

Melhoramento genético em pinheiro-bravo

Alexandre Aguiar¹, Isabel Carrasquinho¹ e Margarida Alpuim¹

Resumo

Na primeira metade da década de sessenta, foram selecionadas oitenta e cinco árvores superiores na Mata Nacional de Leiria, considerando as seguintes características: altura, diâmetro à altura do peito, forma do tronco, fio espiralado, vigor e forma da copa. Esta seleção que foi realizada pelo técnico australiano D.H. Perry, marcou o início do programa de melhoramento genético de pinheiro-bravo australiano, e teve a colaboração de investigadores portugueses pioneiros em melhoramento florestal. Na sequência destes trabalhos foram estabelecidos na Mata Nacional do Escarpim dois pomares clonais (1970/1975), constituídos por ramos dessas árvores superiores selecionadas em Leiria.

Os estudos reprodutivos posteriormente realizados nestes pomares, deram indicações valiosas para a instalação de um teste de descendências aos clones aí instalados, o qual, permitiu determinar os valores reprodutivos e estimar os ganhos genéticos do volume e da forma do tronco.

Vários projetos nacionais e internacionais permitiram o aumento da base genética deste programa de melhoramento e o desenvolvimento de quatro populações, que representam a população de melhoramento existente. Esta população é constituída por seis pomares seminais e testes de descendência simultâneos com uma área global de 60 ha, e um novo pomar clonal de elite, com 7 ha. Este pomar é constituído pelos melhores progenitores da população de Leiria e produz semente com ganhos genéticos, de 21% em volume e 17% na forma do fuste.

¹ INRB, I.P. / L-INIA, Unidade de Investigação de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas, Quinta do Marquês, 2780-159 Oeiras, Portugal; e-mail: alexandre.aguiar@inrb.pt; isabel.carrasquinho@inrb.pt

A avaliação das descendências está em curso e irá permitir o desbaste genético de 4 pomares seminais, com uma área total de cerca de 40 ha, e a constituição da geração seguinte de melhoramento.

Entretanto, a fileira florestal terá à disposição quantidades crescentes de semente, proveniente de pomares clonais e seminais com elevado potencial genético que, associado a modernos modelos de silvicultura, possibilitem a máxima expressão deste potencial e permitam, de forma clara, o aumento de produtividade dos nossos pinhais.

Palavras-chave: ensaio de descendências, ganho genético, material florestal de reprodução, pinheiro-bravo, seleção genética.

1. Introdução

Uma arborização de qualidade deve ser feita no meio ambiente adequado, isto é, numa região cujos solos e clima sejam apropriados ao bom desenvolvimento da espécie. Os princípios de floresta sustentável, que têm sido enunciados, consideram que aspetos técnicos como sejam a mobilização do solo, a instalação das plantas e, mais tarde, a limpeza de matos, as desramações e desbastes, a proteção florestal e o aproveitamento racional de todos os recursos naturais não sejam negligenciados, ou seja, implica o desenvolvimento de um modelo de silvicultura integrado.

No momento de planear uma exploração florestal, um bom gestor sabe que necessita de acautelar todos os aspetos acima referidos, mas também deve utilizar plantas, Material Florestal de Reprodução (MFR), de qualidade genética conhecida. Em contrapartida, espera uma boa adaptabilidade e um elevado grau de resistência a fatores desfavoráveis, que proporcionem um aumento de produtividade e de rentabilidade futura da sua exploração florestal. Na verdade, uma planta com elevado potencial genético conseguirá demonstrar as suas qualidades, quando bem cultivada, enquanto uma planta de qualidade genética inferior, colocada no mesmo local e sujeita ao mesmo tratamento, não atingirá a produtividade da anterior.

