

Caracterização das Potencialidades de Utilização da Madeira de Híbridos de Eucalipto

José António Santos*, Joana Santos**, Nuno Borralho*** e
José Araújo****

*Investigador Principal

**Bolseira de Investigação

Instituto Nacional de Engenharia Tecnologia e Inovação. Estrada do Paço do Lumiar,
22, 1649-038 LISBOA

***Director da Raíz

****Eng^o Silvicultor

RAIZ. Centro de Investigação da Floresta e do Papel, Apartado 15, 3801-501 EIXO

Sumário. Estudaram-se oito clones de híbridos de eucalipto e um clone de *Eucalyptus globulus* Labill., para avaliação do potencial como madeira maciça. As madeiras correspondem a árvores jovens e foram caracterizadas física e mecanicamente e ainda através dos processos de transformação considerados mais representativos como a serragem e secagem, destacando-se, nesta última, os tratamentos térmicos para estabilização e eliminação de tensões. Durante as operações de preparação e corte foi avaliada a rentabilidade do aproveitamento da madeira, a qualidade, e o registo dos defeitos. Por fim, a diferenciação da qualidade e potencial para aplicações nobres, foi definida com base nas propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas de cada clone, sendo estas últimas as mais decisivas. Em função dos resultados do estudo destacaram-se dois clones com excepcionais boas características para utilização como madeira, tanto pela facilidade e rentabilidade de transformação, como pelo aspecto decorativo. Três clones apresentaram características intermédias, e os restantes revelaram comportamento insatisfatório, pela dificuldade de laboração e ocorrência de muitos e graves defeitos durante a secagem. As conclusões deste estudo podem ter uma importância económica muito elevada, pela indicação sobre a possibilidade de plantação de árvores de rápido crescimento, produtoras de madeiras de boa qualidade e elevado valor decorativo.

Palavras-chave: clones híbridos de eucaliptos; laboração; tecnologia; secagem; colapso

Characterization and Potential Use of Eucalyptus Hybrids Wood

Abstract. Eight clones of hybrids of eucalyptus wood and one clone of *Eucalyptus globules*, Labill. were studied for evaluation of its potential as solid wood. The wood corresponds to young trees and was characterized physically and mechanically and even through the relevant transformation processes, namely sawing and drying. For this last operation, thermal treatments for stabilization and releasing of internal stresses were applied. During the sawing and thickening operations the yield of the exploitation of the wood was evaluated, as the quality and registration of all defects. Finally, the differentiation of the quality and potential

1º Autor E-mail: jose.santos@ineti.pt

uses were established, on the basis of physical, mechanical and technological properties of each clone, this last criterion being the most decisive one. As a result of the analysis, one group of two clones were recognized as presenting good characteristics for use as solid wood, as much as for the easiness of processing as due to satisfactory raw material yield and decorative aspect. Three other clones presented intermediate characteristics, and finally a group of four clones was classified as presenting unsatisfactory behavior, due to its difficulty of laboring and occurrence of many and serious defects. The conclusions of this study can have very high economic importance, through the recommendation for reforestation with new fast growth trees producing good quality and highly decorative wood.

Key words: hybrid clones of eucalyptus; laboring; technology; drying; collapse

Caractérisation des Potentialités du Bois d'Hybrides d'Eucalyptus

Résumé. Huit clones d'hybrides du bois d'eucalyptus et d'un clone de *Eucalyptus globulus* Labill. ont été étudiés pour l'évaluation de son potentiel en tant que bois massif. Le bois correspondant à de jeunes arbres a été caractérisé physiquement et mécaniquement et toujours par les processus appropriés de transformation, à savoir sciage et séchage. Pour cette dernière opération, des traitements thermiques pour la stabilisation et libération des tensions internes ont été appliqués. Pendant le sciage et les opérations de dégauchissement le rendement de la coupe du bois a été évalué, ainsi que la qualité et l'enregistrement de tous les défauts. En conclusion, on a établi la différenciation des propriétés d'utilisations de qualité et de potentiel, sur la base des observations des propriétés physiques, mécaniques et technologiques de chaque clone, ce dernier étant le critère le plus décisif. En raison de l'analyse, un groupe de deux clones a été reconnu pour présenter de bonnes caractéristiques pour l'usage en tant que bois massif, ainsi que pour sa facilité de transformation et rendement satisfaisant de matière première et à l'aspect décoratif. Trois autres clones ont présenté des caractéristiques intermédiaires, et finalement un groupe de quatre clones a été classifié comme présentant un comportement insuffisant, dû à la difficulté de les travailler et en occurrence des sérieux défauts. Les conclusions de cette étude ont des implications économiques importantes parce qu'il ouvre la possibilité de production de bois de rapide croissance et de bonne qualité.

Mots clés: clones d'hybrides d'eucalyptus; travail; technologie; séchage; collapse

Introdução

No contexto da necessidade de matérias-primas florestais, e com o objectivo de promover o aumento da rentabilidade florestal (essencialmente para produção de pasta), desencadearam-se no Instituto RAIZ estudos de hibridação de diferentes espécies de eucalipto, com resultados assinaláveis a nível de produtividade. Contudo, para este novo material lenhoso não existia informação quanto às suas características, nomeadamente propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas, e como consequência, das suas potenciais

utilizações e valor comercial como madeira maciça.

Estudos já realizados com *Eucalyptus globulus* revelaram que esta espécie possui potencial para muitas utilizações como madeira maciça, nomeadamente pavimentos e aplicações estruturais (SANTOS e PINHO, 2004). A sua grande vocação papeleira e algumas dificuldades na sua transformação para utilização maciça não facilitaram as oportunidades para a pesquisa de novas tecnologias de transformação e procura de novas aplicações e sua implementação.

A avaliação das propriedades tecnológicas, mecânicas e físicas permitem

estabelecer uma identidade própria de cada madeira, comparar espécies, e estabelecer quais as utilizações preferenciais.

