

Utilização Potencial do Lenho de *Acacia melanoxylon* - a Crescer em Povoamentos Puros ou Mistos com *Pinus pinaster* - pela Indústria Florestal Portuguesa

António Santos^{*1,4} Andreia Teixeira^{*1,5} Ofélia Anjos^{2,6}, Rogério Simões^{***4}, Lina Nunes^{****3}, José S. Machado^{****3} e Mário Tavares^{*****1}**

*Engenheiros Florestais

****Investigador Principal

¹Estação Florestal Nacional. Departamento de Silvicultura e Produtos Florestais, Quinta do Marquês, 2780-159 OEIRAS

**Professora Adjunta

²Escola Superior Agrária de Castelo Branco. 6001-909 CASTELO BRANCO

****Investigador Auxiliar

³Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Av. do Brasil 101, 1700-066 LISBOA

***Professor Associado

⁴ Universidade da Beira Interior, 6201-001 COVILHÃ

⁵Instituto Superior de Agronomia. Grupo de Inventariação e Modelação, Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA

⁶Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais, Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA

Sumário. A *Acacia melanoxylon* R. Br. (acácia-austrália ou austrália) cresce bem em Portugal, em povoamentos puros ou mistos com *Pinus pinaster* Aiton, ainda que apresente fortes constrangimentos ecológicos e legais.

Apesar de algumas dificuldades, por exemplo na secagem, a madeira de austrália é usada em mobiliário e produtos manufacturados devido, principalmente, à sua textura e cor escura. Pode também ser usada para pasta, sendo plantada em muitos países com esse propósito juntamente com *Acacia mangium* e *A. dealbata*. O seu potencial papeleiro tem sido estudado por vários autores (CLARK *et al.*, 1991; GUIGAN *et al.*, 1991; FURTADO, 1994; GIL *et al.*, 1999; PAAVILAINEN, 2000; SANTOS *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2006).

A indústria florestal em Portugal depende fortemente do pinheiro-bravo e do eucalipto, com a consequente competição negativa, entre as várias indústrias, para a mesma matéria-prima.

Em Portugal existem muitos povoamentos espontâneos com acácia, nomeadamente *A. dealbata* e *A. melanoxylon*. Enquanto a *A. dealbata* é considerada um problema ecológico, a *A. melanoxylon* não o é e está bem adaptada às condições portuguesas. Por este motivo poderá ser considerada uma espécie produtora de matéria-prima alternativa das serrações e da indústria papeleira, e poderá evitar largas áreas de monocultura e minimizar o risco de incêndio.

1º Autor E-mail: antonio.santos@efn.com.pt

O acréscimo anual em diâmetro da acácia (0,89 cm.ano⁻¹) excede o do pinheiro-bravo (0,58 a 0,85 cm.ano⁻¹) (TAVARES *et al.*, 2004) e aproxima-se do eucalipto (0,84 a 0,96 cm.ano⁻¹) (TOMÉ *et al.*, 2001).

As propriedades da madeira sólida de acácia (Massa volúmica média - 650 kg.m⁻³ ± 75, Tensão média de rotura à flexão ± *sd* - 146 N.mm⁻² ± 24, Módulo de elasticidade médio ± *sd* - 14200 N.mm⁻² ± 2160 e Tensão média de rotura à compressão axial ± *sd* - 61 N.mm⁻² ± 7) permitem considerá-la uma espécie alternativa ao pinheiro-bravo (630 kg.m⁻³ ± 75, 130 N.mm⁻² ± 33, 10500 N.mm⁻² ± 3590 e 47 N.mm⁻² ± 10) (MACHADO e CRUZ, 2005).

As madeiras de pinheiro-bravo e de acácia podem ser, em geral, classificadas como de fraca a média densidade, de média resistência e rigidez. A qualidade do pinho é muito variável, sendo o seu potencial reconhecido a partir de dados provenientes de povoamentos de elevada qualidade (MACHADO e CRUZ, 2005).

Relativamente ao potencial papeleiro, para uma dada resistência à drenagem (30 °SR), os papeis produzidos a partir de acácia apresentam densidades aparentes mais elevadas que as de eucalipto (0,80 to 0,66 g/cm³) (SANTOS *et al.*, 2004). Isto é devido à menor massa linear e mais elevada flexibilidade e colapsabilidade das suas fibras (SANTOS *et al.*, 2006).

Apesar do ligeiramente maior comprimento de fibra, esta produz papeis com boa relação entre a dispersão de luz e a lisura, ainda com boa resistência à tracção e a baixos níveis de consumo de energia na refinação. Este comportamento demonstra que as fibras de acácia apresentam um potencial de utilização interessante, pelo menos quando usadas juntamente com fibras de eucalipto na produção de papel para impressão e escrita.

Este artigo diz respeito à análise do potencial da acácia como fonte de matéria-prima para a indústria Portuguesa (como madeira sólida e pasta e papel), reunindo informação da gestão florestal, da qualidade da madeira e da fibra. Será usado conhecimento adquirido em projectos de investigação anteriores e resultados preliminares da investigação em curso sobre *A. melanoxylon* proveniente de povoamento mistos (com *P. pinaster*) e puros, no norte de Portugal.

Palavras-chave: *Acacia melanoxylon*; *Pinus pinaster*; *Eucalyptus globulus*; crescimento; madeira sólida; produção papeleira

Wood Potential Use of *Acacia melanoxylon* Growing in Pure or Mixed Stands with *Pinus pinaster* by the Portuguese Forest Industry

Abstract. *Acacia melanoxylon* R. Br. (Blackwood) grows well in Portugal, in pure or mixed stands with *Pinus pinaster* Aiton though it faces strong ecological and legal constraints.

In spite of some difficulties, for instance with drying, Blackwood timber is used for furniture and craft wood products due mainly to its texture and dark colour. It can also be used for pulp, being planted in many countries for that purpose along with *Acacia mangium* and *A. dealbata*. Its pulping and paper making potential have been studied by several authors (CLARK *et al.*, 1991; GUIGAN *et al.*, 1991; FURTADO, 1994; GIL *et al.*, 1999; PAAVILAINEN, 2000; SANTOS *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2006).

Forest industry in Portugal depends strongly on maritime pine and eucalypt, with the consequent negative competition between the various industries for the same raw material.

In Portugal there are many spontaneous stands with *Acacia* species, namely *A. dealbata* and *A. melanoxylon*. While *A. dealbata* species is considered a problem (at ecological level), *A. melanoxylon* is well adapted to Portuguese conditions. Therefore, it should be considered as an alternative raw material for sawmills and pulp industry and can prevent large monoculture areas therefore minimizing the risk of fire.

Diameter annual increment of acacia (0.89 cm.ano⁻¹) exceeds maritime pine (0.58 to 0.85 cm.ano⁻¹) (TAVARES *et al.*, 2004) and comes close to eucalypt (0.84 to 0.96 cm.ano⁻¹) (TOMÉ *et al.*, 2001).

Acacia solid wood properties (Average density ± *sd* - 650 kg.m⁻³ ± 75, Average bending

strength $\pm sd$ - 146 N.mm⁻² \pm 24, Average modulus of elasticity $\pm sd$ - 14200 N.mm⁻² \pm 2160 and Average axial compression strength $\pm sd$ - 61 N.mm⁻² \pm 7) allow this species to be considered as an alternative to maritime pine (630 kg.m⁻³ \pm 75, 130 N.mm⁻² \pm 33, 10500 N.mm⁻² \pm 3590 and 47 N.mm⁻² \pm 10) (Machado e Cruz, 2005).

Maritime pine and acacia woods can be, in general, classified as light to medium density showing medium strength and stiffness. Maritime wood pine quality shows a high variability being its potential claimed from data obtained from high quality forest stands (MACHADO e CRUZ, 2005).

Concerning papermaking potential, at a given drainage resistance (30 °SR), the papers produced with acacia present higher apparent densities than eucalypt (0.80 to 0.66 g/cm³) (SANTOS *et al.*, 2004). This is due to the lower coarseness and higher flexibility and collapsibility of its fibers (SANTOS *et al.*, 2006).

Despite the slightly higher fiber length, this fiber leads to papers with good relationship of light scattering and smoothness, together with good tensile strength and at low refining energy consumption. This behavior demonstrates that acacia fibers show an interesting potential use, at least in conjunction with eucalypt fibers for writing and printing paper.

This paper concerns analysis of acacia's potential as raw material source for Portuguese industry (as solid wood and pulp and paper), getting together information from forest management, wood and fiber quality. It will be using knowledge acquired from previous research projects and preliminary results from an ongoing research on *A. melanoxylon* from mixed (with *P. pinaster*) or pure stands in the north of Portugal.

