

MARIA ODETE ALVES DE SOUZA

**MADEIRA DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla*  
S.T. Blake VISANDO SEU USO NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S729m  
2007

Souza, Maria Odete Alves de, 1982-

Madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e  
*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake visando seu uso na  
indústria moveleira / Maria Odete Alves de Souza.

– Viçosa, MG , 2007.

xvii, 91f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: José de Castro Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 86-90

1. Indústria de móveis. 2. Madeira - Produtos. 3. Eucalipto.  
4. Madeira - Testes. I. Universidade Federal de Viçosa.  
II. Título.

CDO adapt. CDD 634.98361

MARIA ODETE ALVES DE SOUZA

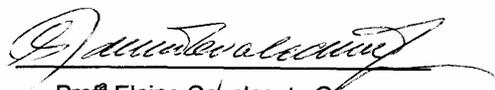
**MADEIRA DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla*  
S.T. Blake VISANDO SEU USO NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2007.



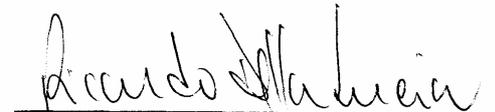
Prof. Luciano José Minette  
(Co-Orientador)



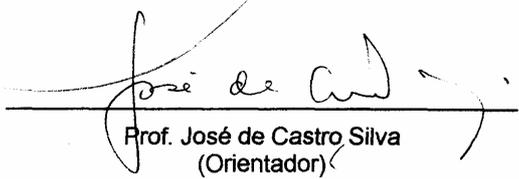
Prof. Elaine Cavalcante Gomes  
(Co-Orientador)



Prof. Angélica de Cássia O. Carneiro



Prof. Ricardo Marius Della Lucia



Prof. José de Castro Silva  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pela vida, pela força para superar todos os obstáculos e por sempre me indicar os caminhos certos a serem seguidos.

À Universidade Federal de Viçosa, pela minha formação profissional e pela oportunidade de complementar meus estudos no programa de pós-graduação em Ciência Florestal.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

Ao SENAI-UBÁ pela ajuda e pelo espaço para realização dos ensaios, principalmente aos funcionários, Eng. Tarcísio Gomes e Willian.

À Companhia Mineira de Metais – CMM – por ceder o material necessário à realização desta pesquisa.

À minha família, principalmente, aos meus pais, pelo carinho e compreensão.

Ao Sady, pelo carinho, ajuda e paciência nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. José de Castro Silva, meu orientador e amigo, pela condução desta pesquisa e pela confiança depositada em meu trabalho.

Aos conselheiros Prof<sup>a</sup> Elaine Cavalcante Gomes e Prof. Luciano José Minette, pela amizade, confiança, incentivos e dedicação.

Aos professores do DEF, principalmente, Prof. Ricardo Marius Della Lucia, Prof. Benedito Rocha Vital e Prof<sup>a</sup> Angélica de Cássia Oliveira Carneiro, pela amizade, ensinamentos e conselhos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, principalmente, Frederico e Chiquinho.

Aos técnicos do Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM) e do Setor de Marcenaria da UFV, Joel Stanciola, Osvaldo Ladeira de Freitas, Gilberto da Silva Lana, Eli Braz Moreira (Seu Fumo), João Maria Emídio (João do Burro) e, principalmente, Fabiano A. A. Moreira (Cigarrinho), pela ajuda durante o desdobro das toras e preparação das amostras da madeira.

Aos meus professores de graduação do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, principalmente, Aline Werneck, Luiz Fernando Reis, Antônio Tibiriçá e Paulo Tadeu, pela amizade e exemplo como pessoas e profissionais.

Aos meus amigos da graduação que sempre me acompanharam, Clá, Jú, Élen, Alyne, Rafael, Vanessa, Cínthia, Doida, Daniel, Alexandra e Tagi.

E as minhas queridas amigas de república, Élen, Fabiane, Flávia, Débora, Raíra, principalmente, Fê, Deyse, Catarina, Candinha, Fernanda Morena, Fernanda Branca e Lucía, que me ensinaram como a convivência pode criar uma amizade verdadeira para toda vida.

Ao nosso querido grupo de almoço, responsável por maravilhosos momentos preciosos de alegria, desconcentração e amizade.

As amigades conquistadas na pós-graduação em Ciência Florestal, principalmente, Wescley Viana, Juliana Oliveira, Carla Cabral, Graziela Vidaurre, Pablo Lopes, Rafael Naumann, Zaíra Mendonza, Andréia Colli e Brígida Teixeira, pelo convívio sempre harmonioso.

Aos amigos e funcionários da Divisão de Projetos e Obras – UFV, principalmente, Eng. Rômulo Freitas, Márcio e Marcelo Santos.