De referir a importância do estudo das propriedades tecnológicas, pois as diferenças de propriedades mecânicas e físicas, mesmo quando bem marcadas, podem não ser decisivas para uma avaliação quanto ao potencial industrial para utilização como madeira maciça. Por outro lado, muitas vezes os problemas de laboração mecânica prendem-se com a anisotropia do material, defeitos, anomalias, tais como desvios da direcção do fio da madeira, tensões internas e outros factores, nem sempre possíveis de prever (SANTOS *et al.*, 2005). Acresce que na operação de secagem de algumas folhosas de elevada densidade, como é o caso do eucalipto, o colapso é um fenómeno muito frequente (SANTOS e PINHO, 2004; SANTOS *et al.*, 2005), que pode comprometer a qualidade da madeira, obrigando à adaptação desta operação a cada espécie. O colapso consiste numa diminuição do volume excepcionalmente acentuada durante as primeiras fases da secagem (acima do P.S.F) e consequente densificação da madeira. Aparece logo nas primeiras fases do processo devido a tensões superficiais da água, em conjugação com os calibres dos elementos anatómicos de condução de líquidos, criando-se zonas localizadas com baixas pressões que se revelam suficientemente fortes para provocar o "chupamento" das células da madeira, ficando anulado ou muito reduzido o seu volume interior. O fenómeno é potenciado por secagem a temperaturas mais elevadas ($>40^{\circ}\text{C}$), mas pode ocorrer mesmo à temperatura ambiente se o ar for demasiado seco e a ventilação

demasiado forte. O colapso pode limitar-se apenas à densificação exagerada da madeira, permitindo a sua recuperação, (o que acontece em geral nas pranchas de corte radial). Este mesmo efeito em pranchas de corte tangencial dá origem a fendas internas, o que desvaloriza totalmente a madeira, por não haver forma de recuperação.

No que diz respeito às propriedades físicas, a massa volúmica permite estabelecer a correlação com outras características gerais da madeira, bem como, obter informação sobre a facilidade de secagem, a resistência mecânica, a durabilidade natural e a permeabilidade aos líquidos. As massas volúmicas mais elevadas correspondem, em geral, a maiores retracções, a maior dificuldade de secagem, a maior resistência mecânica, a maior durabilidade natural e a menor permeabilidade aos líquidos, nomeadamente aos produtos de tratamento e acabamento. Outra característica física muito importante é a retracção e inchamento, que se relacionam com a perda ou ganho de teor em água, comportamento que está sempre presente, dado que a madeira é um material higroscópico, tendendo sempre a equilibrar a sua humidade com a humidade do ambiente onde se encontra (CRUZ e RODRIGUES, 1997). De verde até ao Ponto de Saturação das Fibras (P.S.F) a madeira baixa o seu teor em água praticamente sem alterar as suas dimensões. Do ponto de vista da secagem, a retracção é responsável pelo maior ou menor aparecimento de empenos, fendas, e alterações de dimensões e de forma, o que acontece abaixo do PSF (CARVALHO, 1996). Do ponto de vista prático, o conhecimento dos valores da retracção permite determinar as dimensões de serragem de acordo com o

destino da madeira após secagem, além do controlo da própria estabilidade dimensional em serviço. A razão entre a retracção tangencial e a retracção radial (R_t/R_r) permite avaliar a tendência da madeira para fender ou empenar, designando-se por anisotropia das retracções. Quanto maior for o valor desta relação maior será a tendência para acentuados empenos. Torna-se assim importante atender à direcção ou padrão da serragem, pois peças de corte tangencial terão variações maiores na sua largura do que aquelas que são cortadas radialmente, e manifestam também maiores empenos, além de efeitos irrecuperáveis quando o colapso está presente.

A avaliação mecânica da madeira permite determinar as potencialidades da madeira em utilizações estruturais ou outras em que se exija capacidade de resistir a esforços. Salienta-se o módulo de elasticidade à flexão (E), que dá indicação sobre a flexibilidade ou rigidez do material. A madeira, em geral, possui uma deformabilidade elástica muito elevada quando comparada com outros materiais, ou seja, o seu grau de deformação antes de atingir a cedência mecânica ou rotura, é muito elevado, mantendo um nível de recuperação da forma e/ou dimensões iniciais, também muito significativo. Em valor absoluto, quando a madeira apresenta valores de E mais baixos, não significa que tenha pouca "elasticidade" no sentido comum de "deformabilidade" (deformação até rotura), mas sim que basta uma tensão não muito elevada para provocar alguma deformação. Sob o ponto de vista de aplicações estruturais é desejável um valor elevado do módulo de elasticidade, pois significa que para uma dada carga aplicada a deformação é pequena (representando melhor aparência visual),

mas a deformabilidade – deformação antes da rotura é uma característica positiva relativamente a outros materiais, pois além de contribuir para uma boa distribuição de cargas em estruturas complexas, também funciona como aviso de uma aproximação a cargas próximas da cedência. A importância da determinação do valor de E prende-se com a perspectiva de utilização da madeira em elementos estruturais. A determinação da dureza e da compressão transversal tem importância para utilizações da madeira em pavimentos, embalagens e outras utilizações estruturais em que sofra esforços nas direcções perpendiculares às fibras, fixações mecânicas, etc..

Pretendeu-se neste estudo determinar as potencialidades da madeira de 8 clones de híbridos de eucalipto e de um clone de eucalipto comum, para utilizações como madeira maciça, através da caracterização das propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas. As madeiras estudadas são extremamente jovens, sendo conhecido que nestas fases de desenvolvimento há ainda muita influência do lenho juvenil, há pouco cerne formado, e a presença de defeitos como nós e tensões de crescimento é mais acentuada. A maior probabilidade é que uma mesma árvore melhore a qualidade da madeira oferecida para transformação, à medida que tenha uma idade mais avançada.

A actual conjuntura internacional pode vir a transformar a floresta de eucalipto na Europa, para produção de pasta de papel, num negócio menos interessante, pelo que urge definir novas estratégias para rentabilizar a floresta Portuguesa desta espécie, que é única na oferta conjunta de material de rápido crescimento e de elevada densidade.

Metodologia e resultados

A caracterização da madeira dos vários clones híbridos de eucalipto e do clone de *E. globulus* foi realizada com base numa amostragem de 2 árvores por cada clone (de cada híbrido e de *E. globulus*). Nem todos os clones eram provenientes da mesma estação, 6 vieram de um mesmo local (Herdade dos Pinheiros), 2 vieram de outro local (Herdade da Boavista) e o clone *globulus* veio de uma terceira estação próxima (Caldelas), todos na região de Alcácer do Sal. Cada árvore foi cortada em 2 toros com cerca de 2,10 m de comprimento, para posterior corte em pranchas de 45 mm e 27 mm de espessura, seguindo-se a secagem e a produção de provetes para ensaio e preparação de um conjunto de amostras de mão, para avaliação do valor decorativo e potencial de utilização.

As árvores abatidas tinham um diâmetro médio do primeiro toro (DAP) igual ou superior a 15 cm, tendo o abate sido feito pelo menos a 20 cm acima do solo, garantindo que o primeiro toro apresentava uma forma já próxima da cilíndrica. As idades variaram entre 7 anos para o eucalipto comum e 7 a 8 anos para os híbridos.

A identificação dos diferentes híbri-

dos, do clone de referência, respectiva idade e origem, encontra-se descrita de forma simplificada no Quadro 1.