Key words: *Acacia melanoxylon*; *Pinus pinaster*; *Eucalyptus globulus*; growth, solid wood, papermaking

Utilisation Potentielle du Bois d'*Acacia melanoxylon* en Peuplements Purs ou Mixtes avec *Pinus pinaster* par l'Industrie Forestière Portugaise

Résumé. L'*Acacia melanoxylon* R. Br. (acacia australie ou australie) grandit bien au Portugal, en peuplements purs ou mixtes avec *Pinus pinaster* Aiton, malgré de fortes contraintes écologiques et légales.

Outre quelques difficultés, par exemple au séchage, le bois d'Australie est utilisé en ameublement et produits manufacturés, principalement, grâce à sa texture et couleur foncée. Il peut aussi être utilisé en fabrication de pâte à papier et était planté dans plusieurs pays à cette fin joint à *Acacia mangium* et *A. dealbata*. Son potentiel papetier a été étudié par des auteurs divers (CLARK *et al.*, 1991; GUIGAN *et al.*, 1991; FURTADO, 1994; GIL *et al.*, 1999; PAAVILAINEN, 2000; SANTOS *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2006).

L'industrie forestière au Portugal dépend fortement du pin maritime et de l'eucalyptus, avec pour conséquence une compétition négative, entre les diverses industries, pour la même matière première.

Au Portugal beaucoup de peuplements spontanés d'acacia existent, nommément *A. dealbata* et *A. melanoxylon*. Tandis que l'*A. dealbata* est considérée comme étant un problème écologique, l'*A. melanoxylon* ne l'est pas et est bien adaptée aux conditions portugaises. Pour ce motif elle pourrait être considérée comme une essence productrice de matière première alternative pour les scieries et l'industrie papetière, et pourrait éviter les larges surfaces de monoculture et minimiser le risque d'incendie.

L'accroissement annuel en diamètre de l'acacia (0,89 cm.ano⁻¹) excède celui du pin maritime (0,58 à 0,85 cm.ano⁻¹) (TAVARES *et al.*, 2004) et s'approche de celui de l'eucalyptus (0,84 à 0,96 cm.ano⁻¹) (TOMÉ *et al.*, 2001).

Les propriétés du bois solide d'acacia (Densité moyenne - 650 kg.m⁻³ \pm 75, Résistance moyenne à la flexion $\pm sd$ - 146 N.mm⁻² \pm 24, Module d'élasticité moyen $\pm sd$ - 14200 N.mm⁻² \pm 2160 et Résistance moyenne à la compression axiale $\pm sd$ - 61 N.mm⁻² \pm 7) permettent de la

considerer comme une essence alternative au pin maritime ($630 \text{ kg.m}^{-3} \pm 75$, $130 \text{ N.mm}^{-2} \pm 33$, $10500 \text{ N.mm}^{-2} \pm 3590$ e $47 \text{ N.mm}^{-2} \pm 10$) (MACHADO e CRUZ, 2005).

Les bois de pin maritime et d'acacia peuvent être, en général, classés de faible à moyenne densité, de moyenne résistance et rigidité. La qualité du pin est très variable, son potentiel étant reconnu à partir de données provenant de peuplements de qualité élevée (MACHADO e CRUZ, 2005).

Par rapport au potentiel papetier, pour une certaine résistance au drainage (30°SR), les papiers produits à partir d'acacia présentent des densités apparentes plus élevées que celles d'eucalyptus ($0,80$ to $0,66 \text{ g/cm}^3$) (SANTOS *et al.*, 2004). Ceci est dû à la masse linéaire inférieure et à une flexibilité et colapsabilité plus élevées des fibres (SANTOS *et al.*, 2006).

Malgré la longueur légèrement plus grande des fibres, elle produit des papiers de bon rapport entre la dispersion de lumière et le lissage, de plus elle présente une bonne résistance à la traction et a de bas niveaux de consommation d'énergie pendant le raffinage. Ce comportement démontre que les fibres d'acacia présentent un potentiel d'utilisation intéressant, au moins quand elles sont utilisées avec les fibres d'eucalyptus, pour la production de papier d'impression et d'écriture.

Cet article traite de l'analyse du potentiel de l'acacia comme source de matière première pour l'industrie Portugaise (comme bois solide et de pâte à papier), en réunissant de l'information de la gestion forestière, de la qualité du bois et de la fibre. A cette fin ont été utilisés la connaissance acquise lors de projets de recherche antérieurs ainsi que des résultats préliminaires de la recherche en cours sur *A. melanoxylon* provenant de peuplements mixtes (avec *P. pinaster*) et purs, au nord de Portugal.

Mots clés: *Acacia melanoxylon*; *Pinus pinaster*; *Eucalyptus globulus*; accroissement; bois solide; production papetière

Introdução

A *Pinus pinaster* Aiton (pinheiro-bravo) e a *Eucalyptus globulus* Labill. (eucalipto-azul) são as espécies florestais produtoras de lenho que, concorrendo para espaços ecológicos semelhantes, mais estão expandidas no continente Português. A primeira é uma espécie autóctone de muita rusticidade, a segunda é exótica e especialmente exigente quando se pretende que produza rapidamente. No entanto, ambas crescem a taxas particularmente boas quando a estação lhes é favorável. Porém, por via das características dos seus povoamentos e das da sua madeira, ardem com muita facilidade. Por isso exigem uma gestão preventiva de incêndios especialmente apertada e eficaz.

Apesar da sua rolaria se usar para

fabrico de pasta crua e para outros fins de reduzido valor acrescentado, os rolos de pinho de maiores dimensões resultantes de corte final constituem a matéria-prima lenhosa de origem nacional mais correntemente serrada no País.

O eucalipto, uma madeira de elevada qualidade papeleira a nível mundial, é cara e, talvez já, escassa.

Sendo uma espécie introduzida em Portugal no início do século passado, o uso florestal da acácia australiana e a produção da sua madeira enfrenta hoje, em Portugal, limitações de natureza ecológica e legal importantes. Também não é considerada uma madeira tecnologicamente fácil quanto à sua secagem, por exemplo.

A espécie concorre para as mesmas estações ecológicas e consegue concorrer também em crescimento e aproximar-se

em características físicas, na serragem e papeleiras, ao pinho e ao eucalipto, respectivamente. Além disso, não arde tão bem quanto aquelas. Poderá, por tudo isto, constituir uma alternativa válida na fileira do material lenhoso produzido em Portugal.

Pretendemos, portanto, abordar esta questão usando algum do conhecimento bibliográfico disponível sobre o crescimento e características físicas do pinheiro e do eucalipto entre nós, e resultados de recentes investigações sobre o pinho e a madeira de acácia a vegetar em Portugal.

Material e métodos

A avaliação de crescimento do pinhal bravo que neste texto se usa, assenta em dados provenientes da faixa de pinhal centro/norte e apresenta seis origens distintas: a Mata Nacional de Valado de Frades (Talhão 45), Nazaré, situada na faixa arenosa litoral, a Herdade de Couto S. Simão junto a Vila Velha de Ródão e o Perímetro Florestal de Castanheira de Pêra na Serra da Lousã, todas na faixa não litoral onde ainda se faz sentir a influência do Oceano Atlântico, e a Herdade de Azenha Queimada na Serra de S. Mamede, Portalegre e Perímetro Florestal do Tortosendo na Serra da Estrela, Covilhã, na região onde o efeito da continentalidade já é acentuado (TAVARES *et al.*, 2004).

Ainda se considera nesta avaliação a informação sobre a mancha de pinhal do centro do País, o Concelho de Mação, obtida a partir de resultados do Projecto de investigação (AGRO 283 - *Regeneração e silvicultura do pinhal após fogo*). A amostragem, os procedimentos, o tipo de dados utilizados e as variáveis estimadas para as 5 freguesias do Concelho,

seguiram muito de perto as regras que, mais adiante, se descrevem para a acácia australiana.

A estimação do crescimento potencial da *E. globulus* no País foi efectuada pelo Modelo GLOBULUS 2.1 (TOMÉ *et al.*, 2001), considerando os valores para a classe de qualidade média, a 1ª rotação, uma densidade média à plantação de 1250 plantas/hectare (4x2m) e a idade do 1º corte aos 12 anos. As projecções obtidas para as 8 regiões consideradas pelo modelo foram agrupadas pelas suas afinidades geográficas em Norte e Centro, e Sul; em ambas se considerou o litoral e o interior.