Aos amigos, Júlia, Samuel e Taís, pela amizade e acolhida com tanto carinho em Ubá.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão de mais essa etapa da minha vida: MUITO OBRIGADO!

## **BIOGRAFIA**

MARIA ODETE ALVES DE SOUZA, filha de José Joelson Henriques de Souza e Lúcia Maria Alves de Souza, nasceu em 23 de julho de 1982, na cidade do Rio de Janeiro.

Em 1992, concluiu o ensino básico na Escola Nossa Senhora Aparecida. Em 1996, concluiu o ensino fundamental no Colégio Santo Antônio; em 1999, terminou o ensino médio no Colégio Rui Barbosa, todos no município de Três Rios - RJ.

Em março de 2000, ingressou no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, formando-se em 28 de janeiro de 2005.

Em 28 de fevereiro de 2005, iniciou o Programa de Pós-Graduação da UFV, em nível de mestrado, em Ciência Florestal, na área de Tecnologia da Madeira, submetendo-se à defesa de dissertação em 28 de fevereiro 2007.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE QUADROS .....	xii
RESUMO .....	xiv
ABSTRACT .....	xvi
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. OBJETIVO GERAL .....	4
3. REVISÃO GERAL DE LITERATURA.....	5
3.1. A indústria moveleira no Brasil.....	5
3.2. O eucalipto como matéria-prima para indústria moveleira .....	10
3.2.1. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh .....	12
3.2.2. <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake.....	13
4. METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO.....	14
4.1. Localização e descrição do local do plantio.....	14
4.2. Amostragem, desdobro das toras e medições realizadas.....	15
4.3. Preparação das amostras .....	16
CAPÍTULO 1 .....	18
AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO ( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh E <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake) EM ENSAIOS DE USINAGEM, VISANDO AO USO NA INDÚSTRIA MOVELEIRA .....	18
1. INTRODUÇÃO.....	18

	<b>Página</b>
2. OBJETIVO .....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Corte paralelo às fibras .....	23
3.2. Corte transversal às fibras .....	23
3.3. Fresagem.....	24
3.4. Aplainamento .....	24
3.5. Furação.....	25
3.6. Furação para espiga .....	26
3.7. Furação para cavilha.....	26
3.8. Moldura .....	27
3.9. Avaliação .....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1. Corte paralelo às fibras .....	29
4.2. Corte transversal às fibras .....	31
4.3. Fresagem.....	32
4.4. Aplainamento .....	33
4.5. Furação.....	34
4.6. Furação para espiga .....	36
4.7. Furação para cavilha.....	37
4.8. Moldura .....	38
5. CONCLUSÕES .....	41
CAPÍTULO 2.....	42
APLICAÇÃO DE ACABAMENTOS SUPERFICIAIS EM CLONES DE EUCALIPTO ( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh e <i>Eucalyptus</i> <i>urophylla</i> S.T. Blake), VISANDO O USO NA INDÚSTRIA MOVELEIRA.....	42
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. OBJETIVO .....	46
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	51
4.1. Aplicação de verniz nitrocelulose.....	51
4.2. Aplicação de verniz poliuretano (PU).....	53
4.3. Aplicação de tingidor complementado com verniz poliuretano	54
4.4. Aplicação de cera de carnaúba.....	55
5. CONCLUSÕES .....	58

	<b>Página</b>
CAPÍTULO 3.....	59
AVALIAÇÃO DO <i>DESIGN</i> E ERGONOMIA EM CADEIRAS CONFECCIONADAS COM MADEIRA DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh E <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake .....	59
1. INTRODUÇÃO.....	59
1.1. Metodologias de projeto.....	63
1.2. Desenvolvimento do produto.....	64
2. OBJETIVO .....	66
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	67
3.1. Metodologia de desenvolvimento de produtos.....	68
3.1.1. Definição do produto .....	68
3.1.2. Coleta e análise das informações .....	68
3.1.3. Geração de alternativas .....	68
3.1.4. Definição das melhores alternativas .....	69
3.1.5. Execução do protótipo .....	69
3.2. Avaliação ergonômica dos produtos .....	70
3.2.1. Elaboração do questionário.....	71
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	72
4.1. Resultado do processo de <i>design</i> .....	72
4.2. Avaliação ergonômica dos protótipos .....	74
4.2.1. Avaliação ergonômica do Modelo 1 .....	74
4.2.2. Avaliação ergonômica do Modelo 2 .....	76
5. CONCLUSÕES.....	82
5. CONCLUSÕES GERAIS .....	83
6. RECOMENDAÇÕES.....	85
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
8. ANEXO .....	91