Serragem

Após as operações de abate, desramação e toragem, realizadas em floresta no início do mês Novembro de 2004, os toros foram transportados para uma serração em Alcácer do Sal, Cooperativa Barrozinha, para serem convertidos em pranchas num espaço de tempo curto (inferior a 2 semanas), a fim de impedir a secagem prematura. Com o objectivo de minimizar a perda de água em toro, e a consequente abertura de fendas de secagem nos topos, estes foram protegidos com um filme plástico.

Na serração recomendou-se um alinhamento de corte perfeitamente paralelo ao eixo do toro e um padrão de serragem em passagens seguidas desde a primeira costaneira até ao aproveitamento máximo. A pequena dimensão dos diâmetros tornou pouco prática a rotações do toro, mesmo assim, para maximizar o corte radial em peças acabadas, foram cortadas duas espessuras, 27 e 45 mm, sendo a mais estreita extraída mais junto à periferia.

Quadro 1 – Identificação adoptada e correspondência com o tipo de clone (híbrido ou não)

Identificação	Clone	Idade (anos)	Origem
GDTB-1	<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus Trabuti</i>	8.7	H. Pinheiros
GDVM	<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus viminalis</i>	8.7	H. Pinheiros
BTGB-1	<i>Eucalyptus botryoides</i> x <i>Eucalyptus globulus</i>	8.7	H. Pinheiros
TTGD	<i>Eucalyptus tereticornis</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	8.7	H. Pinheiros
BTGB-2	<i>Eucalyptus botryoides</i> x <i>Eucalyptus globulus</i>	8.7	H. Pinheiros
BTGB-3	<i>Eucalyptus botryoides</i> x <i>Eucalyptus globulus</i>	8.7	H. Pinheiros
GDGB	<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus globulus</i>	7.6	H. Boavista
GDTB-2	<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus Trabuti</i>	7.6	H. Boavista
GB	<i>Eucalyptus globulus</i>	6.6	Caldelas

Todos os clones apresentaram uma serragem fácil, não se tendo registado deformações nem rachaduras durante a abertura das pranchas, e as serras mantiveram-se em boas condições de corte durante meio dia (tempo normal de substituição das serras em madeiras brandas – pinheiro). Também não foram observadas inclinações anormais do fio ou fio espiralado, o que também prejudicaria a serragem. O descasque foi efectuado manualmente.

Seguidamente apresenta-se o Quadro 2 com o número de pranchas por espessura obtidas para cada clone.

Quadro 2 – Número de pranchas por espessura e tipo de clone (híbrido ou não)

Identificação	N.º Pranchas (27 mm)	N.º Pranchas (45 mm)
GDTB-1	12	1
GDVM	14	2
BTGB-1	14	1
TTGD	12	2
BTGB-2	11	2
BTGB-3	12	1
GDGB	15	2
GDTB-2	14	2
GB	13	2

Secagem

A madeira em estudo foi sujeita a um processo de secagem artificial numa câmara com controlo de temperatura, humidade do ar e ventilação forçada, monitorizado através de sondas eléctricas que registaram os valores de teor em água da madeira e também através de pranchas de controlo que permitiram determinar o teor em água com maior exactidão através de pesagens. Foi escolhido um programa de secagem muito cauteloso em que a

temperatura nunca excedeu os 55°C e em que o teor em água de equilíbrio nunca foi abaixo de 5,5%, tendo como base de informação experiência anterior em secagem de eucalipto comum e em tabelas de secagem comerciais, nomeadamente do Catálogo secador CATHILD, 1986. A secagem demorou cerca de 47 dias para as pranchas de 45 mm de espessura, desde verde (130% de teor em água), até atingirem a humidade final média de 12%. A madeira foi colocada dentro do secador de acordo com as regras de empilhamento consideradas mais adequadas, destacando-se a colocação de pesos sobre a pilha com vista a reduzir a ocorrência de empenos (JOLY e MORE-CHEVALIER, 1980; MELO, 1999).

Defeitos resultantes da operação de secagem

Após a fase de secagem realizou-se a identificação, reconhecimento e quantificação das particularidades da madeira, com o objectivo de avaliar a qualidade em função de perspectivas de utilização e do aproveitamento que é possível fazer de cada uma das pranchas. Esta classificação de pranchas de madeira seca foi efectuada com base em parâmetros objectivos como os defeitos que eventualmente lhe tenham sido introduzidos pelo processo da secagem tais como o colapso, fendas e empenos.

Tal como já referido, o colapso é um fenómeno muito frequente no processo de secagem da madeira de eucaliptos. Este defeito identifica-se visualmente por um aspecto enrugado de certas zonas das superfícies, nas pranchas de corte radial, o que ocorreu de forma marcada em alguns dos clones estudados.

Algumas pranchas apresentaram também fendas em resultado da presença

de medula, o que ocorreu principalmente nas pranchas de maior espessura, 45 mm. Embora o aparecimento de fendas seja mais ou menos comum na zona central dos anéis de crescimento, junto à medula e no lenho juvenil (3 ou 5 primeiras camadas anuais), o seu grau de incidência e intensidade variou em função do híbrido, o que foi revelador do bom ou mau comportamento da madeira à secagem e posterior aproveitamento.

Seguidamente apresenta-se a percentagem de ocorrência dos defeitos já referidos para cada clone (Quadro 3).

Verificou-se que algumas pranchas que se encontravam mais no topo da pilha apresentaram colapso e deformações mais acentuadas, provavelmente devido ao menor peso a que as camadas superiores estão sujeitas, a um gradiente de humidade mais elevado, ou ainda mais forte ventilação, factores potenciais do desenvolvimento destes defeitos. A maioria das pranchas do Híbrido

GDGB não apresentou colapso, e quando ocorreu foi muito ligeiro em apenas uma prancha, por ter ficado situada no topo da pilha de secagem. Os clones BTGB-1, TTGD e BTGB-2 apresentaram colapso forte, enquanto que os clones BTGB-3 e GDTB-1 obtiveram maiores variações deste defeito.

No Quadro 3 apresentado anteriormente verifica-se que as fendas superficiais não ocorreram em todos os híbridos. No entanto, o resultado apresentado pelo híbrido GDVM, com total ausência de fendas superficiais, é enganador, uma vez que este híbrido, em conjunto com o híbrido TTGD e BTGB-2, apresentou inúmeras fendas internas, defeito com piores consequências a nível de desvalorização da madeira (Figura 1). As fendas internas ocorreram predominantemente na zona de transição entre o cerne e o borne (o que é habitual em madeiras difíceis de secar).