Trata-se de conceitos base conhecidos, há muitos anos, mas que, infelizmente, tardaram a ser implementados no nosso país, por várias razões. A primeira das quais, diz respeito à especificidade do setor florestal e baseia-se na longevidade das espécies e no desconhecimento

das possibilidades da aplicação da genética das populações e da genética quantitativa ao setor florestal. Outros países aperceberam-se, muito cedo, das virtualidades do melhoramento e do interesse em utilizar um bom MFR. Num breve apontamento, Nanson (2004), lembra que a primeira experiência internacional sobre a origem de sementes florestais (pinheiro-silvestre), foi consagrada no congresso da IUFRO de 1910, em Bruxelas. A sensibilização para esta temática conduziu muitos países a apostarem em programas de melhoramento florestal, daí que a maioria tenham sido iniciados há várias dezenas de anos, e continuem a ser implementados. No caso do pinheiro-bravo, o programa francês de melhoramento tem mais de 60 anos (Danjon, 1995) e o programa australiano, mais de 50 (Hopkins, 1960), sendo de realçar que na Austrália o pinheiro-bravo é uma espécie exótica.

Por outro lado, a ausência de legislação adequada permitiu os maiores atropelos na utilização do MFR. Finalmente, com o Decreto-Lei n.º 205/2003, de 12 de setembro, que transpôs a Diretiva n.º 1999/105/CE, ficaram definidas as várias categorias dos MFR, bem como a sua comercialização, de acordo com essa caracterização. Tornou-se obrigatória, a comercialização de “MFR selecionado” para as espécies de maior relevância económica no nosso país, como sejam o sobreiro, o eucalipto, o pinheiro-bravo e o pinheiro-manso.

Todavia, muitos anos antes, cientes da importância da origem e da qualidade genética da semente a utilizar em arborizações e reflorestações, alguns investigadores florestais pioneiros em melhoramento da Estação de Experimentação Florestal, tiveram a oportunidade de trabalhar com cientistas e técnicos australianos na Mata Nacional de Leiria (Pessoa, 1965; Perry e Hopkins, 1967; Alpuim, 1971). Dessa colaboração foi possível estabelecer na Mata Nacional do Escaroupim dois pomares clonais constituídos por rametos dos génotipos selecionados em Leiria por Perry. Estas ações foram de grande importância na época, porque permitiram juntamente com os estudos desenvolvidos pelas empresas de celulose para o eucalipto, chamar a atenção pela primeira vez em Portugal, para a importância da qualidade do MFR a utilizar no setor florestal.

No entanto, só em 1988, com o programa “Amelioration d’espèces forestières” financiado pelo Banco Mundial, foi elaborado um programa de melhoramento para o pinheiro-bravo em Portugal (Roulund *et al.*, 1988). Trata-se de um programa baseado na implementação de vários ciclos de testes genéticos, utilizando métodos quantitativos para avaliar as árvores da população de melhoramento, e constituir a população de produção. Este programa tem como objetivo criar estruturas capazes de

disponibilizar MFR, para utilização em arborizações, de forma a permitir obter um produto final com qualidade genética superior para a indústria de serração.

É objetivo deste trabalho, não só chamar a atenção para a utilização de MFR de qualidade, mas também, dar conta dos estudos já realizados para este efeito e do estado da arte do melhoramento genético para a espécie pinheiro-bravo.

2. Materiais e Métodos

2.1. A população de base e a população de melhoramento

A população de base escolhida para iniciar a seleção foi constituída por todas as árvores adultas de pinheiro-bravo que existiam em 1963 na Mata Nacional de Leiria (MN Leiria). A população de melhoramento veio a ser iniciada entre 1963 e 1965, por oitenta e cinco árvores “plus” selecionadas para as características: altura, diâmetro à altura do peito (DAP), forma do tronco, fio espiralado, vigor e forma da copa (Fig. 1). Esta seleção fenotípica foi realizada utilizando um sistema de classificação numérica muito usado na década de sessenta (Perry e Hopkins, 1967).



Fig. 1 Dois planos da árvore n.º 5 selecionada em 1965 em Leiria.

