, acréscimos significativos de produção de rebentos. Assim, e tal como observado para a biomassa total, para valores superiores a 400 mg N L^{-1} , não houve resposta ao azoto.

Considerando a produção acumulada nos três anos (Figura 3), verifica-se que os níveis crescentes de azoto da solução nutritiva 100, 200, 400 e 800 mg L^{-1} , permitiram, relativamente ao nível mais baixo de azoto (50 mg L^{-1}), acréscimos de produção de rebentos de, respectivamente, 62, 147, 231 e 242% no clone HD161 e de 68, 146, 265 e 293% no clone CN5.

Em pés-mãe de *E. globulus*, as estacas obtêm-se a partir de rebentos/ramos com um comprimento superior a 15/20 cm, originando, cada rebento/ramo, apenas uma estaca. Desta forma, os resultados indicam que o aumento da concentração de azoto na solução nutritiva provocou um aumento do número de rebentos/ramos produzidos pelos pés-mãe. Este rebentos/ramos têm origem nas gemas existentes nas axilas das folhas (gemmas laterais) dos ramos podados ante-

riormente, nas gemmas adventícias existentes na *estrutura lenhosa* do pé-mãe e nas gemmas laterais da rebentação ocorrida após a poda. Pereira (1993) observou que o aumento da disponibilidade de azoto num povoamento de *E. globulus* conduziu a um acréscimo do número de ramos laterais nas plantas, tendo considerado este acréscimo como uma consequência da perda de dominância apical.

Efectivamente, a maior disponibilidade de nutrientes tende a reduzir a dominância apical nos eucaliptos, com o consequente aumento do abrolhamento de gemmas não apicais (laterais e adventícias) e uma maior ramificação das plantas (Kriedemann & Cromer, 1996) que, no caso específico de um pé-mãe, se traduzirá por numa maior produção de estacas. Estas observações poderão estar relacionadas com o facto de o aumento da disponibilidade de azoto na zona radicular aumentar a produção de citocininas (Marschner, 1995) que são fitohormonas responsáveis pela quebra da dominância apical (Varenes, 2003).

No Quadro 7 observa-se ainda que, para igual nível de azoto, ocorreu um aumento da produção de estacas com o aumento da

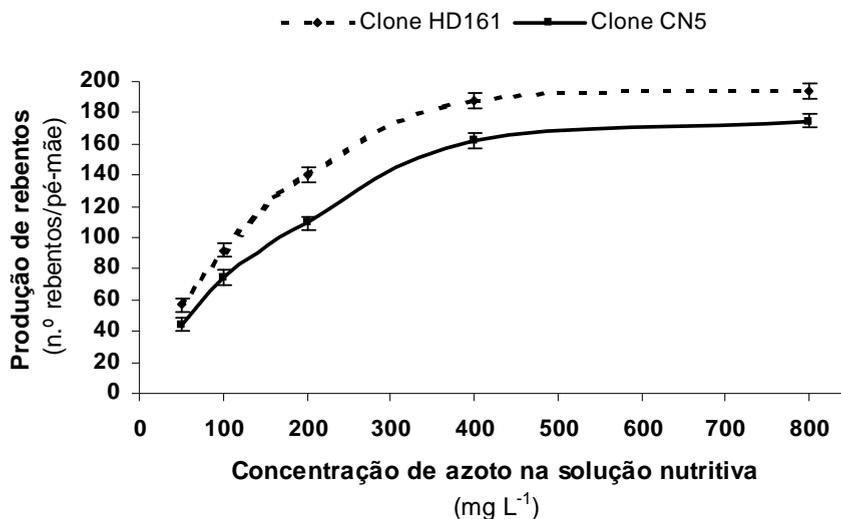


Figura 3 - Efeito do azoto (mg L^{-1}) na produção acumulada de rebentos durante os três anos de ensaio e respectiva diferença mínima significativa (I).