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Página</b>
<b>METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO</b>		
1	Localização dos municípios no estado de Minas Gerais ....	15
2	Esquema de retirada das amostras ao longo do fuste.....	16
<b>CAPÍTULO 1</b>		
1	Ensaio de usinagem: CPAR (corte paralelo), CTRS (corte transversal), FRES (fresagem), APLN (aplainamento), FURÇ (furação), FESP (furação p/espiga), FCAV (furação p/cavilha), MOLD (moldura).....	22
2 e 3	Serra circular de carrinho e serra circular de 48 dentes .....	23
4 e 5	Amostras cortadas no sentido transversal às fibras .....	23
6 e 7	Molde curvo e realização da fresagem na tupa de mesa...	24
8 e 9	Aplainamento no sentido a favor e contrário às fibras.....	25
10 e 11	Broca chata e furação com as brocas helicoidais.....	25
12 e 13	Furação para espiga e peças usinadas.....	26
14 e 15	Furação para cavilha e peças usinadas .....	26

	<b>Página</b>
16 e 17	Confecção do gabarito e realização do teste de moldura . 27
18	Comportamento da madeira dos clones <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de corte paralelo às fibras..... 30
19	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de corte transversal às fibras ..... 31
20	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de fresagem ..... 33
21	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio aplainamento..... 34
22	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de furação ..... 35
23	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de furação para espiga ..... 37
24	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de furação para cavilha..... 38
25	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de moldura ..... 39
26	Valores médios do Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> nos ensaios de usinagem ..... 40

## CAPÍTULO 2

1 e 2	Tratamento 1 e Tratamento 2..... 47
3 e 4	Tratamento 3 e Tratamento 4..... 48
5 e 6	Amostras ensaiadas pelo método de corte em grade e detalhe área avaliada formada por esse método ..... 49

7	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de aderência.....	52
8	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de aderência.....	54
9	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de aderência.....	55
10	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> no ensaio de aderência.....	56
11	Comportamento da madeira de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus camaldulensis</i> na aplicação de diferentes acabamentos superficiais .....	57
<b>CAPÍTULO 3</b>		
1 e 2	Maquetes processuais.....	69
3 e 4	Vista dos protótipos do Modelo 2 (Assento 3 e Assento 4), diferentes inclinações do encosto .....	72
5	Projeto executivo do Assento 3, correspondente ao Modelo 1.....	73
6	Detalhamentos das peças para execução.....	73
7	Assentos avaliados: Modelo 1 (Assento 2 e Assento 1) e Modelo 2 (Assento 4 e Assento 3).....	74
8	Parâmetros avaliados de aceitação e avaliação ergonômica das cadeiras do Modelo 1.....	75
9, 10, 11	Detalhes (encostos e assentos) das cadeiras 1 e 2 do Modelo 1.....	76
12	Parâmetros avaliados de aceitação e avaliação ergonômica das cadeiras do Modelo 2.....	77
13, 14, 15	Modelo 2: vistas do encosto, assento e apóia-braços.....	78
16	Parâmetros avaliados de aceitação e avaliação ergonômica das cadeiras dos Modelos 1 e 2 .....	80

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>REVISÃO GERAL DE LITERATURA</b>	
1 Porte, número de empresas e emprego na indústria de móveis (2004).....	5
2 Evolução da participação da Indústria de Madeira e Mobiliário no PIB frente aos demais setores da indústria.....	6
3 Evolução das exportações e importações brasileiras de móveis (total geral em US\$ milhões FOB**), 1993-2002.....	7
4 Principais estados brasileiros exportadores de móveis, 1999-2001 .....	7
5 Principais características do segmento de móveis residenciais de madeira.....	8
6 Produtividade volumétrica do eucalipto em diferentes países	11
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1 Definição e classificação das notas, segundo ASTM D - 1666/87, revisada em 1994 .....	28
2 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de corte paralelo às fibras .....	29

	<b>Página</b>
3 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de corte transversal às fibras.....	31
4 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio fresagem.....	32
5 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aplainamento .....	33
6 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de furação.....	35
7 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de furação para espiga .....	36
8 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de furação para cavilha .....	37
9 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de moldura.....	39

## CAPÍTULO 2

1 Avaliação dos ensaios de aderência em função da área destacada do produto de acabamento, conforme a NBR 11003/90.....	49
2 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aderência com verniz nitrocelulose .....	52
3 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aderência com verniz poliuretano .....	53
4 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aderência com tingidor complementado com verniz poliuretano.....	54
5 Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aderência com cera de carnaúba .....	56

## CAPÍTULO 3

1 Dimensões utilizadas na confecção dos protótipos .....	67
2 Dimensões de assentos utilizados no projeto, segundo as normas NBR 13962 e NBR 14006.....	70

## RESUMO

SOUZA, Maria Odete Alves de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2007. **Madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake visando seu uso na indústria moveleira.** Orientador: José de Castro Silva. Co-Orientadores: Luciano José Minette e Elaine Cavalcante Gomes.