Para avaliar o crescimento da *A. melanoxylon* seguiu-se o seguinte critério de amostragem (TAVARES, 2004):

1. Nas regiões norte e centro visitaram-se 22 locais pré-seleccionados no sentido de pesquisar povoamentos de australiana, puros ou mistos dominantes com pinheiro bravo, onde fosse conveniente instalar um estudo de crescimento em diâmetro;

2. Foram depois realizadas avaliações dendrométricas prévias com vista a detectar o leque diametral disponível em cada local, e tomar opções sobre as classes de diâmetro a usar;

3. De posse desta informação e das características edáficas, silviculturais e dendrométricas das manchas florestais visitadas, foi realizada a escolha de locais - dois numa faixa de maior influência Atlântica, em substrato arenoso de dunas (a Mata Nacional do Camarido - MNC, Foz do Rio Minho, Caminha e o Perímetro Florestal de Ovar - PFDO, Maceda), e outros tantos, mais interiores, em solo de granito (os Perímetros Florestais de Rebordões/Sta. Maria - PFRSM, Fojo Lobal, Ponte de Lima, e de

Serra do Crasto, PFC -Viseu);

4. Em cada local pré-seleccionaram-se, pela sua melhor conformação e de modo a obter uma boa representatividade dos diâmetros cruzados na classe, um lote de 10 árvores em cada uma das 5 classes de diâmetro consideradas (10, 20, 30, 40, e 50 cm), num total de 200 árvores;

5. Por fim, deste lote foram seleccionadas 5 árvores por classe de diâmetro, que integraram a amostra de 25 árvores por local sobre as quais se realizou o estudo de crescimento em diâmetro.

O ensaio realizado consistiu em registar, com recurso a dendrómetros de precisão montados nos raios N e S à altura do peito, os acréscimos periódicos de período curto (entre 1 semana e 2 meses consoante a fase de actividade cambial) em raio e diâmetro, ao longo de cerca de 2,6 períodos anuais de crescimento - de Jan-03 a Jul-05.

As variáveis consideradas foram a densidade do povoamento ($N.ha^{-1}$), o diâmetro médio (dg), respectivos acréscimos corrente ($aca\ dg$) para o período em estudo, e médio anual ($ama\ dg$), e a área basal ($G.ha^{-1}$).

Das 200 árvores iniciais foram ainda seleccionadas 5 da classe de diâmetro de 40 cm em cada um dos 4 locais de estudo, tendo em vista o seu abate e posterior recolha de rolos a alturas predefinidas. Estes rolos possibilitaram a determinação de características e propriedades relativas ao seu uso como madeira sólida serrada e como matéria-prima papeleira. Os níveis de referência considerados foram a *base*, o *dap*, o nível da *desponta* da rolaria e os níveis de 5, 15, 35 e 65% da altura total da árvore (SARDINHA, 1974).

A recolha de provetes para ensaios

mecânicos incidiu sobre aquelas 20 árvores (cinco de cada proveniência) e três níveis de altura no tronco (15, 35 e 65%). De cada nível foram retirados provetes de três posições na secção transversal do toro, definidas pela distância relativa à medula em função das percentagens 10, 50 e 90% do comprimento do raio. No Quadro 1 são apresentadas as características gerais respeitantes aos provetes ensaiados.

Os provetes foram condicionados num ambiente controlado de temperatura ($20^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$) e de humidade relativa ($65\% \pm 5\%$) do ar, até revelarem uma variação de massa inferior a 0,1% em 24 horas. Deste modo, as propriedades físicas e mecânicas são reportadas a valores de 12% de teor em humidade.

Sobre as amostras de lenho colhidas na árvore aos níveis anteriormente referidos, num total de 120, foi efectuada previamente uma avaliação do processo de transformação em pasta, com vista à sua optimização para produzir pastas com o valor 15 de índice Kappa. As aparas utilizadas, com espessura inferior a 8 mm, foram classificadas num sistema de crivos CA300 NORAM da Marca *Lorentzen & Wettre*. As tomas de 25g de matéria seca deste material foram cozidas em banho termostaticado.

Usaram-se as seguintes condições de cozimento: carga de alcali activo (expresso como NaOH) - 25%; sulfidez - 30%; relação líquida/madeira - 4/1; tempo até à temperatura máxima - 90min.; tempo à temperatura máxima ($160^{\circ}C$) - 90min.

A massa volúmica básica das aparas foi determinada pelo método Tappi 258 om-94, usando tomas de 150g.

Na sequência daqueles cozimentos efectuaram-se determinações biométricas das pastas cruas obtidas, com recurso a

suspensões e análise de imagem (equipamento Morfi®).

De posse desta informação (Quadro 2), seleccionou-se uma sub amostra de 6 elementos cobrindo o leque de distribuição biométrica encontrado.

A avaliação do potencial papeleiro da *A. melanoxylon* que se seguiu, foi realizada sobre aquela sub amostra, tomando como referência a pasta de *E. globulus* - 2 amostras industriais provenientes de árvores com 8-10 anos de idade.

Seguiu-se o cozimento de 1 kg de matéria seca de aparas daquelas oito amostras, usando um digestor de circulação forçada e o processo kraft convencional com as condições que se apresentam no Quadro 3.

O rendimento em pasta e respectivo índice kappa, e as viscosidades das pastas cruas e branqueadas, foram determinados de acordo com os métodos padrão.

O alcali residual foi determinado no licor negro com titulação ácida (HCl a 0,5M) até pH 10,5 após diluição e adição de BaCl₂ para a determinação do respectivo consumo em alcali efectivo.

As pastas cruas assim obtidas, depois de desintegradas e lavadas, foram submetidas a um branqueamento ECF com ClO₂ de acordo com a sequência de estágios - D₀, E₀, D₁, E₁ e D₂.

Estas pastas foram refinadas em refinador laboratorial PFI Mill a diferentes níveis (500, 2500 e 4500 revoluções), com carga específica de bordo de 1,7 N.mm⁻¹ para a acácia e 2 N.mm⁻¹ para o eucalipto.

Em suspensões destas pastas foi realizada a biometria usando os métodos já descritos.

A produção de folhas de ensaio foi realizada de acordo com os métodos Scan e efectuada a sua caracterização em termos estruturais, ópticos e de resistência mecânica.

Quadro 1 - Ensaio mecânicos realizados

Ensaio Mecânico	Norma	Dimensão dos Provetes (largura x espessura x comprimento) (mm)	Número de Provetes
Flexão estática (3 pontos) (f_m)	ISO3133	20x20x340	223
Módulo de elasticidade à flexão (E_0)	ISO3133	20x20x340	198
Compressão axial ($f_c,0$)	ISO3787	20x20x60	254
Tracção perpendicular às fibras	ISO3346	20x20x60	246

Quadro 2 - Características biométricas das fibras de acácia-austrália (n=120)

	Comprimento Ponderado em Comprimento das Fibras (mm)	Largura das Fibras (μ m)
Média \pm desvio padrão	0,74 \pm 0,06	18,8 \pm 1,5
Mínimo	0,61	16,2
Máximo	0,94	22,9

Quadro 3 - Condições de cozimento aplicadas

Amostras	<i>Acacia melanoxylon</i>						<i>Eucalyptus globulus</i>	
	1	2	3	4	5	6	1	2
Alcali efectivo (%)	19,6	19,6	20,4	20,4	20,4	21,3	16,2	18,1
Sulfidez (%)	30	30	30	30	30	30	25	25
Relação líquido/madeira	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1
Tempo até à temperatura máxima (min.)	90	90	90	90	90	90	90	90
Tempo à temperatura máxima (min.)	80	80	80	80	90	80	70	90
Temperatura máxima (°C)	160	160	160	160	160	160	158	160

Resultados e discussão

A escolha da(s) variável(eis) que melhor efectua(m) a avaliação do crescimento lenhoso das espécies florestais, deve ser realizada de acordo com o objectivo do estudo que se pretende levar a cabo. Uma vez que neste caso a proposta é estimar e comparar o acréscimo lenhoso de várias espécies a usufruir de diversas estações ecológicas, cada uma crescendo em ambiente florestal de densidade diversa e sujeita a silvicultura diferente, entendemos poder usar o diâmetro médio (dg) e o seu acréscimo. Achamos também que deveriam confrontar-se e discutir-se os acréscimos calculados com os experimentos que temos disponíveis para cada espécie - pós 1º desbaste ou para idades entre os 25 e os 35 anos para o pinheiro-bravo, a idade do 1º corte (12 anos) para o eucalipto e entre os 14 e os 60 anos para a acácia.