idade do pé-mãe. Este facto será consequência do aumento da biomassa da *estrutura lenhosa* do pé-mãe com a idade (Quadro 5), que corresponde a um acréscimo de reservas nutritivas e a um incremento do número de gemas laterais e adventícias, permitindo uma rebentação mais intensa e, consequentemente, uma maior produção de estacas. Contudo, no primeiro ano, a baixa produção de estacas obtida foi sobretudo devida, para além das diferenças na *estrutura lenhosa*, ao facto de os pés-mãe terem sido plantados relativamente tarde, em finais de Março de 1999. Por este motivo, o crescimento das plantas permitiu fazer apenas uma colheita de estacas durante a época de realização de estacarias (Quadro 3). No entanto, convém ressaltar que, no primeiro ano, a condução dos pés-mãe desta espécie tem como principal objectivo a formação da sua *estrutura lenhosa*, a qual irá suportar a futura rebentação, e não tanto a produção de estacas. A produção efectiva de quantidades

apreciáveis de estacas iniciar-se-á, apenas, no segundo ano de crescimento (Souza & Felker, 1986; Rowe *et al.*, 2002).

Por outro lado, aspectos como a adaptação das plantas ao regime de condução utilizado (ciclos poda-rebentação-poda), bastante diferente das condições naturais de crescimento, e o facto de nos viveiros os pés-mãe se manterem em produção durante vários anos, levam a que se considere que, no primeiro ciclo de crescimento, os resultados obtidos não sejam representativos de todo o ciclo de cultivo do pé-mãe e se torne, por isso, necessário efectuar ensaios plurianuais.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que o aumento da disponibilidade de azoto originou um aumento das dimensões do aparelho fotossintético dos pés-mãe de *E. globulus*,

umentando as potencialidades de interceptação da radiação solar pelas folhas e de captação de dióxido de carbono o que se refletiu, ao nível da planta inteira, numa maior assimilação de carbono e, consequentemente, num aumento da produção de biomassa. Paralelamente, o aumento da disponibilidade de azoto, conduziu, ainda, à produção de um maior número de rebentos susceptíveis de originar estacas viáveis. Desta forma, é possível concluir que o azoto é um elemento determinante no crescimento de pés-mãe de *E. globulus* devendo a fertilização azotada destas plantas ser sujeita a um cuidado trabalho de optimização. Nas condições em que se realizou este ensaio, a optimização do crescimento dos pés-mãe de *E. globulus* ocorreu na modalidade em que o nível de azoto na solução nutritiva foi de 400 mg N L⁻¹, uma vez que o aumento para 800 mg N L⁻¹ não originou acréscimos significativos nos parâmetros avaliados.

Nos viveiros em que se proceda simultaneamente à produção de estacas e ao seu enraizamento, a gestão dos pés-mãe não se deve limitar à optimização da produção de estacas, uma vez que se torna indispensável que as estacas produzidas tenham a capacidade de enraizar. Desta forma, é importante que em trabalhos posteriores se proceda à avaliação do efeito da fertilização azotada no enraizamento das estacas obtidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Investigação da Floresta e do Papel (RAIZ) pela disponibilização dos meios necessários à realização da parte experimental do trabalho e à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo financiamento da Unidade de Investigação em Química Ambiental onde se realizou este trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- Cromer, R.N. & Jarvis, P.G. 1990. Growth and biomass partitioning in *Eucalyptus grandis* seedlings in response to nitrogen supply. *Australian Journal of Plant Physiology*, **17**: 503-515.
- Cromer, R.N., Turnbull, C.R. A., LaSala, A.V., Smethurst, P.J. & Mitchell, A.D. 2002. *Eucalyptus* growth in relation to combined nitrogen and phosphorus fertiliser and soil chemistry in Tasmania. *Australian Forestry*, **65** (4): 256-264.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. & Geneve, R.L. 1997. *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice-Hall Inc., New Jersey, EUA.
- Kriedemann, P.E. & Cromer, R.N. 1996. The nutritional physiology of the eucalypts – nutrition and growth. In P.M. Attiwill & M.A. Adams (eds) *Nutrition of Eucalypts*, pp. 109-122. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC, Australia.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press Limited, London, Reino Unido.
- Moe, R. & Andersen, A.S. 1988. Stock plant environment and subsequent adventitious rooting. In T. D. Davis, B. E. Haissig & N. Sankhla (eds) *Adventitious Root Formation in Cuttings*, pp. 214-234. Dioscorides Press, Portland, Oregon, EUA.
- Montgomery, D. C. 1991. *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley and Sons, Inc., New York, EUA.
- Pereira, J. S., Chaves, M. M., Fonseca, F., Araújo, M. C. & Torres, F. 1992. Photosynthetic capacity of leaves of *Eucalyptus globulus* (Labill.) growing in the field with different nutrient and water supplies. *Tree Physiology*, **11**: 381-389.
- Pereira, J. S., Linder, S., Araújo, M. C., Pereira, H., Ericsson, T., Borralho, N. & Laeal, L. C. 1989. Optimization of bio-