Este estudo teve como objetivo avaliar a potencialidade de uso da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, de seis e oito anos, e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, de 10 anos de idade, no que tange aos processos de usinagem, aplicação de acabamentos, *design*, desenvolvimento de produtos e sua avaliação ergonômica, visando ao seu uso na indústria moveleira. O material utilizado foi proveniente de plantios comerciais, cultivado em sistema de consórcio agrossilvipastoril, oriundo da Votorantim Metais Zinco S/A, do Grupo Votorantim, situada no município de Vazante, no Estado de Minas Gerais. Utilizaram-se seis árvores por clone, totalizando 18 árvores, quando se realizaram os ensaios de usinagem e aplicação de acabamentos superficiais. Avaliou-se o potencial da madeira de eucalipto, independente da espécie e idade, no desenvolvimento de produtos, *design* e ergonomia. Os resultados se mostraram satisfatórios nos diferentes ensaios de usinagem, destacando-se o clone de *Eucalyptus urophylla*, com 8 anos, apresentando grande potencial de uso da espécie na produção de móveis. Os clones apresentaram aderência satisfatória no

ensaio com produtos sintéticos, sobressaindo-se o *Eucalyptus camaldulensis* na aplicação de vernizes à base de nitrocelulose e poliuretano; observaram-se restrições quando se utilizou a cera de carnaúba, como produto natural. No desenvolvimento de assentos para uso doméstico, a aplicação de conceitos de *design* e ergonomia, aliado ao uso de normas técnicas, resultou num produto de maior valor agregado, comprovado pela avaliação pública. A madeira dos clones testados não apresentou entraves na produção de móveis, podendo perfeitamente ser utilizada como fonte de matéria-prima na indústria moveleira.

## ABSTRACT

SOUZA, Maria Odete Alves de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2007. **Wood of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh and *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake in the furniture industry.** Adviser: José de Castro Silva. Co-advisers: Luciano José Minette and Elaine Cavalcante Gomes.

This study had as its objective the evaluation of the potential of the wood of three clones of eucalypt – two of *Eucalyptus urophylla*, one of six, another of eight years of age and one of a ten years old *E. camaldulensis* – in what regards machining and finish application and the design, development and ergonomic assessment of furniture products. The material used came from a commercial plantation, where trees had been planted in association with grain and latter, with cattle. They belonged to the Companhia Mineira de Metais, a steel mill located in Vazante, State of Minas Gerais. Six trees per each clone were used for machining tests and for surface finish essays. They were also used, regardless of age and species, during the development, design and ergonomic evaluation of products. Satisfactory results were obtained during the machining tests, with special mention to the eight years old *E. urophylla* lumber, which was found to be very interesting for furniture. All three clones proved to give very good bonds to synthetic varnishes, specially *E. camaldulensis* that received polyurethane or nitrocellulosic varnishes. Carnauba was, a natural finish, on the other

hand, was never found satisfactory. When the concepts of design and ergonomics, along with technical standards were applied to a chair for domestic usage, the resulting product was considered by public evaluation as having higher aggregate value. It can be concluded that the woods tested did not show any particular difficulty for furniture production and may be safely used by these industries.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Como há crescentes restrições ambientais ao uso de madeiras nativas, novas madeiras começam a adentrar no mercado mundial. Aliando-se às novas tendências globais, tem-se estimulado o uso racional de recursos renováveis, evitando-se o desperdício e trazendo benefícios ambientais, econômicos e sociais. Na indústria moveleira, as madeiras provenientes de reflorestamento se revelam promissoras e o futuro reside no uso crescente das mesmas, uma vez que a antiga vantagem comparativa representada pelo uso da madeira de florestas nativas torna-se cada vez mais ineficaz. Assim, a indústria brasileira de móveis possui um potencial muito grande e podendo elevar a sua competitividade em relação aos principais países exportadores, pois se observa a possibilidade de uma oferta bastante elástica desta madeira, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Considerando as excepcionais condições de clima e solo brasileiro, há um crescimento muito mais rápido das florestas do que em países europeus.

As espécies desses gêneros apresentam alta produtividade, redução da idade de corte, homogeneidade de matéria-prima, custo competitivo, além da possibilidade de usos múltiplos. Logo, é cada vez maior a tendência dos centros consumidores do sul e sudeste do país se abastecerem de madeira serrada e de outros produtos sólidos, com matéria-prima oriunda de reflorestamentos localizados na própria região. Tal situação é favorecida em

função dos problemas de falta de acesso, infra-estrutura e altos custos de transporte, enfrentados pelos madeireiros do norte do País, bem como a cobrança e a vigilância dos organismos internacionais pela questão ambiental.