Na Mata Nacional do Escaroupim foram então estabelecidos dois pomares clonais constituídos por rametos (cópias vegetativas) das árvores acima referidas. Um primeiro pomar, com 60 clones, instalado entre 1970 e 1975, e um segundo pomar com 49 clones, cujos trabalhos terminaram em 1978. Estes pomares foram durante alguns anos a população de melhoramento e simultaneamente a população de produção (Nanson, 2004; Eriksson *et al.*, 2006) por permitirem conservar os genótipos selecionados e também produzirem semente selecionada que foi utilizada ao longo dos anos na MN Leiria.

Com base em estudos reprodutivos realizados nos referidos pomares (Varela, 1989), efetuou-se uma abundante colheita de pinhas, com o objetivo de iniciar um teste de descendências aos clones, determinar o seu valor reprodutivo e estimar o ganho genético possível de obter, tendo em vista o crescimento em altura, DAP e a forma do fuste (Aguiar, 1989). Este teste de descendências foi estabelecido em 1987, em 3 locais, tendo sido parcialmente financiado pelo projeto PIDDAC-9-238/88.

A seleção de árvores superiores, os pomares clonais e os testes estabelecidos permitiram estabelecer uma frutuosa colaboração entre a Estação Florestal Nacional e a então Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, que se mantém até hoje, agora, entre o Instituto Nacional de Recursos Biológicos/INIA e a Autoridade Florestal Nacional (AFN). Ao abrigo do programa financiado pelo Banco Mundial, já acima referido, iniciou-se a colaboração com a “Royal Veterinary and Agricultural University”, universidade dinamarquesa, da qual resultou a publicação *A Tree Improvement Plan for Pinus pinaster in Portugal* (Roulund *et al.*, 1988), a qual foi a base do programa de melhoramento de pinheiro-bravo, naturalmente, sujeito a várias alterações ao longo dos anos.

2.2. O desenvolvimento da população de melhoramento e da população de produção

Vários projetos contribuíram para o desenvolvimento do programa inicial, entre os quais destacamos:

- 1) Projeto PIDDAC-9-186-/88 - Seleção de árvores plus em zonas características de pinhal bravo;
- 2) Projeto JNICT PMT/C/AGR/608/90 - Investigação Experimental de base para a maximização do potencial produtivo da *Pinus pinaster* em Portugal;

- 3) Projeto comunitário FOREST - Upgrading of Southern Pines;
- 4) Projeto PAMAF 4017 - Melhoramento do pinheiro-bravo na região Centro-Norte;
- 5) Projeto PINUS 98/POE.

Este último envolveu pela primeira vez, parcerias com o Centro PINUS, IBET e as empresas, Sonae e Portucel. Globalmente, estes projetos permitiram o acompanhamento dos ensaios de descendência e o estabelecimento de novos ensaios, a análise das variações na heritabilidade, calculada para as diferentes características estudadas e as consequentes estimativas dos ganhos genéticos (Aguiar, 1993; Aguiar *et al.*, 2003). O projeto comunitário FOREST permitiu também estabelecer um ensaio de proveniências em seis locais (Aguiar *et al.*, 1995), selecionados em função da área de distribuição da espécie e de parâmetros geográficos e climáticos (Aguiar *et al.*, 1999; Carneiro *et al.*, 2001).

As novas seleções efetuadas ao longo dos anos permitiram-nos aumentar a base genética da população de melhoramento e estabelecer quatro populações distintas, a população de 1987 (P87) constituída por descendências de 49 indivíduos superiores, a população de 1994 (P94)

QUADRO 1 Populações de melhoramento e populações de produção resultantes do desenvolvimento do programa de melhoramento genético para o volume e forma do tronco de pinheiro-bravo. As metodologias de seleção o tipo específico de pomar que compõe a população de produção e o material de reprodução possível de obter vêm indicados para cada população.