Quadro 3 – Ocorrência de defeitos para os diferentes híbridos e para o clone de eucalipto comum

Nome Clone	Ocorrência de Colapso (%)			Ocorrência de Fendas (%)			Ocorrência de Empenos (%)	
	Forte	Moderado	Ligeiro	xxx	xx	x	Acentuado	Ligeiro
GDTB-1	33	-	67	-	33	67	33	67
GDVM	-	33	33	-	-	-	33	67
BTGB-1	80	20	-	40	20	-	40	60
TTGD	100	-	-	100	-	-	-	100
BTGB-2	100	-	-	33	33	33	67	33
BTGB-3	50	38	13	50	38	-	88	-
GDGB	-	-	9	-	-	9	-	36
GDTB-2	-	-	57	-	14	43	14	57
GB	-	43	43	-	14	29	-	86

Legenda: xxx- múltiplas fendas ou uma fenda ao longo de toda a prancha.

xx - fendas com mais de 1 m de comprimento; x - fendas até 1 m de comprimento.

- As percentagens não assinaladas correspondem aos exemplares sem defeitos.



Figura 1 – Fendas internas na zona de transição entre o cerne e o borne. Híbrido TTGD

No que diz respeito aos empenos, será de salientar que a maioria das pranchas do clone GDGB não apresentou este defeito, e nenhuma das pranchas deste híbrido revelou empeno acentuado. As pranchas dos clones TTGD e GB também não apresentaram empeno acentuado. Os clones híbridos do tipo *E. botryoides* x *E. globulus* (BTGB), parecem ser os mais propensos a este defeito.

Recondicionamento por vapor

Após a operação de secagem, as pranchas que apresentavam colapso, e na expectativa da sua melhoria, foram sujeitas a um processo de recondicionamento por vapor. As pranchas com fendas internas não são recuperáveis por nenhum tipo de procedimento, pelo que se dispensou a aplicação deste tratamento. Este tratamento consistiu na introdução das pranchas num cilindro isolado termicamente, por onde passa vapor de água saturado a 100°C à pressão atmosférica, durante um determinado período de tempo (cerca de 3 horas), dependendo da intensidade do colapso e da espessura. Este tratamento permite a recuperação do colapso e facilita a laboração posterior (SANTOS e PINHO, 2004). O tratamento de recondicionamento por vapor não

aumenta o teor em água da madeira.

Foi feita uma observação das pranchas após secagem, calculando-se as retracções efectivas, nas direcções tangencial e radial (Quadro 4).

Quadro 4 – Retracções desde verde até 12% de teor em água (pranchas com 27 mm de espessura em verde)

Nome Clone	Retracções Médias (%)	
	Tangencial	Radial
GDTB-1	14,93	9,46
GDVM	15,49	3,12
BTGB-1	21,59	8,16
TTGD	32,85	25,33
BTGB-2	26,67	9,45
BTGB-3	28,65	10,49
GDGB	6,23	0,85
GDTB-2	12,75	5,81
GB	13,03	4,30

Os híbridos BTGB-1, TTGD, BTGB-2 e BTGB-3, apresentam características mais instáveis com valores elevados de diminuição de espessura. Três destes clones BTGB-1, BTGB-2 e BTGB-3 constituem o mesmo híbrido (*E. botryoides* x *E. globulus*), podendo afirmar-se que a fraca estabilidade da madeira lhe é inferida pela conjugação das espécies *E. botryoides* e *E. globulus*. O clone com menores valores de diminuição em espessura foi GDGB, e os

menores valores de diferença entre a diminuição em espessura maior e média foram atingidos por híbridos de GD (*E. grandis*) com outras espécies, nomeadamente *E. trauti* e *E. viminalis* (GDTB-1, GDVM e GDTB-2) e também pelo clone de *E. globulus*.

No Quadro 5 são mostrados os valores de retracção após secagem e tratamento com vapor

Quadro 5 - Retracções desde verde até 12% de teor em água, após tratamento com vapor (pranchas com 27 mm de espessura em verde)

Nome Clone	Retracção Média (%)	
	Tangencial	Radial
GDTB-1	6,65	4,08
GDVM	5,37	0,80
BTGB-1	7,94	2,97
TTGD	10,30	2,69
BTGB-2	11,68	5,77
BTGB-3	5,54	2,94
GDGB	0,56	0,02
GDTB-2	5,31	2,40
GB	3,24	1,60

Comparando-se as retracções efectivas do Quadro 4 com as do Quadro 5 verificou-se que a maioria das variedades recuperou quase totalmente

do colapso que revelava após a secagem artificial. Só os híbridos BTGB-2, TTGD e BTGB-1 é que apresentaram no final do tratamento ainda um nível considerável de colapso. O clone GDGB, embora não tendo revelado colapso no final da sua secagem, foi igualmente sujeito ao tratamento de acondicionamento por vapor, tendo-se constatado que a sua espessura final ficou praticamente igual à sua espessura em verde (Figura 2).

Laboração mecânica

Normalmente os problemas de laboração mecânica prendem-se com a anisotropia do material, defeitos, anomalias, tais como desvios da direcção do fio da madeira, tensões internas e outros factores, nem sempre possíveis de prever (SANTOS *et al.*, 2005). Na serragem dos vários híbridos não houve desgaste anormal das serras, podendo afirmar-se que são de serragem fácil, quer em verde quer em seco. Mesmo assim, as pranchas sujeitas ao processo de acondicionamento por vapor tornaram os processos de aplainamento e corte em serra circular ainda mais fáceis.

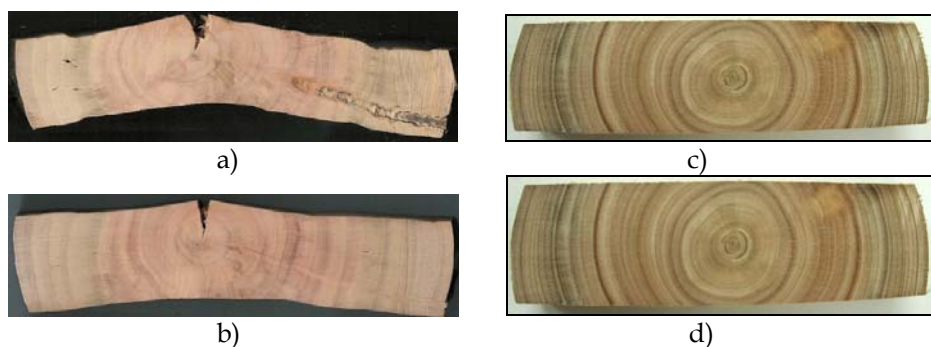


Figura 2 - a) Híbrido BTGB-1 com colapso; b). Respectiva recuperação após tratamento com vapor; c) Híbrido GDGB, após operação de Secagem; d) Após operação de acondicionamento por vapor

Ocasionalmente foi registada a ocorrência de fio entrecruzado, nas pranchas do clone GB, que originou o aparecimento do defeito de laboração no aplainamento designado por fio lascado. Este defeito ocorre nas faces de corte radial, caracterizando-se pelo destacamento de porções maiores ou menores de lascas de madeira, que são arrancadas ou permanecem levantadas deixando falhas na superfície.