Sendo tradicional o uso de madeira na fabricação de móveis, em detrimento de outras matérias-primas, como o plástico e o metal, faz-se necessário aprimorar as características da madeira provenientes de reflorestamento, principalmente algumas espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, que poderão ser utilizadas, tanto na forma sólida como na forma reconstituída (painéis de compensado, aglomerado e MDF). A adequação destas características ocorre através de técnicas de plantio, melhoramentos genéticos, tratamentos silviculturais específico (desbaste e desrama), avaliação de aspectos importantes, como nós e outros defeitos superficiais, níveis de tensões de crescimento, madeira juvenil, estabilidade dimensional, resistência mecânica, trabalhabilidade, desenhos e coloração. Tratamentos especiais deverão ser aplicados à madeira nas fases de processamento primário (desdobro e secagem), bem como nas fases de usinagem e acabamento.

No que refere e às técnicas de plantio, o sistema agrossilvipastoril tem se revelado vantajoso em relação aos usos convencionais da terra, uma vez que permite maior diversidade e sustentabilidade. Ecologicamente, a coexistência de mais de uma espécie numa mesma área permite uma melhor utilização da água e dos nutrientes. Do ponto de vista agrônômico, as demandas de espaço, nutrientes e água devem ser calculadas para que não haja interferência na produção agrícola de cada cultura, possibilitando ao agricultor a obtenção de renda até que a floresta cresça e produza madeira para a comercialização.

Além das inovações quanto à obtenção da matéria-prima, novas pesquisas e investimentos devem ser direcionados no desenvolvimento de técnicas produtivas e *design* de produtos. O *design* é uma importante ferramenta, pois define padrões estéticos, sendo responsável pelo planejamento e coordenação todo o processo produtivo. Pode ser visto não somente no produto final acabado, mas em todos os fatores os quais interferem na fabricação do produto, como escolha da matéria-prima, maior

aproveitamento dos recursos disponíveis, evitando-se o desperdício tanto de material como de energia. Ressalta-se que o desenvolvimento de novos produtos deve estar associado a técnicas e normas regulamentadoras, agregando padrões de qualidade baseados em análises ergonômicas e incentivando a padronização dos produtos nos diferentes pólos moveleiros.

O Estado de Minas Gerais se destaca por possuir uma das maiores plantações de eucalipto do País e por abrigar um dos maiores pólos moveleiros localizados no município de Ubá e região. Esse pólo se caracteriza por apresentar entraves que limitam expansão do mesmo, como a falta de *design* próprio, baixa qualificação dos profissionais, baixa aceitação da madeira de eucalipto para a execução de produtos mais sofisticados. A difusão de novas tecnologias de processamento da madeira, principalmente no que tange a técnicas de usinagem, acabamentos superficiais e desenvolvimento de produtos incentivarão e ampliarão o uso dessa madeira, permitindo ao pólo maior competitividade. O conhecimento do comportamento da madeira de eucalipto permitirá ampliar o leque de opções de uso, porque se estima a existência de grande área de florestas plantadas, muitas em regime de consórcio agrosilvopastoril, localizadas na própria região de influência do pólo moveleiro.

## 2. OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a potencialidade de uso da madeira de clones de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), visando ao seu uso na indústria moveleira.

### 2.1. Objetivos específicos

- Analisar a potencialidade de uso da madeira de diferentes clones, originadas de consórcio agrosilvopastoril, pretendendo utilizá-lo na indústria moveleira.

- Realizar testes de usinagem, como os ensaios de corte paralelo e transversal às fibras, aplainamento, cópia de perfil e fresagem, furação (vazada e não vazada), furação para espiga e cavilha e moldura, segundo a norma ASTM D 1666 de 1987, revisada em 1994.

- Efetuar testes de aplicação de acabamentos superficiais com o uso de diferentes produtos, naturais e sintéticos, segundo a norma ABNT NBR-11003 de 1990.

- Desenvolver dois modelos distintos de cadeiras com aplicação dos conceitos de *design*, segundo as normas da ABNT NBR 13962 e NBR 14006 ambas de 2003.

- Avaliar ergonomicamente esses produtos, analisando o desempenho e performance em uso.

### 3. REVISÃO GERAL DE LITERATURA

#### 3.1. A indústria moveleira no Brasil

A indústria moveleira, no Brasil, é relativamente recente e se consolidou como indústria, a partir de 1940. É constituída, predominantemente, por micro e pequenas empresas, consideradas familiares, tradicionais, de capital nacional e grande absorvedora de mão-de-obra. Essas empresas representam 94% do total de estabelecimentos registrados e 69% da geração de empregos. A Tabela 1 ilustra o porte e o número de empresas, bem como o número de empregos gerados pela indústria de móveis, segundo Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho - RAIS/MTb (2004).