População de melhoramento	Ensaio de descendência	População de produção	Material de reprodução
P87	49 famílias. Avaliação do valor reprodutivo.	Pomar clonal de elite com 17 genótipos (backward selection).	Semente testada. 2010-arborização de 250.ha ⁻¹ , 2011-arborização de 750.ha ⁻¹ .
P94	100 famílias. Seleção dos melhores indivíduos em cada local.		Recolha de pólen. Semente proveniente de polinização controlada.
P99	120 famílias. Seleção dos melhores indivíduos das melhores 25 famílias.	Pomar seminal constituído pelos indivíduos selecionados.	Semente qualificada. Recolha de pólen (estudos em curso).
P00	110 famílias. Seleção dos melhores indivíduos das melhores 20 famílias.	Pomar seminal constituído pelos indivíduos selecionados.	Semente qualificada. 2014-arborização de 500.ha ⁻¹ . Recolha de pólen.

constituída por 100 descendências, a de 1999 (P99) representada por 120 descendências e, finalmente, a população de 2000 (P00) com 110 descendências em teste.

O desenvolvimento do programa de melhoramento de pinheiro-bravo está resumido no Quadro 1, onde se apresentam as várias populações existentes e os materiais de reprodução resultantes. Considerando que se trata de 4 populações distintas e não uma grande população de melhoramento trabalhada em conjunto, o programa atual aproxima-se, em sentido lato, do conceito de “Multiple Population Breeding System”, desenvolvido por Gene Namkoong (Eriksson *et al.*, 2006). Nas populações P94, P99 e P00 está a ser aplicada a seleção recorrente para a capacidade geral de combinação, reunindo os melhores indivíduos para a geração seguinte (Nanson, 2004). Por outro lado, na P87, foram selecionados os progenitores (“backword selection”) pela avaliação do comportamento das descendências. As estimativas dos componentes da variância e heritabilidades foram efetuadas recorrendo ao programa ASREML (Guilmour *et al.*, 1998).

3. O Estado da Arte

Cerca de um terço dos ensaios de melhoramento de pinheiro-bravo estabelecidos no campo, desde 1987, foram consumidos por fogos florestais. Assim, dos 120 ha que deveriam existir, constituídos por ensaios de proveniências, ensaios de descendências e pomares clonais e seminais, existem apenas cerca de 80 ha.

Dos seis ensaios de proveniências estabelecidos em 1993 (Aguir *et al.*, 1995), existem atualmente quatro nos seguintes locais: Centro Experimental do Escaroupim (MN Escaroupim), Viseu (campo de aviação), Serra da Malcata (Quinta da Nogueira) e MN de Leiria (talhão 277), ocupando no total 20 ha. Nos testes de proveniências, estruturas primárias de um programa de melhoramento e de conservação genética, foram já desenvolvidos estudos fundamentais que nos permitem conhecer melhor a estrutura genética das populações e a sua interação com o meio ambiente (Esteves, 2007; Correia *et al.*, 2008). Por sua vez, os estudos de adaptabilidade resultaram no conhecimento das proveniências mais produtivas a utilizar numa determinada região (Esteves *et al.*, 2002) o que pode implicar a delimitação de regiões de proveniências (Carneiro *et al.*, 2001). Outros trabalhos têm sido desenvolvidos nestes ensaios, salientamos contudo, o comportamento superior das proveniências resultantes de pomares com base genética nas seleções de Leiria.

Nas populações de melhoramento, indicadas no Quadro 1, existem 310 árvores “plus” em avaliação. A P94, encontra-se instalada na MN de Leiria (talhão 266) e Serra da Malcata (Quinta da Nogueira); o teste de descendências correspondente à P99, em Paredes de Coura (Insalde) e Idanha-a-Nova (Ribeiro do Freixo) e finalmente P00 está instalada em Valença (Chamoziños) e Penedono.