Para maximizar o aproveitamento da madeira e consequentemente minimizar os desperdícios da operação de serragem das pranchas dos vários clones, recomenda-se que seja retirada a faixa central na proximidade da medula (zona bastante propensa a defeitos como empenos e fendas).

No Quadro 6 são apresentadas as percentagens de aproveitamento para os vários híbridos e clone estudados. O híbrido BTGB-1, apresentou apenas 20 % de madeira aproveitada.

Caracterização física

Massa volúmica

O cálculo da massa volúmica foi efectuado de acordo com a Norma

Portuguesa NP – 616: "Determinação da massa volúmica".

Quadro 6 – Percentagem de aproveitamento da madeira

Nome Clone	Madeira Aproveitada (%)
GDTB-1	40
GDVM	65
BTGB-1	20
TTGD	49
BTGB-2	47
BTGB-3	51
GDGB	59
GDTB-2	58
GB	54

Em exemplares naturais os valores de massa volúmica entre árvores apresentam, normalmente, grande variabilidade (diferença superior a 100 kg/m³). No entanto, por se tratarem de clones, a variabilidade entre as duas árvores de cada clone utilizadas foi pouco relevante. Seguidamente apresentam-se os valores das massas volúmicas médias encontrados para cada clone estudado (Quadro 7), resultado das medições de 30 provetes de cada híbrido, e respectiva classificação de massa volúmica de acordo com o critério de CARVALHO, (1996).

Quadro 7 – Massa volúmica a 12% de teor em água

Nome Clone	Massa Volúmica Média a 12% (kg/m ³)	Desvio Padrão (kg/m ³)	Padrão Classe de Densidade
GDTB-1	712	40,5	Moderadamente pesada
GDVM	753	41,2	Moderadamente pesada
BTGB-1	638	31,0	Leve
TTGD	715	56,4	Moderadamente pesada
BTGB-2	609	12,7	Leve
BTGB-3	691	42,8	Moderadamente pesada
GDGB	606	17,2	Leve
GDTB-2	635	29,0	Leve
GB	650	21,8	Moderadamente pesada

Dada a dificuldade em obter provetes limpos de defeitos, a massa volúmica dos clones GDVM, BTGB-1, TTGD e BTGB-2 foi avaliada recorrendo a provetes com defeitos (fendas e pequenos nós). O pior dos casos foi o clone TTGD, o que explica o elevado valor do desvio padrão.

Retracção e colapso

A retracção foi calculada em 30 provetes, de acordo com a norma NP-615: "Determinação da retracção", e os valores de cada híbrido e do clone de *E. globulus* encontram-se no Quadro 8 e Quadro 9, bem como a respectiva classificação segundo critérios definidos por CARVALHO (1996).

Os valores mais baixos de anisotropia

foram atingidos pelos clones TTGD, GDTB-2, BTGB-1, GDVM e GDGB. No entanto, os valores apresentados pelos clones híbridos TTGD e BTGB-1, não podem ser considerados conclusivos devido à impossibilidade de realizar o ensaio com provetes livres de defeitos. O híbrido GDGB apresentou o menor valor de retracção radial e revelou-se mais estável, sem diferenças dimensionais na direcção tangencial entre cerne e borne, permitindo referir que este híbrido apresenta menor tendência para ocorrência de fendas e empenos durante a operação de secagem. Os valores mais elevados de anisotropia foram os dos híbridos GDTB-1 e BTGB-3, revelando a sua natural tendência para a ocorrência de defeitos graves após a secagem.

Quadro 8 - Valores de retracção linear total e respectiva anisotropia

Nome Clone	Retração Linear Total Média (%)				Anisotropia de Retrações (Rt/Rr) ⁽¹⁾	Classe de Anisotropia
	Axial	Tangencial (Rt)		Radial (Rr)		
		Borne	Cerne			
GDTB-1	2,4	18,2	10,1	6,4	2,8	Alta
GDVM	2,2	10,0	7,4	5,5	1,8	Média
BTGB-1	0,9	7,9 ⁽²⁾		5,0	1,6	Média
TTGD	1,3	9,6	6,9	6,3	1,5	Média
BTGB-2	0,6	13,8	5,9	4,6	3,0	Alta
BTGB-3	1,8	20,2	10,4	5,0	4,0	Alta
GDGB	1,4	8,1 ⁽²⁾		4,2	1,9	Média
GDTB-2	1,5	7,1	6,7	4,7	1,5	Média
GB	1,2	12,9	7,5	6,4	2,0	Média

⁽¹⁾Nota: Quando há dois valores de retracção tangencial foi tomado para o cálculo de anisotropia de retracção o maior valor.

⁽²⁾Nota: Nos clones BTGB-1 e GDGB não foram observadas diferenças dimensionais entre cerne e borne, em resposta a imersão em água, contrariamente ao que aconteceu com os restantes clones.

Quadro 9 – Retracção volumétrica e respectiva classe

Nome Clone	Retracção Volumétrica (%)	Classe de Retracção
GDTB-1	27,48	Forte
GDVM	19,48	Forte
BTGB-1	13,95	Média
TTGD	15,76	Forte
BTGB-2	18,65	Forte
BTGB-3	27,58	Forte
GDGB	14,30	Média
GDTB-2	14,06	Média
GB	22,06	Forte

Caracterização mecânica

Para avaliar as potencialidades da madeira em utilizações estruturais ou outras em que se exija capacidade de resistir a esforços, realizaram-se uma série de ensaios laboratoriais com vista a determinar as propriedades mecânicas, como sejam, ensaios de compressão paralela e transversal, flexão e dureza, por corresponderem às necessidades em comportamento real para madeira de construção, pavimentos e mobiliário, utilizações para as quais alguns dos híbridos estudados podem ter elevado

interesse. Para cada tipo de ensaio mecânico foram utilizados 30 provetes.

Compressão paralela às fibras

A madeira, em geral, apresenta valores de compressão axial razoavelmente elevados, sobretudo tendo em conta a baixa massa volúmica deste material comparativamente a outros materiais estruturais, como por exemplo o ferro, o tijolo e a pedra, consistindo este facto numa enorme vantagem da madeira em aplicações estruturais. No Quadro 10 apresentam-se os valores de compressão paralela ou axial média para cada clone, de acordo com a NP 618: "Ensaio de compressão axial" e respectiva classificação de compressão paralela definida por CARVALHO, (1996).