- mass production in *Eucalyptus globulus* plantations. A case study. In J.S. Pereira & J.J. Landsberg (eds) *Biomass Production by Fast-Growing Trees*, pp.101-121. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands.
- Pereira, J.S. 1993. Gas exchange and growth. In E. D. Schulze & M. Caldwell (eds) *Ecophysiology of Photosynthesis, Ecological series nr. 100*, pp. 147-181. Springer-Verlag, Berlin.
- Pereira, J.S., Chaves, M.M., Carvalho, P.O., Caldeira, M.C. & Tomé, J. 1994. Carbon assimilation, growth and nitrogen supply in *Eucalyptus globulus* plants. In J. Roy & E. Garnier (eds) *A Whole Plant Perspective on Carbon-Nitrogen Interactions*, pp. 79-89. SPB Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands.
- Potter, J. R. & Jones, J. W. 1977. Leaf area partitioning as an important factor in growth. *Plant Physiology*, **59**: 10-14.
- Reis, J., MacRae, S. & Neves, I. 1996. Efeito da sazonalidade na propagação da *Eucalyptus globulus* Labill. através de estacas caulinares. *Revista Florestal* **IX** (2): 22-25.
- Ribeiro, H.M. 2004. *A fertilização Azotada de Pés-Mãe de Eucalyptus globulus ssp. globulus Labill.* Dissertação de Doutorado em Engenharia Agrônômica. UTL, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Ribeiro, H.M., Vasconcelos, E., Ramos, A. & Coutinho J. 2008. O comportamento de pés-mãe de *Eucalyptus globulus* Labill. sujeitos a diferentes níveis de azoto e potássio. *Revista de Ciências Agrárias* (em publicação).
- Rowe, D.B., Blazich, F.A. & Raper, C.D. 2002. Nitrogen nutrition of hedged stock plant of Loblolly Pine. I - tissue nitrogen concentration and carbohydrate status. *New Forest*, **24**:39-51.
- Shedley, E., Dell, B. & Grove, T.S. 1995. Diagnosis of nitrogen deficiency and toxicity of *Eucalyptus globulus* seedlings by foliar analysis. *Plant and Soil*, **177**: 183-189.
- Sheriff, D.W. 1992. Roles of carbon gain and allocation in growth at different nitrogen nutrition in *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus globulus* seedlings. *Australian Journal of Plant Physiology*, **19**: 637-652.
- Souza, S.M. & Felker, P. 1986. The influence of stock plant fertilization on tissue concentration of N, P and carbohydrates and the rooting of *Prosopis alba* cuttings. *Forest Ecology and Management*, **16**: 181-190.
- Specht, R.L. 1996. The influence of soils on the evolution of the eucalypts. In P.M. Attiwill & M.A. Adams (eds) *Nutrition of Eucalypts*, pp. 31-60. CSIRO publishing, Collingwood, VIC, Australia.
- Varenes, A. 2003. *Produtividade dos Solos e Ambiente*. Escolar Editora, Lisboa.
- Wendler, R., Carvalho, P.O., Pereira, J.S. & Millard, P. 1995. Role of nitrogen remobilization from old leaves for new leaf growth of *Eucalyptus globulus* seedlings. *Tree Physiology*, **15**: 679-683.
- Wilson, P.J. 1993. Propagation characteristics of *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* stem cuttings in relation to their original position in the parent shoot. *Journal of Horticultural Science*, **68** (5): 715-724.
- Wilson, P.J. 1998. Environmental preferences of *Eucalyptus globulus* stem cuttings in one nursery. *New Zealand Journal of Forestry Science*, **28**(3): 304-315.
- Wilson, P.J. 1999. Pruning regimes, container types and stocking for mother plants of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **74** (5): 639-644.