Na população P87 foram avaliadas 46 árvores “plus” medindo as características em estudo no respetivo ensaio de descendências, obtendo, assim, a variância aditiva e os restantes parâmetros genéticos (Falconer, 1989; Eriksson *et al.*, 2006). Estas estimativas, permitiram calcular o ganho genético selecionando apenas os 17 melhores progenitores. Deste modo, o pomar clonal de elite do Centro Experimental do Escaroupim foi constituído por 17 clones, cujos valores reprodutivos são os mais elevados, possibilitando a obtenção de semente com ganhos genéticos de 21% em volume e 17% na retidão do fuste (Aguiar *et al.*, 2003). Neste momento, este pomar (Fig. 2), possibilita a obtenção de mais de 100 kg de semente limpa, com categoria de semente testada. Sendo um pomar muito jovem, é previsível o aumento de produção de pinhas de, pelo menos, para o triplo. Assim, numa estimativa cautelosa, poderemos dizer que, os 7 hectares de pomar existentes, nesta primeira fase, poderão dentro de dois a três anos, contribuir para a arborização de cerca de 1 500 ha.ano⁻¹. Estando planeada a duplicação da área deste pomar e considerando a sua plena produção, então o aumento da produção de semente para o dobro corresponderá a uma área de arborização de cerca de 3 000 ha.ano⁻¹ com MFR de elevado potencial genético.



Fig. 2 Pomar clonal testado de Escaroupim (2010).



Fig. 3 Pomar seminal de Chamosinhos (2008).

Ainda referente à população P87, foram realizados estudos sobre as correlações genéticas entre parâmetros de qualidade da madeira (Gaspar *et al.*, 2008a), analisou-se os componentes genéticos da densidade da madeira ao longo do tempo até aos 17 anos (Gaspar *et al.*, 2008b), e

investigou-se se a seleção “sobre o cedo” teria influência na densidade da madeira passados alguns anos (Gaspar *et al.*, 2009). Estes autores concluíram, que a seleção genética para o crescimento aos 12 anos não afeta as propriedades da madeira aos 17 anos, o que dá confiança para se prosseguir nas seleções em idades mais jovens e assim encurtar os ciclos de seleção genética. Com vista à multiplicação massal alargada de material de qualidade genética superior, estabeleceu-se, em 1989, um ensaio de estacaria com plantas provenientes de 46 famílias do pomar clonal de Sementes, que visa a comparação de desenvolvimento de plantas seminais e clonais (Carrasquinho *et al.*, 2001).

A população P94 está destinada à seleção dos melhores indivíduos existentes nos dois ensaios, com o objetivo de estabelecer uma nova geração de melhoramento por polinização controlada após a avaliação das respetivas descendências.

Nas populações de melhoramento de 1999 (P99) e 2000 (P00), os respetivos ensaios de descendência com cerca de 10 ha cada estão a ser avaliados de forma a selecionar as melhores famílias e posteriormente, os melhores génotipos de cada família, permitindo assim um desbaste genético final que irá constituir 4 pomares seminais, com ganhos genéticos entre 12% e 17% consoante as características medidas e os locais em que se encontram (Roulund *et al.*, 1988). Em Chamoizinhos foram calculados ganhos genéticos de 12% para a altura das árvores e de 21% para o diâmetro à altura do peito (DAP) (dados não publicados). O desbaste genético, efetuado em 2008, permitiu a transformação do ensaio de descendências estabelecido em 2000, num pomar seminal (Fig. 3).

4. Considerações Finais

Tendo o nosso país grande aptidão florestal, a disponibilização de conhecimento técnico e de matéria-prima vegetal de qualidade revelam-se indispensáveis ao progresso e ao desenvolvimento sustentável do mundo rural, cujo potencial está cada vez mais apoiado no setor florestal. Este setor está ligado não só à produção lenhosa, cujo objetivo prioritário deve ser a competitividade, mas também ao recreio, à paisagem, à biodiversidade, à proteção dos solos e ao regime hídrico.