À excepção dos clones GDTB-1, BTGB-1, BTGB-2 e BTGB-3, todos os restantes híbrido e o *E.globulus* apresentaram valores de compressão paralela superiores a 44 MPa, pelo que possuem boa resistência à compressão paralela às fibras, comparando com o valor apresentado por outras madeiras consideradas estruturais.

Quadro 10 – Valores médios da compressão paralela às fibras

Nome Clone	Compressão Paralela Média (MPa)	Desvio Padrão	Classe de Compressão Paralela
GDTB-1	43,71	8,97	Fraca
GDVM	53,86	5,80	Média
BTGB-1	37,71	4,60	Fraca
TTGD	48,87	5,78	Média
BTGB-2	44,29	2,51	Média
BTGB-3	38,60	2,12	Fraca
GDGB	48,48	6,68	Média
GDTB-2	48,47	5,64	Média
GB	53,64	2,12	Média

Módulo de elasticidade à flexão estática

A importância da determinação do valor do módulo de elasticidade (E) para os diversos clones de eucalipto prende-se com a perspectiva de utilização da madeira em elementos estruturais. No Quadro 11 apresentam-se os valores médios de E encontrados para cada híbrido e também para o clone de *E. globulus*. Os ensaios de determinação do módulo de elasticidade foram realizados segundo o procedimento definido na norma Europeia EN 408: "Determination of some physical and mechanical properties". A classe de flexão apresentada tem por base procedimentos seguidos pelo INETI, em que se considera que a madeira é muito **deformável** quando apresenta valores inferiores a 6000 MPa, **pouco rígida** para valores entre 6000 e 11000, **meio rígida** para valores entre 11000 e 15000 e **muito rígida** quando o módulo de elasticidade for superior a 15000.

O valor de E apresentado pelo clone BTGB-3 é bastante inferior quando comparado com o dos restantes clones,

devido à presença de fendas nos provetes ensaiados. De uma forma geral, o valor de E varia ao longo do tronco, com valores inferiores junto à medula, devido à presença de lenho juvenil, e aumentam até perto da periferia do tronco. Os híbridos GDVM, GDTB-2 e GDGB, bem como o *E. globulus*, GB, revelaram maior rigidez, (valores mais elevados de E). Dado que os clones avaliados são muito jovens, os elevados valores de E apresentados tenderão ainda a aumentar com a idade.

Por norma o valor do E tende a ser superior em madeiras mais densas e inferior em madeiras mais brandas, no entanto, e à excepção do híbrido GDVM, todos os restantes clones que apresentaram valores de E mais elevados, não são os mais densos. De salientar ainda que o híbrido GDGB, que é o menos denso (606 kg/m³), revelou valores de módulo de elasticidade entre os mais elevados, o que representa uma vantagem em termos de utilizações estruturais, dado tratar-se de um lenho com bastante resistência e ao mesmo tempo também bastante leve.

Quadro 11 – Valores médios do módulo de elasticidade à flexão

Nome Clone	E (MPa)	Desvio Padrão	Classe de Flexão
GDTB-1	10 909	1128,9	Pouco rígida
GDVM	15 718	3482,1	Muito rígida
BTGB-1	12 702	945,4	Meio rígida
TTGD	12 741	1617,9	Meio rígida
BTGB-2	9 330	393,8	Pouco rígida
BTGB-3	6 707	683,3	Pouco rígida
GDGB	13 533	1564,9	Meio rígida
GDTB-2	13 632	1385,8	Meio rígida
GB	13 466	3167,7	Meio rígida

Dureza Janka

A dureza é uma propriedade que tem forte correlação com a massa volúmica e com a compressão transversal. Entre os vários métodos de avaliação da dureza foi escolhido o método denominado por dureza Janka, definido nas normas ASTM D 143: "Methods of Testing – Small clear specimens of timber" e norma Inglesa B.S. 373: "Methods of testing small clear specimens of timber", por ser um método baseado na penetração de uma esfera de pequeno diâmetro numa face da peça de madeira, o que produz informação útil quanto à potencialidade de utilização das madeiras em pavimentos, ou outras utilizações que sofram fortes cargas concentradas numa reduzida área (ligações mecânicas estruturais, etc.). O ensaio consiste em avaliar a força necessária para fazer penetrar na madeira, até à profundidade de meio diâmetro, uma esfera de 11,6 mm de diâmetro (valor que corresponde a uma área projectada de 100 mm²). Os resultados obtidos apresentam-se no Quadro 12. A classe de dureza foi atribuída de acordo com CARVALHO, (1996).

Os clones dos híbridos BTGB-2, GDGB e GDTB-2 apresentaram uma dureza baixa/muito branda, valores indicadores de maior facilidade de laboração, mas também de menor capacidade de suportar cargas pontuais. Os resultados indicam ainda que os clones dos híbridos GDTB-1 GDVM BTGB-1 BTGB-3 e o clone GB apresentaram uma dureza média/branda, enquanto que o clone TTGD se situa na classe de dureza alta/moderadamente dura.

Compressão transversal

Tendo em conta o arranjo estrutural da madeira, a solicitação por compressão transversal às fibras corresponde ao esmagamento das células, com redução do diâmetro da sua cavidade, o que faz com que a madeira seja particularmente fraca a este tipo de solicitação mecânica. Tal como para a dureza, a compressão transversal tem importância para utilizações da madeira em pavimentos, embalagens e outras utilizações estruturais em que sofra esforços nas direcções perpendiculares às fibras. O ensaio de compressão transversal foi efectuado de acordo com a norma europeia EN 408: "Determination of some physical and mechanical properties". Este ensaio não está associado a uma rotura no sentido habitual de falha repentina do provete, pois a elevada deformabilidade da madeira leva a uma alteração da secção e aumento quase indefinido da carga. Em termos práticos analisa-se a representação gráfica da curva de tensão-deformação para perceber em que ponto é que deixou de haver capacidade razoável de suporte de cargas. O valor de compressão transversal considerado para esta característica mecânica no presente estudo, foi o correspondente à deformação de 1,5 mm, devido ao facto de ser o ponto de limite de elasticidade, tal como se verifica no exemplo da curva de compressão transversal do híbrido BTGB-1 (Figura 3).

Tal como esperado e habitual noutras espécies, os valores de compressão transversal são muito inferiores aos da compressão paralela. No Quadro 13 apresentam-se os valores médios de compressão transversal.