Tabela 1 – Porte, número de empresas e emprego na indústria de móveis (2004)

<b>Porte das Empresas</b>	<b>Nº de Empresas</b>	<b>Participação (%)</b>	<b>Nº de Empregados</b>	<b>Nº de Empregos</b>	<b>Participação (%)</b>
Grande	299	1,90	Acima de 500	5.964	3,60
Média	376	2,35	100 a 499	45.357	27,10
Pequena	3.392	21,19	20 a 99	57.565	34,40
Micro	12.045	74,57	0 a 19	82.557	35,00
<b>Total</b>	<b>16.112</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>191.443</b>	<b>100,00</b>

Fonte: RAIS/MTb (2004).

O setor possui uma pequena participação na formação do produto interno bruto nacional, de forma semelhante ao setor moveleiro internacional, embora seja intensivo na utilização de mão-de-obra. Em 1998, a participação no PIB foi pequena (0,68%), no entanto o setor se mostrou extremamente relevante na geração de empregos (6,8% sobre a ocupação total da indústria, representando 803.300 dos empregos diretos). Na Tabela 2, observa-se a evolução da participação no PIB de setores da indústria, além do pessoal ocupado.

Tabela 2 - Evolução da participação da Indústria de Madeira e Mobiliário no PIB frente aos demais setores da indústria

Discriminação	Participação do PIB (%)			Pessoal Ocupado	Participação sobre ocupação na Indústria (%)
	1998	1999	2000	2000*	
Indústria	34,62	35,6	37,52	12.495.100	100,0
Indústria da construção	10,13	9,43	9,12	4.075.300	32,6
Extrativa mineral	0,63	1,54	2,51	236.700	1,9
Serv. ind. utilidade pública	3,18	3,36	3,52	204.700	1,6
Ind. de transformação	20,68	21,27	22,37	7.978.400	63,9
Ind. eletroeletrônico	1,29	1,01	1,02	215.800	1,7
Ind. química*	4,43	4,8	5,09	265.800	2,1
Ind. têxtil e de confecções	1,02	0,98	0,91	1.772.900	14,2
Ind. couro e calçados	0,24	0,29	0,24	364.700	2,9
<b>Indústria de madeira e mobiliário</b>	<b>0,68</b>	<b>0,79</b>	<b>0,73</b>	<b>851.900</b>	<b>6,8</b>
Ind. automotiva	1,56	1,38	1,67	299.300	2,4
Outros set. da ind. de transformação	11,46	12,02	12,71	4.208.000	33,7

\* Valor estimado.

Fonte: IBGE – MDIC/SPI.

As exportações brasileiras de móveis cresceram, significativamente, nas últimas décadas. Os maiores mercados consumidores do Brasil foram os países integrantes da Comunidade Européia, respondendo por 50%, EUA, com 17%, e o MERCOSUL, com 15% (IEL-MG, 2002). Na Tabela 3, apresenta-se a evolução das exportações e importações nacionais de móveis, entre 1993 e 2002, com as respectivas taxas de crescimento. Observou-se, nesse período, que a balança comercial de móveis obteve um saldo positivo. As importações apresentaram uma participação muito pequena, visto que o consumo nacional de móveis é suprido, quase integralmente, pelo mercado interno.

Tabela 3 – Evolução das exportações e importações brasileiras de móveis (total geral em US\$ milhões FOB\*\*), 1993-2002\*

Ano	Exportações	Tx. Cres.	Importações	Tx. Cresc.	Saldo BC
1993	266.069.681	Nd	25.620.793	Nd	240.448.888
1994	293.545.956	10,34%	40.616.200	59,00%	252.929.756
1995	336.558.513	14,63%	86.108.605	112,00%	250.449.908
1996	351.324.802	4,39%	112.596.881	30,76%	238.727.921
1997	366.331.006	11,17%	171.826.655	52,60%	194.504.351
1998	338.081.212	-7,71%	177.840.583	3,50%	160.240.629
1999	385.202.520	13,94%	135.082.561	-31,65%	250.119.959
2000	488.828.309	26,90%	111.910.141	-17,04%	376.918.168
2001	483.524.924	-1,08%	103.561.332	-7,46%	379.963.592
2002*	488.195.697	0,97%	78.820.969	-23,89%	409.374.728

\* Valor estimado.

Fonte: SECEX/ABIMÓVEL (2003).

As exportações do setor moveleiro nacional cresceram 83%, destacando-se os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Com um aumento de 78% em suas exportações, o estado de Minas Gerais ampliou a participação nas exportações, como se observa na Tabela 4. Os principais produtos exportados são: sala de jantar, sala de estar e cozinhas (33%) e dormitórios (32%).