Por esta razão, há que ser mais exigente, no que diz respeito à qualidade dos MFR, parecendo paradoxal que esta fique confinada à categoria de “material selecionado”, exigência mínima do DL. Isto, porque as categorias de MFR de “fonte identificada” e “material selecionado” limitam-se, na melhor das hipóteses, a manter os baixos níveis de

qualidade dos povoamentos já existentes. Na verdade, se se pretender uma floresta mais produtiva e competitiva, haverá que investir, sem reservas, em programas de melhoramento, com os quais será possível alcançar “MFR qualificados e testados”, estes sim, relevantes do ponto de vista da qualidade genética.

Sendo um instrumento importante, o DL atrás referido só contempla a comercialização de materiais florestais de reprodução para as espécies de referência, em novas arborizações, não prevendo qualquer controlo sobre a regeneração natural, sendo que esta é, de um modo geral, de muito má qualidade. O grande problema reside no facto de que, a esmagadora maioria dos proprietários florestais não promovem adequadas medidas de gestão e ao longo da vida do povoamento, efetuam desbastes negativos para realizar algum capital, deixando de pé as piores árvores que se cruzam entre si dando origem, por fim, a uma regeneração natural de qualidade inferior. Esta regeneração natural de má qualidade, que tem vingado, tem vindo a diminuir, acentuadamente, a qualidade média dos povoamentos de pinheiro-bravo. É nossa opinião que deveriam ser introduzidas alterações na legislação para que possa existir controlo sobre a qualidade da regeneração natural, evitando a perpetuação dos maus povoamentos e, ainda, investir em novas arborizações com MFR qualificado ou testado, porque o necessário aumento de competitividade do setor florestal assim o exige.

Agradecimentos

Todas as atividades descritas neste trabalho não teriam sido possíveis sem a dedicação de toda a equipa que trabalhou no programa de melhoramento do pinheiro-bravo, dos quais se salientam a colega Carolina Varela, coautora do referido programa, a colega Isabel Esteves e o técnico superior João Pessoa que acompanhou todos os trabalhos de campo desde o seu início.

O grupo de trabalho de melhoramento florestal do INIA agradece a todos os colegas que prestaram ou prestam serviço na atual Autoridade Florestal Nacional (AFN), ou nas Direções Regionais de Agricultura e Florestas, que sempre compreenderam e apoiaram de forma decisiva o melhoramento florestal, nomeadamente, na região Norte, Laura Maria e Ana Macedo, na região Centro, Rui Rosmaninho, Sebastião Maia e Bernardino Dias e em Lisboa e Vale do Tejo, Joaquim Baptista, Gisela Simões, Susana Gomes e Rui Pombo.