As três espécies que se confrontam concorrem, *grosso modo*, para os mesmos tipos de estação ecológica no País. Não são exigentes quanto a solo e toleram bem a continentalidade, mesmo que a influência Atlântica seja praticamente nula. O pinheiro-bravo, sendo uma espécie autóctone, é a mais expandida (cerca de 30% do território continental),

logo seguida pelo eucalipto (cerca de 20%) (DGF, 2001) e da acácia australiana. Esta tem expressão residual e ocorre em povoamentos puros e mistos com o pinheiro ou outras espécies.

O pinheiro e o eucalipto, por via da sua resina e dos seus óleos essenciais respectivamente, são muito facilmente pasto das chamas dos muito frequentes fogos florestais que ocorrem no nosso País. Apesar desta acácia arder menos facilmente e de crescer muito bem, sobre ela recai, como sobre a *Acacia dealbata* e a *A. longifolia* por exemplo, o estigma de espécie invasora dos terrenos florestais. Ora, no caso daquela espécie e contrariamente a estas, por TAVARES *et al.* (1999) foi dito que, em areias, não foram registadas plantas com origem em pólas radiculares, sinal palpável da sua fraca tendência invasiva. Por isto entendemos que virão a ser ultrapassadas as limitações ecológicas e legais que sobre ela impendem.

Não se pretende que venha a substituir qualquer outra no lote das espécies florestais nacionais; apenas nos parece que, para ela, se requer uma atitude inteligente quanto ao seu uso em local próprio, ao aproveitamento do seu potencial produtivo e à valorização correcta do seu lenho. Porque ela existe

nos nossos solos, Portugal, como nenhum outro País, pode dar-se ao luxo de desperdiçar o potencial dos seus recursos florestais.

Assim sendo, vamos apreciar o crescimento destas três espécies.

Crescimento lenhoso

Quanto aos povoamentos puros regulares de pinheiro-bravo, pode afirmar-se que, pós 1º desbaste, o pinhal das areias litorais dado aqui como situação média (Quadro 4) e o de granito do interior, revelam acréscimos médios anuais em diâmetro médio (ama dg) bastante modestos. Os acréscimos correntes também pouco ultrapassam o meio centímetro anual.

Também na região interior, mas beneficiando de clima mais chuvoso, a situação de solo de xisto apresenta já valores 25% superiores aos do litoral e 6% superiores aos do granito interior (Quadro 4). O acréscimo corrente anual (aca dg) é aqui mais que duplo do da Nazaré e 60% superior ao da Covilhã.

A região centro, tanto em arenito quanto em xisto, apresenta os valores

mais elevados de ama dg e de dg para idades próximas das dos restantes locais (Quadro 4). Os aca dg nos períodos estudados são dos mais elevados.

Quanto ao pinhal puro mas de gestão irregular da região centro, podemos verificar que (Quadro 5), nos quase dois anos do estudo do crescimento em diâmetro que foi efectuado, os acréscimos aumentam, como seria de esperar, das classes de diâmetro inferiores (24 anos) para as superiores (34 anos). Os valores de ama dg e aca dg situam-se abaixo dos valores, para as idades equivalentes, registados para as areias litorais (Quadro 4). Trata-se, pois, do exemplo de uma região em que a deficiente condução do pinhal e as reduzidas produtividades das estações não possibilitam muito mais.

Eventualmente não muito afastados da situação média do País, os valores médios calculados a partir dos Quadros 4 e 5 dispõem-se, por ordem crescente, da região de solos mais pobres do litoral ($0,58 \text{ cm.ano}^{-1}$) para a do interior mais ou menos fértil e de maior ou menor influência atlântica ($0,71 \text{ cm.ano}^{-1}$), e para a do centro, de melhores solos e mais chuvosa ($0,85 \text{ cm.ano}^{-1}$).

Quadro 4 - Valores médios do crescimento em diâmetro (p. bravo - povoamento principal) do litoral ao interior de Portugal

Local	Solo Região	t (anos)	dg (cm)	ama dg (cm.ano ⁻¹)	aca dg (cm.ano ⁻¹)
M. Nacional Valado Frades, Nazaré	Areia litoral	22	12,8	0,58	0,50
Vila Velha de Ródão	Arenito centro	29	22,9	0,79	0,85
Serra Lousã, Castanheira de Pêra	Xisto centro	25	21,8	0,87	0,90
Serra S. Mamede, Portalegre	Xisto interior	24	17,5	0,73	1,05
Serra da Estrela, Covilhã	Granito interior	30	20,7	0,69	0,65

t - idade; dg - diâmetro médio; ama - acréscimo médio anual; aca - acréscimo corrente anual. In Tavares *et al.*, 2004.

Quadro 5 – Valores médios do crescimento em diâmetro (pinheiro bravo - povoamento principal) no Concelho de Mação, centro de Portugal

Cl.d	t(anos) Início Estudo	Duração do Estudo (anos)	t(anos) Final Estudo	dg(cm) Inicial	dg(cm) Final	ama dg (cm.ano ⁻¹)	aca dg (cm.ano ⁻¹)
5	22,4	1,9	24,3	5,6	6,3	0,26	0,34
10	24,4	1,9	26,3	10,2	10,5	0,40	0,17
15	30,6	1,9	32,5	15,0	16,0	0,49	0,49
20	30,6	1,9	32,5	19,8	20,8	0,64	0,49
25	32,6	1,9	34,5	25,5	26,6	0,77	0,61
30	32,6	1,9	34,5	29,5	30,6	0,89	0,56

Cl.d - classe de diâmetro à altura do peito (d); t - idade; dg - diâmetro médio; ama - acréscimo médio anual; aca - acréscimo corrente anual. In Tavares *et al.*, 2005.

Quanto ao crescimento do eucalipto, estimação aqui efectuada pelo modelo GLOBULUS 2.1 (TOMÉ *et al.*, 2001) (Quadro 6) mostra, para a classe de qualidade média, valores de ama dg muito próximos de 1 cm/ano, o que origina ama em G (área basal por hectare) de 1 a 2 m².ha⁻¹.ano⁻¹ e em V (volume total) de 6 a 19 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. São valores médios elevados a muito elevados para a espécie.

Com excepção da região sul interior (em que é idêntica) as produtividades médias do eucalipto para as regiões consideradas são sempre claramente superiores às do pinhal bravo (Quadros 4, 5 e 6).

O estudo do crescimento da acácia australiana efectuado em Portugal revelou que esta espécie apresenta ama dg superiores aos do pinheiro-bravo e muito próximos dos do eucalipto para idades equivalentes (Quadro 7). Com efeito o trabalho efectuado durante 2,6 anos (2003/2005) mostra, mesmo para as regiões do norte interior, valores de dg dos 11 aos 22 cm, ama dg de 0,8 a 0,9

cm.ano⁻¹ e aca dg de 0,4 a 0,5 cm.ano⁻¹ para o período. Valores sempre superiores aos do pinheiro-bravo. Nas regiões litorais os valores daquelas variáveis oscilam dentro da mesma gama.

Segue-se uma avaliação das principais características e propriedades papeleras do lenho da acácia australiana.

Propriedades mecânicas da madeira da Acacia melanoxylon

O Quadro 8 apresenta os valores médios obtidos para a resistência e a elasticidade da madeira de acácia-austrália, em comparação com resultados anteriores para a mesma espécie e para a madeira de pinheiro-bravo.

As características mecânicas da madeira de pinheiro-bravo têm vindo a ser estudadas desde meados do século passado devido à importância desta espécie no panorama florestal português e, decorrente desse facto, por ser a principal fonte nacional de fornecimento de madeira para a indústria de serração e construção.