Tabela 4 – Principais estados brasileiros exportadores de móveis, 1999-2001

Estado	1999		2000		2001	
	FOB US\$	%	FOB US\$	%	FOB US\$	%
SC	191.730.940	49,8	223.615.562	45,75	226.469.812	46,84
RS	118.777.814	30,8	158.650.876	32,46	151.032.818	31,24
PR	31.619.856	8,21	46.024.812	9,42	42.456.744	8,78
SP	30.360.992	7,88	43.248.293	8,85	39.608.587	8,19
MG	6.223.419	1,62	9.352.625	1,91	11.111.952	2,30
PA	2.212.400	0,57	2.831.605	0,58	1.534.641	0,32
RJ	985.983	0,26	1.092.232	0,22	1.370.438	0,28
Outros	3.281.116	0,85	4.012.304	0,81	9.912.261	2,05
<b>Total</b>	<b>385.202.520</b>	<b>100</b>	<b>488.828.309</b>	<b>100</b>	<b>483.524.924</b>	<b>100</b>

Fonte: SECEX/ABIMÓVEL (2003).

Em relação à produção, o setor se caracteriza pela reunião de vários processos produtivos, envolvendo diferentes matérias-primas e uma diversidade de produtos finais, de forma bastante pulverizada. Percebe-se a

utilização, predominantemente, de madeira como matéria-prima. De acordo com Alves (2006), os móveis de madeira (incluindo vime e junco) correspondem a 91% dos estabelecimentos, 83% do pessoal ocupado e 72% do valor da produção. São utilizados, também, em menor escala, o metal, vidro e plástico. A madeira é utilizada, tanto na forma sólida, principalmente na produção de móveis torneados, como na forma de painéis de madeira reconstituída, como o MDF e aglomerado, utilizados na produção de móveis retilíneos. Na Tabela 5, notam-se as principais características do segmento de móveis de madeira para residência.

Tabela 5 – Principais características do segmento de móveis residenciais de madeira

<b>Tipo de Móvel</b>	<b>Produção</b>	<b>Matéria-Prima Predominante</b>	<b>Porte das Empresas</b>	<b>Principal Mercado Consumidor</b>	<b>Grau de Tecnologia</b>
Torneado	Seriada	Madeira de reflorestamento (pinus)	Média e grandes	Exportação	Alto
	Sob encomenda	Madeira de lei (folhosas)	Micro e pequenas	Mercado nacional, (classes média e alta)	Baixo, quase artesanal
Retilíneo	Seriada	Aglomerado e MDF	Médias e grandes	Mercado nacional (classes média e baixa)	Alto
	Sob encomenda	Compensado, aglomerado e MDF	Micro e pequenas	Mercado nacional, (classes média e baixa)	Médio

Fonte: Gorini (1998), *apud* em Silva (2006).

No segmento de móveis populares, o Brasil é altamente competitivo, já que há disponibilidade de matéria-prima e energia, além do baixo custo da mão-de-obra e qualidade final dos produtos. Segundo Alves (2006), em relação à linha de produtos, percebe-se a predominância dos móveis residenciais em todos os pólos moveleiros, com destaque para a produção de dormitórios, armários e racks.

Segundo Gorini (2006), a realidade da indústria moveleira no Brasil vem mudando lentamente para aumentar a competitividade, apesar da incipiente difusão de tecnologia de ponta e grande verticalização da

produção nacional, contrastando com o padrão internacional. A informalidade, também, é um fator que gera ineficiências em toda a cadeia produtiva, dificultando, por exemplo, a introdução de normas técnicas as quais atuariam na padronização dos produtos acabados, bem como dos seus componentes intermediários. Em muitos países europeus, como a Itália, muitas empresas (pequenas e médias) atuam na fabricação de componentes, enquanto as empresas maiores se ocupam da montagem dos produtos, horizontalizando a produção.

No Brasil, os investimentos em *design* são poucos, com raras exceções, os móveis são cópias modificadas de modelos que são oferecidos no mercado mundial. Em geral, as empresas possuem um departamento de protótipos que dá corpo aos modelos copiados. Os maiores gastos em *design*, para maioria dos fabricantes de móveis para escritório, foram na aquisição de projetos estrangeiros e adaptação deles ao mercado local.

Outro fator relevante de competitividade do setor moveleiro se refere à utilização de matérias-primas. O setor nacional sempre levou vantagem comparativa porque há uma abundante oferta de madeiras das florestas nativas. A legislação ambiental e as restrições internacionais ao comércio dessas madeiras, entretanto, vêm impondo limites a essa vantagem do setor no Brasil (COUTINHO *et al.*, 2002). Seguindo a tendência mundial, observa-se a utilização de madeiras oriundas de reflorestamento, como o pinus e o eucalipto, na produção moveleira.