Quadro 12 – Valores médios de dureza Janka

Nome Clone	D. Janka (face radial) (MPa)	D. Janka (face tangencial) (MPa)	Classe de Dureza
GDTB-1	39,7	47,6	Media / Branda
GDVM	37,9	47,7	Média / Branda
BTGB-1	34,8	39,9	Média / Branda
TTGD	52,5	55,5	Alta / Mod. dura
BTGB-2	27,7	35,2	Baixa / Muito branda
BTGB-3	35,4	37,8	Média / Branda
GDGB	26,3	33,4	Baixa / Muito branda
GDTB-2	28,0	32,6	Baixa / Muito branda
GB	31,8	41,9	Média / Branda

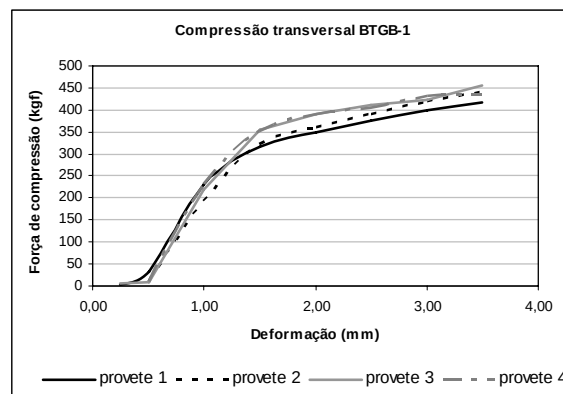


Figura 3 – Representação gráfica de um ensaio tipo de compressão transversal

Quadro 13 – Valores da tensão de compressão transversal

Nome Clone	Compressão Transversal Média (MPa)	Desvio Padrão
GDTB-1	6,86	0,73
GDVM	10,22	1,07
BTGB-1	8,38	0,11
TTGD	7,45	1,33
BTGB-2	6,57	1,62
BTGB-3	13,11	4,07
GDGB	8,09	0,57
GDTB-2	8,33	1,00
GB	6,95	1,37

BTGB-3 atingiram valores de tensão de compressão transversal superiores a 10 MPa. Os clones dos híbridos BTGB-1, GDGB e GDTB-2 obtiveram valores na ordem dos 8 MPa, e os clones GDTB-1, TTGD, BTGB-2 e GB apresentaram os valores mais baixos. Segundo TSOUKIS, 1991, as madeiras podem apresentar valores de tensão de compressão transversal entre 1 a 20 MPa, podendo afirmar-se que os vários clones expressam moderada resistência à compressão transversal. Para o pinho bravo os valores médios de compressão transversal estão entre 12 e 18 MPa (CARVALHO, 1997). O valor relativa-

Os clones dos híbridos GDVM e

mente baixo encontrado para os clones de eucalipto explica-se em grande parte por se tratar de madeira muito jovem.

Resumo dos ensaios e relacionamento entre propriedades

Seguidamente apresenta-se um quadro resumo das várias propriedades

de cada clone híbrido e do clone de *E. globulus* estudados (Quadro 14).

De referir que, da apreciação global, é notória a diferença de propriedades entre as variedades estudadas.

Na Figura 4 é possível verificar que a maioria das propriedades apresenta uma razoável correlação com a massa volúmica.

Quadro 14 – Resumo de propriedades físicas e mecânicas dos vários clones

Nome Clone	Massa Volúmica (kg.m ⁻³)	Retracção T/R (%)	Compressão Paralela (MPa)	Módulo de Elasticidade (E em MPa)	Dureza Janka Radial (MPa)	Compressão Transversal (MPa)
GDTB-1	712	18,2 / 6,4	43,71	10 909	39,7	6,86
GDVM	753	10,0 / 5,5	53,86	15 718	37,9	10,22
BTGB-1	638	7,9 / 5,0	37,71	12 702	34,8	8,38
TTGD	715	9,6 / 6,3	48,87	12 741	52,5	7,45
BTGB-2	609	13,8 / 4,6	44,29	9 330	27,7	6,57
BTGB-3	691	20,2 / 5,0	38,60	6 707	35,4	13,11
GDGB	606	8,1 / 4,2	48,48	13 533	26,3	8,09
GDTB-2	635	7,1 / 4,7	48,47	13 632	28,0	8,33
GB	650	12,9 / 6,4	53,64	13 466	31,8	6,95

Legenda: T - tangencial; R - radial

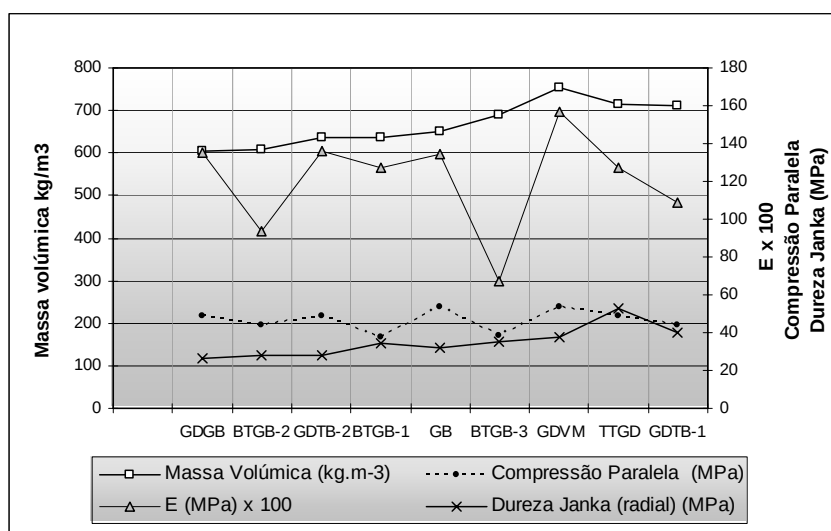


Figura 4 - Resumo e correlação de propriedades

Entre a dureza e a compressão paralela e entre o módulo de elasticidade e a massa volúmica existe alguma correlação, mas com acentuados desvios (clone BTGB-3), devido à presença de defeitos (fendas visíveis e não visíveis), que perturbam mais as propriedades de grandes superfícies do que a dureza que incide sobre uma área reduzida. Pelas mesmas razões anteriores, o módulo de elasticidade apresenta grandes variações, que estão mais relacionadas com a qualidade do que com a massa volúmica.

Discussão dos resultados

Das diferentes variedades de madeira estudadas, pôde concluir-se que existiam notórias diferenças de propriedades entre elas. As diferenças de massa volúmica e de propriedades físicas e mecânicas dos diferentes espécimes estudados, não são, só por si, decisivas para uma avaliação quanto ao seu potencial industrial para utilizações como madeira maciça. A apreciação global do interesse industrial a aplicações necessita também do conhecimento das propriedades tecnológicas e da consideração dos aspectos decorativos.

As propriedades tecnológicas indicam a maior ou menor facilidade nas operações do processo de transformação como sejam o corte com ferramentas, a secagem, a colagem e o recebimento de produtos de acabamento. Estas operações dependem da maior ou menor incidência de defeitos de origem e características anatómicas intrínsecas que potenciam o aparecimento de defeitos no próprio processo de transformação, como são como melhor exemplo, as fendas de secagem, os empenos e o colapso.