Quadro 6 - Valores estimados para a *E. globulus* em Portugal pelo Modelo GLOBULUS 2.1 (TOMÉ *et al.*, 2001)

Região (N.ha ⁻¹ =1250, 4x2m)	Classe Qualid. Média III (m)	N.ha ⁻¹ aos 12 Anos	dg (cm)	ama dg (cm.ano ⁻¹)	G (m ² .ha ⁻¹)	ama G (m ² .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	ama V (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
N litoral 1	22	1127	12,7	1,06	23,16	1,93	19,18
N/C litoral 2	20	1110	12,3	1,02	21,24	1,77	16,13
C litoral 3	19	1101	11,3	0,95	18,04	1,50	12,83
S litoral 4	18	1093	11,2	0,93	17,35	1,45	11,87
Vale Tejo 5	17	1045	10,5	0,87	14,59	1,22	9,44
N/C interior 6	16	1076	10,8	0,90	15,89	1,32	9,64
S interior 7	15	850	10,1	0,84	10,97	0,91	6,20
Vale Douro 8	14	1021	9,9	0,82	12,66	1,06	6,76

N/ha - densidade do povoamento; ama - acréscimo médio anual em dg (diâmetro médio), em G (área basal por hectare) e em V (volume total)

Quadro 7 - Valores médios do crescimento em diâmetro de acacial em areias e granitos em Portugal

Local	Classe d	t Estimado Início Estudo (anos)	Duração do Estudo (anos)	t Estimado Final Estudo (anos)	dg(cm) Inicial	dg(cm) Final	ama dg cm.ano ⁻¹	aca dg cm.ano ⁻¹
Areias (MNC & PFDO) Norte litoral	10	11,3	2,6	13,9	11,4	12,0	0,86	0,23
	20	22,5	2,6	25,1	21,9	23,0	0,92	0,44
	30	33,8	2,6	36,4	28,8	30,1	0,83	0,53
	40	45,0	2,6	47,6	40,3	42,2	0,89	0,73
	50	56,3	2,6	58,9	49,2	50,8	0,86	0,62
Granito (PFRSM & PFC) Norte interior	10	11,4	2,6	14,0	9,8	11,1	0,79	0,49
	20	22,8	2,6	25,4	20,7	21,9	0,86	0,44
	30	34,1	2,6	36,7	29,5	30,9	0,84	0,52
	40	45,5	2,6	48,1	41,7	42,9	0,89	0,46
	50	56,9	2,6	59,5	50,7	52,0	0,87	0,50
Valores médios para Região Norte	10	11,3	2,6	13,9	10,6	11,5	0,83	0,36
	20	22,6	2,6	25,2	21,3	22,4	0,89	0,44
	30	33,9	2,6	36,5	29,1	30,5	0,83	0,52
	40	45,3	2,6	47,9	41,0	42,5	0,89	0,60
	50	56,6	2,6	59,2	49,9	51,4	0,87	0,56

d - diâmetro à altura do peito; t - idade; dg - diâmetro médio; ama - acréscimo médio anual; aca - acréscimo corrente anual

Quadro 8 - Propriedades físico-mecânicas médias da madeira limpa de defeitos de pinheiro-bravo e de acácia-austrália

Espécie/ Proveniência	Massa Volúmica Média (kg.m ⁻³)	Tensão Média de Rotura à Flexão (N.mm ⁻²)	Módulo de Elasticidade Médio (N.mm ⁻²)	Tensão Média de Rotura à Compressão Axial (N.mm ⁻²)
Pinheiro-bravo/ Várias regiões ^{a)}	530	-	-	46
Pinheiro-bravo/ Mata Nacional de Leiria ^{a)}	600	96	13500	52
Pinheiro-bravo/ Mata Nacional de Leiria ^{b)}	630	130	10500	47
Acácia/ Várias regiões ^{c)}	650	146	14200	61
Acácia/ Várias regiões ^{d)}	614	142	9800	-

^{a)} MATEUS (1961)

^{b)} MACHADO e CRUZ (2005)

^{c)} Dados preliminares de projecto Upgrading of Portuguese wattle wood. Potential uses

^{d)} TAVARES *et al.* (1999)

As propriedades mecânicas da madeira de acácia-austrália mencionadas no Quadro 8 permitem admitir um comportamento mecânico semelhante ao da madeira de pinheiro-bravo da região de Leiria. A madeira deste pinheiro proveniente da Mata Nacional de Leiria é apontada como a expressão máxima do potencial do pinheiro-bravo fornecedor de material lenhoso. Esta madeira e a de acácia podem, em geral, ser classificadas como madeiras leves a medianamente pesadas e medianamente resistentes do ponto de vista mecânico.

As propriedades mecânicas agora determinadas para esta acácia apontam para valores indicativos superiores aos obtidos num estudo preliminar sobre as potencialidades de diversas madeiras de espécies florestais do Género *Acacia* produzidas em Portugal (TAVARES *et al.*,

1999). A diferença é significativa nomeadamente em relação ao módulo de elasticidade à flexão (Quadro 8). Este facto poderá dever-se a diferenças de tipo de povoamento e classe de qualidade (diâmetro) das árvores amostradas dos dois estudos.

Analisando as diferenças entre proveniências (Figura 1) verifica-se que a do Perímetro Florestal das Dunas de Ovar apresenta valores de resistência e elasticidade inferiores aos das outras três estações, em particular no que respeita ao módulo de elasticidade e à tensão de rotura à compressão. Estas diferenças são também indicadas pelas curvas ajustadas das probabilidades de ocorrência dos valores de massa volúmica a 12% de humidade na amostra (Figura 2). Estes valores rondam os 600 kg.m⁻³, para Ovar e os 650 kg.m⁻³ para os restantes locais.

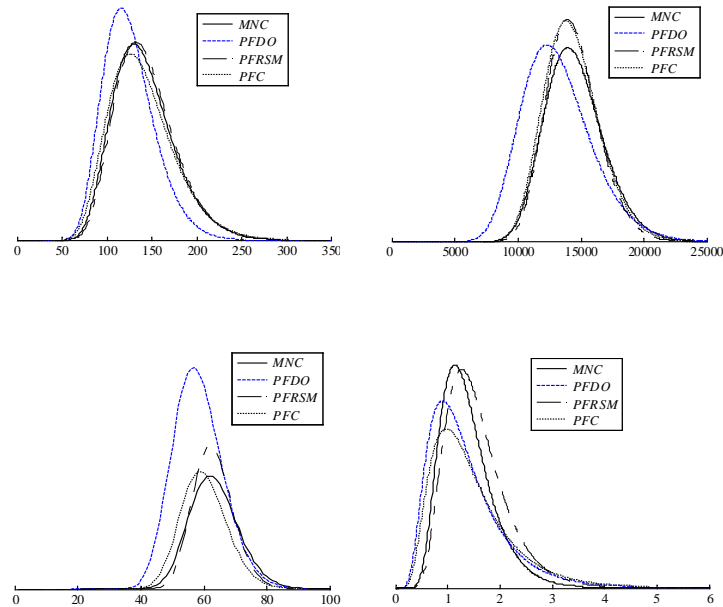


Figura 1 - Função de distribuição (lognormal) ajustada aos valores de resistência e elasticidade obtidos para as diversas proveniências

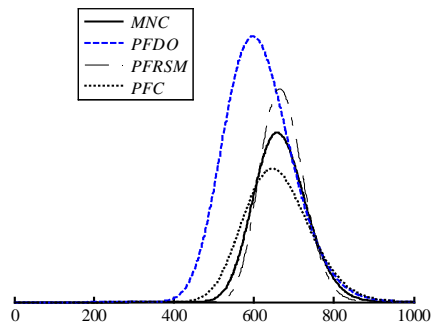


Figura 2 - Função densidade de probabilidade (lognormal) ajustada aos valores de massa volúmica para as diversas proveniências

A Figura 3 apresenta a variação horizontal (medula-casca) e vertical (de 5% a 65% da altura total da árvore) da tensão de rotura e do módulo de elasticidade à flexão. Os resultados

expressos em ambos os gráficos englobam as proveniências de Caminha, Viseu e Ponte de Lima.

Ainda na Figura 3 mostra-se a tendência geral de aumento das propriedades mecânicas do lenho em função do afastamento à medula (valores expressos pela mediana da distribuição). No entanto, o perfil associado à distância à medula, correspondente a 90% do raio, apresenta um comportamento contrário ao inicialmente esperado. Assim, seria de esperar um aumento de resistência e rigidez da posição 10% à posição 50% (resultado da transição lenho juvenil para lenho adulto) e um patamar entre a posição 50% e 90%, o que se não verifica.

Quanto à variação com a altura (Figura 3) verifica-se, no caso extremo (altura 5%), um acréscimo de resistência e de rigidez de cerca de 25% entre as posições 10% e 50% de distância à

medula. Às restantes alturas não se observam alterações significativas do perfil horizontal das propriedades mecânicas determinadas. Observa-se um decréscimo significativo, em termos de mediana, dos valores de resistência da distância à medula de 50% para 90%, que acompanha a variação observada de massa volúmica (Figura 4).

Uma possível explicação para o perfil de resistência e massa volúmica poderá assentar na distribuição cerne/borne no tronco. A análise mais detalhada destes resultados será futuramente efectuada, após a realização de ensaios sobre provetes de médias dimensões (20x40x760mm).