Bibliografia

- Aguiar, A. 1989. *Estudo da variabilidade genética de algumas características juvenis em descendências maternas de pinheiro bravo (Pinus pinaster Ait.)*. Provas de acesso à categoria de Investigador Auxiliar, INIA, EFN, Lisboa, 80 p.
- Aguiar, A. 1993. Análise da variação do crescimento em altura de descendências maternas de pinheiro bravo. *Silva Lusitana* 1, 2: 267-274.
- Aguiar, A.; Almeida, M.H.; Borralho, N. 2003. Genetic control of growth, wood density and stem characteristics of *Pinus pinaster* in Portugal. *Silva Lusitana* 11, 2: 131-139.
- Aguiar, A.; Alpuim, M.; Roldão, I. 1995. Ensaio de proveniências de *Pinus pinaster* Ait. (Resultados preliminares). *Silva Lusitana* 3, 1: 53-63.
- Aguiar, A.; Roldão, I.F.; Esteves, I.; Baeta, J.M. 1999. Ensaio de proveniências de *Pinus pinaster* Ait. Resultados aos quatro anos do ensaio. *Silva Lusitana* 7, 1: 39-47.
- Alpuim, M. 1971. *Algumas considerações sobre o melhoramento genético do pinheiro bravo*. Estudos e informação n.º 257, D.G.S.F.A., Lisboa, 40 p.
- Carneiro, M.; Lobo, P.; Sousa, H.; Carrasquinho, I.; Correia, I.; Aguiar, A. 2001. Estudos de base para a delimitação de regiões de proveniência de pinheiro bravo. *Silva Lusitana* 9, 1: 35-46.
- Carrasquinho, I.; Aguiar, A.; Correia, I.; Baeta, J. 2001. Análise do crescimento em altura de plantas de pinheiro bravo por estacaria. *Actas 4º Congresso Florestal*, Universidade de Évora.
- Correia, I.; Almeida, M.H.; Aguiar, A.; Alia, R.; David, T.S.; Pereira, J.S. 2008. Variation in growth, survival and carbon isotope composition ($\delta^{13}\text{C}$) among *Pinus pinaster* Ait. populations of different geographic origins. *Tree Physiology* 28: 1545-1552.
- Danjon, F. 1995. Observed selection effects on height growth, diameter and stem form in maritime pine. *Silvae Genetica* 44,1: 10-19.
- Eriksson, G.; Ekberg, I.; Clapham, D. 2006. *An introduction to forest genetics*. Genetic Center. Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU, Box 7070, 750 07 Uppsala, Sweden, 186 p.
- Esteves, I. 2002. *Avaliação do comportamento de proveniências de Pinus pinaster Aiton aos 8 anos, na Mata Nacional do Escaroupim*. Tese de mestrado em Produção Vegetal, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, 105 p.
- Esteves, I. 2007. *Avaliação genética de proveniências de Pinus pinaster Aiton aos 10 anos em Portugal*. Dissertação de doutoramento em Engenharia Florestal, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, 118 p.
- Falconer, D.S. 1989. *Introduction to quantitative genetics*. Longman Group Ltd., 3rd edition,
- Gaspar, M.J.; Louzada, J.L.; Aguiar, A.; Almeida, H. 2008a. Genetic correlations between wood quality traits of *Pinus pinaster* Ait. *Annals of Forest Science* 65: 703-706.
- Gaspar, M.J.; Louzada, J.L.; Aguiar, A.; Rodrigues, J.C.; Almeida, H. 2009. Does selecting for improved growth affect wood quality of *Pinus pinaster* in Portugal? *Forest Ecology and Management* 258: 115-121.

- Gaspar, M.J.; Louzada, J.L.; Silva, M.E.; Aguiar, A.; Almeida, H. 2008b. Age trends in genetic parameters of wood density components in 46 half sibling families of *Pinus pinaster* Ait. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 1470-1477.
- Guilmour, A.R.; Cullis, B.R.; Welham, S.J.; Thompson, R. 1998. *ASREML User's manual*. New South Wales Agriculture, Orange, Australia.
- Hopkins, E.R. 1960. *Variation in the growth rate and quality of Pinus pinaster Ait. in Western Australia*. For. Dep. W.A. Bulletin No. 67.
- Nanson, A. 2004. *Genétique et amélioration des arbres forestiers*. Les Press Agronomiques de Gembloux, A.S.B.L., 712 p.
- Perry, D.H.; Hopkins, E.R. 1967. *Importation of breeding material of Pinus pinaster Ait. from Portugal*. For. Dep. W.A. Bulletin No. 75.
- Pessoa, F.S. 1965. *Contribuição para o estudo do melhoramento genético do pinheiro bravo (Pinus pinaster Sol.) em Portugal*. Relatório final do curso de Eng. Silvicultor, ISA.
- Roulund, H.; Alpuim, M.; Varela, M.C.; Aguiar, A. 1988. *A tree improvement plan for Pinus pinaster in Portugal*. EFN, Lisboa.
- Varela, M.C. 1989. *Comportamento reprodutivo de Pinus pinaster Ait. num pomar clonal de sementes*. Provas de acesso à categoria de Investigador Auxiliar, INIA, EFN, Lisboa, 107 p.