O aspecto decorativo constitui um factor importante da escolha das madeiras para utilizações nobres, mas trata-se de uma avaliação com elevado grau de subjectividade e sujeito a variações de preferência ao longo do tempo, no entanto pode considerar-se como consensual valorizar a regularidade de variação ou homogeneidade de cor, o desenho harmonioso do veio e a ausência de manchas.

O processo de transformação mecânica propriamente dito em madeira verde, nomeadamente o corte longitudinal e transversal das pranchas, não se revelou problemático em nenhuma das variedades estudadas, sem necessidade de descasque prévio. A casca solta-se com facilidade em verde, mesmo pelo simples manuseamento das pranchas.

Quanto a factores distintivos das variedades estudadas e tendo em conta os resultados dos ensaios e à luz dos critérios anteriormente descritos, os diferentes clones foram agrupados em três categorias:

- a) Os que revelaram os melhores comportamentos;
- b) Os que se consideraram numa qualidade intermédia;
- c) Os que revelaram os piores comportamentos e qualidade.

Na melhor categoria incluíram-se os clones GDGB e GB, em que o primeiro destes se destacou pelo melhor comportamento no que diz respeito a menores empenos, menores fendas e menor colapso. Este clone GDGB aparenta, além do que já foi dito, elevado valor estético devido à homogeneidade da cor e do veio, facilidade de laboração, boa resistência mecânica e leveza,

características que tenderão a ser potenciadas com o aumento da idade da árvore.

Em termos de utilizações preferenciais, estes dois clones revelaram boas potencialidades para estruturas maciças, mobiliário, pavimentos de vários tipos, folheados e contraplacados.

As variedades GDTB-2, GDVM, e GDTB-1 situaram-se numa categoria intermédia, em que a incidência de defeitos foi mais acentuada do que os da melhor categoria, embora ainda se encontrassem razoáveis propriedades mecânicas. O clone GDTB-2 apresentou as mesmas características e consequentemente a mesma potencialidade em termos de utilização que os clones de melhor qualidade, no entanto, revelou maior tendência para empenos, pelo que em utilizações de componentes de elevado comprimento deverá ser aplicado apenas após prévia reclassificação. Para os clones de híbridos GDVM e GDTB-1, a utilização mais indicada será a de pavimentos formados por elementos de pequenas dimensões e de componentes estruturais colados.

Na pior categoria incluíram-se as variedades TTGD, BTGB-2, BTGB-1 e BTGB-3. As duas primeiras variedades, para além de apresentarem colapso forte, apresentaram inúmeras fendas internas que retiram completamente o valor qualitativo e prejudicam de forma decisiva a resistência da madeira. Pela elevada incidência de defeitos fortes e elevada retracção só poderão ser utilizados em aplicações com mínima exigência de qualidade e em peças de pequena dimensão, embalagens sem retorno, etc.

A conjugação entre espécies parece determinar as marcadas diferenças entre os híbridos, como sejam: da espécie *E.*

grandis para o melhor e intermédios; e da espécie *E. botryoides* para os piores exemplares. Esta importante informação carece de confirmação em estudos posteriores quando os híbridos atingirem a idade óptima de abate para produção de madeira maciça, que deverá situar-se por volta dos 18 a 20 anos.

Considerações finais e perspectivas futuras

Do presente estudo destacaram-se o excelente comportamento físico, mecânico e tecnológico dos clones GDGB e GB. Os clones dos híbridos GDVM, GDTB-2 e GDTB-1 revelaram incidência moderada de defeitos tendo sido classificados, em termos de qualidade, numa categoria intermédia. Os clones dos híbridos BTGB-1, TTGD, BTGB-2 e BTGB-3 apresentaram as piores características pela elevada incidência de defeitos fortes e elevada retracção.

As madeiras estudadas são extremamente jovens, sendo conhecido que nestas fases de desenvolvimento há ainda muita influência do lenho juvenil, há pouco cerne formado e a presença de defeitos como nós e tensões de crescimento é mais acentuada. A maior probabilidade é que uma mesma árvore melhore a qualidade da madeira oferecida para transformação à medida que tenha uma idade mais avançada.

A utilização dos clones dos híbridos de eucalipto, considerados no presente estudo como espécies com características excepcionais para utilização como madeira maciça, poderá ser a solução para aumentar a rentabilidade económica da nossa floresta. A esta sugestão pode aliar-se um enorme leque de vantagens, tais como a captação de carbono, devido à finalidade da madeira

produzida para utilizações de longa duração.

A nível ambiental todas as utilizações de produtos de origem florestal com valor comercial contribuem para uma rentabilização de todos os processos ligados à reflorestação, protecção contra incêndios, economias locais, etc..

Bibliografia

ASTM D143: 1986. Standard Methods of Testing – Small clear specimens of timber.
 BS 373: 1957. Methods of testing small clear specimens of timber.
 CARVALHO, A., 1970. *Técnica de Secagem de Madeira ao Ar*. Instituto Nacional de Investigação Industrial, 257 pp.
 CARVALHO, A., 1996. *Madeiras Portuguesas. Estrutura Anatómica, Propriedades, Utilizações*. Vol. I, Instituto Florestal, 340 pp.
 CARVALHO, A., 1997. *Madeiras Portuguesas. Estrutura Anatómica, Propriedades, Utilizações*. Vol. II, Direcção Geral das Florestas, 415 pp.
 Catálogo do Secador CAT HILD, 1986.
 CRUZ, H., RODRIGUES, M., 1997. Humidade da Madeira. *Ficha LNEC M 9.8*.

EN 408: 2003. Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties.
 JOLY, P., MORE-CHEVALIER, F., 1980. *Théorie, Pratique & Économie du Sécage des Bois*. Editions H. Vial, 204 pp.
 MELO, J., 1999. *Secagem de Madeiras. Teoria e Prática de Secagem Artificial de Madeiras*. Estação Florestal Nacional, 382 pp.
 NP 615: 1973. Madeiras – Determinação da retracção.
 NP 616: 1973. Madeiras – Determinação da massa volúmica.
 NP 618: 1973. Madeiras – Ensaio de compressão axial.
 SANTOS, J.A., REIMÃO, D., CARVALHO, J., SANTOS, J., 2005. Madeira. In O Carvalho Negral. Ed. J. Carvalho, UTAD, Vila Real.
 SANTOS, A., PINHO A.C.M., 2004. New Advances for the Application of Eucalyptus as a Structural Wood. *Silva Lusitana* **12** (1): 43-50.
 TSOUKAS, G., 1991. *Science and Technology of Wood. Structure, Properties, Utilization*. Van Nostrand Reinhold, 494 pp.

Entregue para publicação em Dezembro de 2006
Aceite para publicação em Outubro de 2007