Avaliação papeleira da acácia

Massa volúmica básica e características das pastas

No Quadro 9 encontram-se os valores médios, mínimos e máximos para a massa volúmica básica das aparas, e para algumas características básicas das pastas (n=120). Trata-se de resultados obtidos a partir de uma amostra bem dimensionada, que possibilitam o conhecimento razoavelmente consistente destes parâmetros, para esta espécie a nível nacional. Note-se que a variabilidade do material é reduzida, o que será boa indicação para o processo industrial.

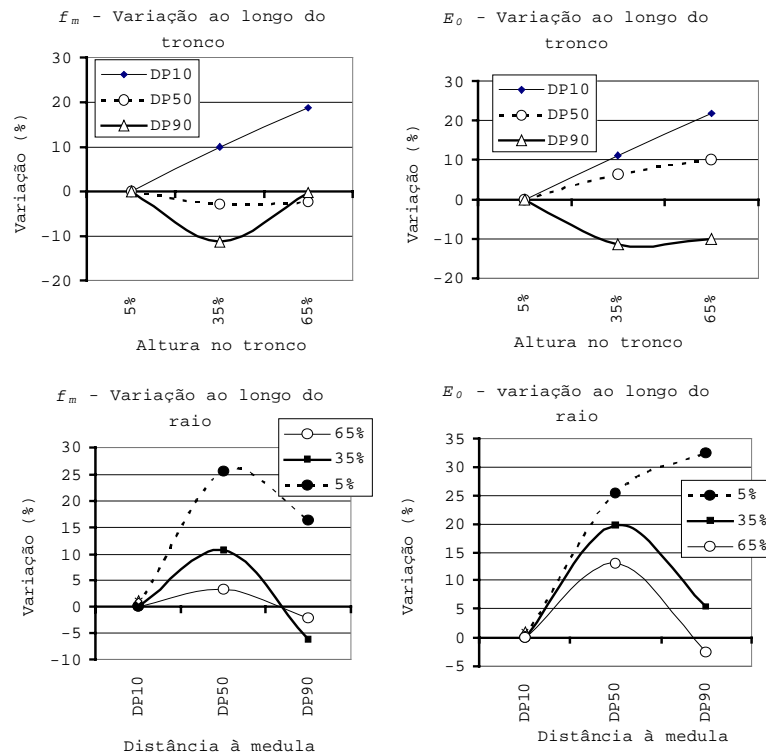


Figura 3 - Variação (em termos de mediana) vertical (relativa à altura de 5% no tronco) e horizontal (relativa à distância à medula de 10% do raio) da tensão de rotura e módulo de elasticidade à flexão na árvore

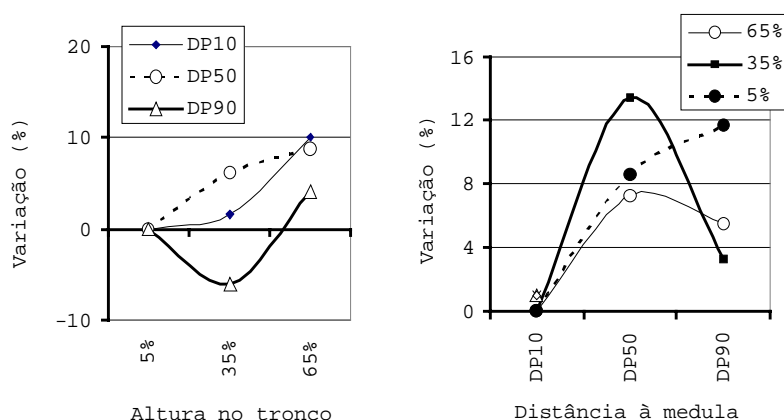


Figura 4 - Variação (em termos de mediana) vertical (relativa à altura de 5% no tronco) e horizontal (relativa à distância à medula de 10% do raio) da massa volúmica na árvore

Quadro 9 - Massa volúmica básica das aparas e características básicas das pastas de acácia australiana (n=120)

	Massa Volúmica Básica das Aparas (kg/m ³)	Rendimento em Pasta (%)	Brancura ISO das Pastas (%)	Índice Kappa
Média ± desvio padrão	529 ± 40	50,6 ± 2,0	28,4 ± 6,3	13,7 ± 1,4
Mínimo	432	46,5	14,9	11,0
Máximo	658	58,2	47,9	16,7

Para as aparas de acácia (n=6) e de eucalipto (n=2) foram encontradas as massas volúmicas básicas de 511±56 kg/m³ ($\bar{x} \pm \sigma$) e 532±6 kg/m³ respectivamente.

Cozimento

No Quadro 10 apresenta-se os resultados médios dos parâmetros de cozimento para cada uma das espécies.

As acácias usadas no estudo apresentam um rendimento médio semelhante ao das amostras de eucalipto usadas como referência. FURTADO (1994) e GIL *et al.* (1999) encontraram resultados semelhantes de rendimento (Quadro 10).

Neste estudo o rendimento médio em

pasta da *E. globulus* foi reduzido, pois vários autores referem rendimentos na gama 52-59% (VALENTE *et al.*, 1992; MIRANDA *et al.*, 2003; FRENCH *et al.*, 2000; WIMMER *et al.*, 2002), pelo que o resultado agora obtido se apresenta inferior ao desempenho médio da matéria-prima nacional.

A proporção de incozidos (Quadro 10) é idêntica em ambas as espécies, mas o consumo em álcali é ligeiramente superior na acácia, provavelmente devido ao seu maior teor de extractivos.

Apesar de semelhantes, o índice kappa do eucalipto revela maior variabilidade, o que deverá radicar na maior variedade da composição química da sua madeira (Quadro 10).

A viscosidade das pastas brancas para as duas espécies é similar e da ordem dos 800 cm³/g; por isso não foram detectadas diferenças no processo de branqueamento.

A selectividade dos cozimentos da acácia avaliada pelas razões rendimento/índice kappa (3,5) e viscosidade/índice kappa (58,4), é elevada. A do eucalipto, cujos valores são 3,6 e 69,6, apenas é superior quando medida pela segunda relação. Esta situação resultará do facto das condições de cozimento terem sido mais suaves (para kappa 15) no caso do eucalipto, o que está na origem de menor perda de viscosidade intrínseca decorrente da menor afectação do grau de polimerização dos polissacarídeos. Acrescerá a esta explicação o facto da madeira de acácia possuir um teor de extractivos eventualmente superior ao do

eucalipto e uma razão Siringilo/Guaiacilo inferior.

Propriedades das fibras

No Quadro 11 encontram-se as características biométricas médias das fibras para as duas espécies e para cada um dos níveis de refinação (0, 500, 2500 e 4500 revoluções em refinador PFI).

A acácia apresenta fibras com maior largura média (18,7 µm) face ao eucalipto (16,6 µm) (Quadro 11). O valor médio do comprimento das fibras de acácia ponderado em comprimento é da ordem dos 0,85 mm, e está dentro da gama dos valores publicados para esta espécie (FURTADO, 1994; GIL *et al.*, 1999; SANTOS *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2006). As fibras de eucalipto apresentam menor comprimento (0,73 mm) que as de acácia.

Quadro 10 – Valores médios dos parâmetros dos cozimentos por espécie

Parâmetro	<i>A. melanoxylon</i> (n=6)	<i>E. globulus</i> (n=2)
Rendimento em pasta (%)	52,3 ± 3,6	52,5 ± 3,3
Incozidos (%)	1,1 ± 0,6	1,3 ± 0,6
Consumo de alcali efectivo NaOH(%)	17,0 ± 1,1	14,8 ± 1,8
Índice kappa	15,1 ± 1,3	14,4 ± 3,7
Viscosidade intrínseca da pasta crua (cm ³ /g)	882 ± 127	1002 ± 144
Brancura ISO	81,6 ± 1,7	83,6 ± 3,1

Quadro 11 – Características biométricas médias das fibras

	Revs (PFI)	Largura das Fibras (µm)	Comprimento Ponderado em Comprimento (mm)	Massa Linear (mg/m)
<i>A. melanoxylon</i> (n=6)	0	18,6 ± 0,6	0,85 ± 0,07	0,055 ± 0,005
	500	18,6 ± 0,6	0,86 ± 0,07	0,055 ± 0,006
	2500	18,6 ± 0,6	0,85 ± 0,07	0,055 ± 0,006
	4500	18,8 ± 0,6	0,85 ± 0,07	0,056 ± 0,006
<i>E. globulus</i> (n=2)	0	16,5 ± 1,3	0,73 ± 0,04	0,091 ± 0,006
	500	16,4 ± 0,9	0,73 ± 0,03	0,088 ± 0,001
	2500	16,7 ± 1,1	0,73 ± 0,04	0,088 ± 0,006
	4500	16,6 ± 1,1	0,71 ± 0,03	0,090 ± 0,005

Apesar da sua menor largura média, a *E. globulus* apresenta uma massa linear superior à observada para a acácia (Quadro 11). Isto indicia uma espessura de parede superior, resultando em menor colapsabilidade e flexibilidade das fibras (SANTOS *et al.*, 2006).

Potencial papelero

A Figura 5 apresenta, para as duas matérias-primas em causa, a evolução da resistência à drenagem (avaliada pelo grau Schopper-Riegler) em função do nível de refinação. As duas espécies revelam evoluções diferentes, sendo a variação observada consequência da refinação. Para além disso, é notória a menor refinabilidade da *A. melanoxylon* relativamente à da *E. globulus*, designadamente para os níveis de refinação superiores. Este resultado experimental é expectável para o eucalipto face à superior massa linear da fibra e à sua menor largura. Por consequência é provável que se verifique maior fibrilação externa das fibras e maior produção de finos.

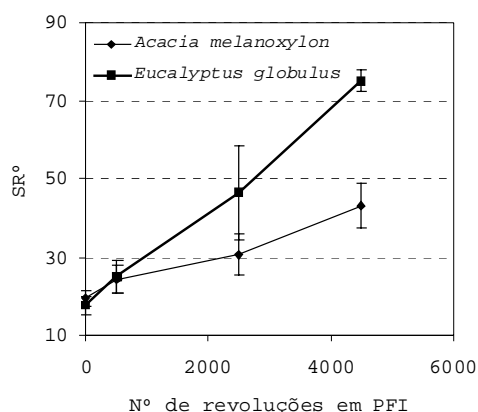


Figura 5 - Evolução do grau Schopper Riegler ao longo da refinação, para as pastas de *A. melanoxylon* e *E. globulus*

Deste modo se desenvolverá maior resistência à drenagem, particularmente aos níveis superiores de refinação.

As folhas de papel de acácia (Figura 6) apresentam maior massa volúmica média para os diferentes níveis de refinação. De acordo com SANTOS *et al.* (2006), este comportamento deve-se a uma maior largura de fibra para uma dada massa linear, o que conduz a maior colapsabilidade.

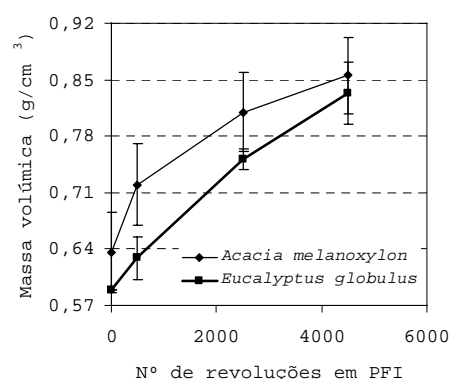


Figura 6 - Evolução da massa volúmica ao longo da refinação, para a *A. melanoxylon* e a *E. globulus*

Para além das diferenças entre as espécies, a Figura 6 evidencia o enorme efeito da refinação sobre a massa volúmica das folhas de papel, o que é consistente com os efeitos da refinação, nomeadamente da fibrilação externa e interna. Como seria de esperar, para uma dada massa volúmica, os papéis da *A. melanoxylon* exibem maior resistência à passagem do ar, e são mais lisos.

Relativamente às propriedades físico-mecânicas (índice de tracção e índice da rasgamento) (Figuras 7 e 8), verifica-se que, para um dada massa volúmica, os papéis de eucalipto possuem valores de

resistência superiores. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por FURTADO (1994) e SANTOS *et al.* (2006).

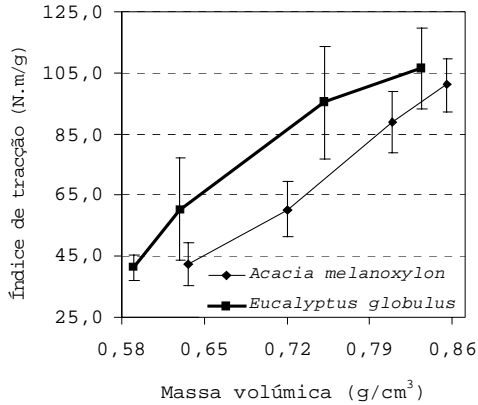


Figura 7 - Evolução do índice de tracção em função da massa volúmica, para a *A. melanoxylon* e a *E. globulus*

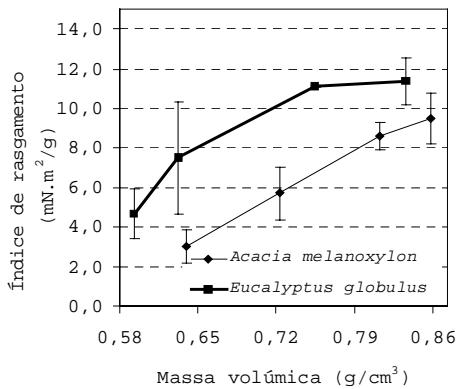


Figura 8 - Evolução do índice de rasgamento em função da massa volúmica, para a *A. melanoxylon* e a *E. globulus*

O índice de rasgamento *vs* índice de tracção (Figura 9) revela que a pasta de eucalipto produz papéis mais resistentes. Furtado (1994) concluiu de forma idêntica.

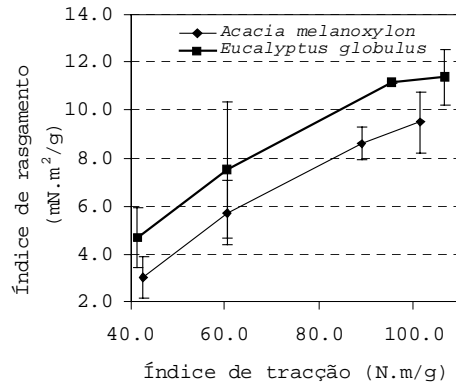


Figura 9 - Evolução do índice de rasgamento em função do índice de tracção, para a *A. melanoxylon* e a *E. globulus*

Para uma dada massa volúmica de folha e para obter uma dada resistência à drenagem, a *E. globulus* necessita de maior energia durante o processo de refinação (Figura 10).

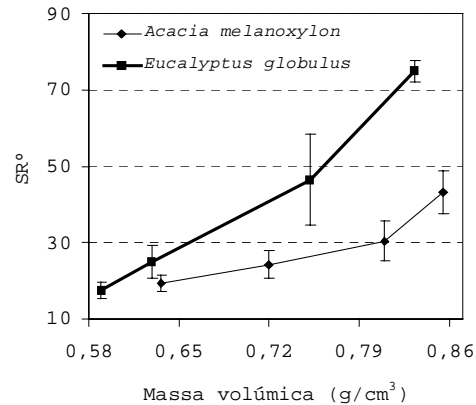


Figura 10 - Evolução do grau Schopper Riegler em função da massa volúmica, para a *A. melanoxylon* e a *E. Globulus*

O coeficiente de dispersão de luz, uma importante característica para papéis de impressão e escrita, aqui representado em função da massa

volúmica do papel (Figura 11), apresenta maior valor para a *A. melanoxylon*. Isto é de esperar se considerarmos a maior área específica para dispersão de luz resultado da menor massa linear das fibras e do maior número de fibras por grama.

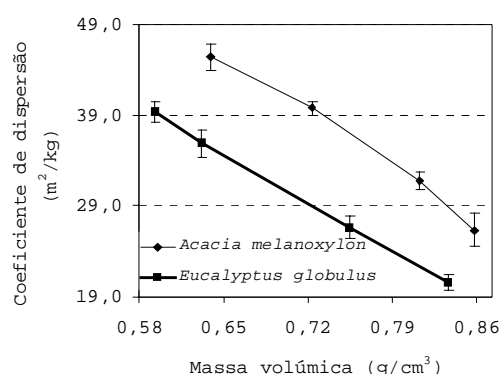


Figura 11 - Coeficiente de dispersão em função da massa volúmica, para *A. melanoxylon* e a *E. globulus*

Conclusões

Quanto aos padrões de crescimento das três espécies em apreciação – o pinheiro-bravo, o eucalipto-azul e a acácia-austrália, verifica-se que a última é superior ao do pinheiro e apenas ligeiramente inferior ao do eucalipto. Por isso, como produtora de lenho, pode constituir uma alternativa àquelas duas espécies.

As propriedades mecânicas, determinadas para provetes pequenos sem defeitos, permitem qualificar esta madeira de acácia-austrália como potencial fonte de material lenhoso para a indústria nacional de serração e construção. No entanto, os resultados mencionados no presente artigo devem ser encarados como preliminares, dada a

necessidade de incorporar informação sobre a variabilidade da qualidade da sua madeira (resistência e rigidez) dentro de árvore e entre árvores. Esta informação, assim como informação suplementar fornecida através de resultados de ensaios sobre provetes de média dimensão (com e sem defeitos), será apresentada numa publicação futura.

No que diz respeito ao processo de transformação da madeira em pasta crua pelo processo kraft, as madeiras testadas da *A. melanoxylon* conduzem a um rendimento em pasta e a um grau de deslenhificação semelhante ao da *E. globulus*. Não se mostram diferenças significativas na branqueabilidade das pastas cruas.

As características biométricas do material fibroso da pasta de acácia são significativamente diferentes das usadas de eucalipto. As primeiras exibem menor massa linear, maior comprimento e largura, o que lhes confere maior flexibilidade e colapsabilidade.

Em consequência das características das fibras, a pasta desta acácia densifica mais rapidamente e em maior extensão no processo de refinação. Isto é vantajoso do ponto de vista do consumo específico de energia na refinação e da drenagem. Porém, para uma dada densidade do papel, o eucalipto exibe superiores resistências à tracção e ao rasgamento. Isto em consequência da maior resistência intrínseca das fibras.

Os resultados experimentais obtidos com as amostras usadas neste estudo colocam esta acácia em boa posição competitiva quando os níveis de resistência mecânica exigidos ao papel não são muito elevados, e a lisura é muito importante. A *E. globulus* ganha vantagem quando se exige considerável resistência mecânica.

Agradecimentos

Porque foram muitos e não queremos esquecer ninguém, os nossos agradecimentos vão para todos quantos, nas nossas instituições e fora delas, tornaram possível este nosso trabalho.

Queremos ainda agradecer o suporte financeiro dos Projectos AGR/42594/2001 do Programa POCTI e AGRO 283 do Programa AGRO Medida 8.

Bibliografia

- CLARK, B., BALODIS, V., GUIGAN, F., JINGXIA, W., 1991. Pulping properties of tropical acacias. *Proc. Int. Workshop on Advances in tropical acacia research*, Bangkok, p.138.
- CLARK, N., 2001. Longitudinal density variation in irrigated hardwoods *Appita J.* **54**(1) : 49.
- DGF, 2001. *Inventário Florestal Nacional. Portugal Continental. 3ª Revisão, 1995-1998.* Direção-Geral das Florestas. Lisboa.
- FRENCH, J., CONN, A., BATCHELOR, W., PARKER, I., 2000. The effect of fibre fibril angle on some handsheet mechanical properties, *Appita J.* **53**(3) : 200.
- FURTADO, P., 1994. Caracterização de acácias e estudo da sua incorporação na produção de pasta. *Internal Report of Raiz-Instituto de Investigação da Floresta e Papel*, Aveiro, Portugal.
- GIL, C., AMARAL, M.E., TAVARES, M., SIMÕES, R., 1999. Estudo do potencial papeleiro da *Acacia spp.* In *Proc. 1º Encontro sobre Invasoras lenhosas*, Gerês, Portugal, p. 171.
- GUIGAN, F., BALODIS, V., JINGXIA, W., CLARK, N.B., 1991. Kraft pulping properties of *Acacia mearnsii* and *A. silvestris*. *Proc. Int. Workshop on Advances in tropical acacia research*, Bangkok, p.145
- GURNAGUL, N., PAGE, D., 1989. The difference between dry and rewetted zero-span tensile strength of paper. *Tappi J.* **72**(12) : 164.
- ISO: 3133, 1975. *Wood - Determination of ultimate strength in static bending.*
- ISO: 3346, 1975. *Wood- Determination of ultimate tensile stress perpendicular to grain.*
- ISO: 3787, 1976. *Wood - Determination of ultimate stress in compression parallel to grain.*
- LEOPOLD, B., THORPE, J., 1968. Effect of pulping on strength properties of dry and wet pulp fibres from Norway spruce. *Tappi J.* **51**(7) : 304.
- MACHADO, J., CRUZ, H., 2005. Within stem variation of Maritime pine timber mechanical properties. *Holz als Roh-und Werkstoff.* **63** : 154-159.
- MATEUS, T., 1961. *Bases para o dimensionamento de estruturas de madeira.* Memória nº 179. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- MIRANDA, I., TOMÉ, M., PEREIRA, H., 2003. The influence of spacing on wood properties for *Eucalyptus globulus* Labill pulpwood. *Appita J.* **56**(2) : 140.
- PAAVILAINEN, L., 2000. Quality-competitiveness of Asian short-fibre raw materials in different paper grades. *Paperi ja Puu - Paper and Timber* **82**(3) : 156.
- SANTOS, A., ANJOS, O., SIMÕES, R., 2002. Estudo preliminar sobre o potencial papeleiro da *Acacia spp.*. In *II Congresso Ibero-Americano de pesquisa e desenvolvimento de produtos florestais, I seminário em tecnologia da madeira e produtos florestais não-madeiráveis*, Curitiba, Brasil, in Cd-room.
- SANTOS, A., ANJOS, O., SIMÕES, R., 2004. Wood and pulp properties of two *Eucalyptus globulus* wood samples. In: *Eucalyptus in a changing world. International IUFRO conference of the wp2.08.03 on Silviculture and Improvement of Eucalypts 2004*; Aveiro, Portugal, pg.702 (Poster).
- SANTOS, A., ANJOS, O., SIMÕES, R., 2006. Papermaking potential of *Acacia dealbata* and *Acacia melanoxylon*. *Appita J.* **59**(1) : 58-64.
- SARDINHA, R., 1974. *Variation in density and some structural features of wood of Eucalyptus saligna.* Ph. D Thesis. University of Oxford. Sm. Frame Angola.

- SETH, R., 1999. Beating and refining response of some reinforcement pulps. *Tappi J.* **82**(3) : 147.
- SETH, R., CHAN, B., 1999. Measuring fiber strength of papermaking pulps. *Tappi J.* **82**(11) : 115.
- Tappi. Test methods: T258 om-94. Atlanta. 1995.
- TAVARES, M., CAMPOS, J., SILVA, C., CAETANO, F., 1999. Estratégias de invasão dos pinhais das dunas do litoral pelas *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* e *A. longifolia*. In: *Proc. 1ª Encontro Invasoras Lenhosas*. Novembro de 1999, Gerês, Portugal. pg.47.
- TAVARES, M., CAMPOS, J., SAPORITI, J., DANIEL, C., 1999. Formas de valorização do material lenhoso das *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon* e *A. longifolia*. In: *1º Encontro Invasoras Lenhosas*. Novembro de 1999, Gerês, Portugal. pp. 157-170.
- TAVARES, M., 2004. 2º Relatório de execução material do Projecto POCTI/42594/AGR/2001 - Valorização do lenho de acácia produzido em Portugal. Potenciais utilizações. FCT/INIAP Lisboa.
- TAVARES, M., LAMPREIA, M.A., SOUSA, E., ALMEIDA, A., AGUIAR, A., 2004. Relatório final do Projecto PARLE D - *Promoção da gestão integrada e do combate a doenças do pinhal bravo*. FCT/INIAP Lisboa.
- TAVARES, M., SANTOS, L., GOMES, A., ROCHA, M.E., TEIXEIRA, A., 2005. Relatório final EFN do Projecto AGRO 283 - *Regeneração e silvicultura do pinhal após fogo (2002/2005)*. MADRP/INIAP/AGRO Lisboa.
- TOMÉ, M., RIBEIRO, F., SOARES, P., 2001. *O modelo GLOBULUS 2.1. RTC-GIMREF nº1/2001*. Instituto Superior de Agronomia - Departamento de Engenharia Florestal. Lisboa.
- VALENTE, C., SOUSA, A.M., FURTADO, F., CARVALHO, A., 1992. Improvement program for *Eucalyptus globulus* at Portucel: Technological component. *Appita J.*, **45**(6) : 403.
- WIMMER, R., DOWNES, G., EVANS, R., RASMUSSEN, G., FRENCH, J., 2002. Direct effects of wood characteristics on pulp and handsheet properties of *Eucalyptus globulus*. *Holzforschung* **56**(3) : 244-252.

Entregue para publicação em Outubro de 2005
Aceite para publicação em Janeiro de 2006