Segundo ABIMÓVEL (2005), as principais tendências internacionais da indústria moveleira, considerando a estrutura produtiva, comercialização de produtos e de matérias-primas, são:

a) Aumento da flexibilização da produção por meio de duas frentes principais:

- especialização na produção de componentes e introdução de equipamentos de base microeletrônica;

- utilização de novas técnicas de gestão empresarial, gerando incrementos na produtividade e ampliando o número de produtos por planta.

b) Substituição das madeiras nativas por madeiras de reflorestamento e painéis reconstituídos (MDF e aglomerado).

c) Uso de produtos de acabamento de baixo impacto ambiental, à base d'água ou com adequado teor de sólidos, bem como reduzida porcentagem de resíduos.

d) Fabricação dos móveis dos tipos “pronto para montar” (*ready-to-assemble-RTA*) e “faça você mesmo” (*do-it-yourself* - DIY), eliminando a figura do montador e permitindo a pronta entrega.

e) Alteração na estrutura de comercialização, com a concentração da rede varejista como ocorre, principalmente, nos Estados Unidos e alguns países da Europa.

### **3.2. O eucalipto como matéria-prima para indústria moveleira**

De acordo com Silva (2002a), a grande experiência silvicultural brasileira, na produção de madeira serrada de eucalipto, resume-se na produção de florestas jovens, de ciclo curto e de rápido crescimento. A maioria dos plantios disponíveis foi projetada para a utilização na produção de celulose, carvão vegetal e de chapas e, ainda, não possui a madeira ideal para a indústria moveleira. Em vista da falta de controle da matéria-prima e dos parâmetros dependentes do processamento, as experiências, na área de serraria, têm-se mostrado muito restritas, quanto à possibilidade de suas extrapolações. Esse quadro tem grandes possibilidades de reversão na medida em que se romperem alguns preconceitos e se aprofundarem os estudos sobre as inúmeras alternativas de uso múltiplo, principalmente na indústria moveleira e construção civil.

Não obstante o substancial avanço tecnológico observado nos últimos anos (pois houve utilização da madeira para fins mais “nobres” - como na produção de móveis e esquadrias), o setor enfrenta dificuldades em todos os segmentos dessa atividade. Carece, portanto, de uma melhor adaptação da tecnologia de produção (melhoramento genético e práticas silviculturais adequadas), passando pela tecnologia de processamento (técnicas de colheita, de desdobro e secagem) até atingir a fase de utilização (acabamento e *design*), enfrentando problemas de comercialização e aproveitamento de seus subprodutos.

As espécies do gênero *Eucalyptus* se comportam como árvores de múltipla utilização, apresentando, além da alta produtividade, capacidade de rebrota, copa relativamente rala, permitindo a penetração de luz. Mediante o controle adequado da densidade e plantio de eucalipto, pode-se obter um retorno econômico significativo, através do consórcio com culturas agrícolas (SILVA, 2001). Segundo Silva (2004), o sistema agroflorestal ou agrossilvicultural apresenta grandes vantagens em relação aos sistemas convencionais de uso da terra, permitindo maior diversidade e sustentabilidade. Ecologicamente, a coexistência de mais de uma espécie numa mesma área permite uma melhor utilização da água e dos nutrientes. Por conseguinte, a madeira resultante é de excelente qualidade, sem restrições de uso.

Observando as características gerais do gênero, Oliveira (2003) destaca a presença de um alburno delgado, com menos de 3,0 cm de espessura e coloração clara; cerne com coloração variando de amarelo a tons de pardo, pardo-avermelhado e vermelho; a madeira apresenta pouco brilho, grã direita à reversa, textura fina à média, sendo macia a moderadamente dura ao corte, cheiro e gosto indistintos; a massa específica varia desde as mais leves até as mais pesadas, com valores oscilando de 0,40 a 1,20 g/cm<sup>3</sup>.

De acordo com Silva (2005), em países tropicais, como o Brasil, as características edafoclimáticas, associadas a altos índices solarimétricos e elevadas temperaturas, possibilitam uma intensa atividade biológica, resultando em altas taxas de produtividade. A Tabela 6 apresenta a produtividade volumétrica da madeira de eucalipto em diferentes países.

Tabela 6 – Produtividade volumétrica do eucalipto em diferentes países

<b>Países</b>	<b>Produtividade (M<sup>3</sup>/Ha/Ano)</b>
Finlândia	5
Portugal	10
Estados Unidos	15
África do Sul	18
Brasil	30
Brasil (clones de eucalipto)	60

Fonte: Oliveira (1997), *apud* Silva (2005).

As indústrias de móveis e construção civil estão avaliando seriamente a possibilidade de utilização intensiva da madeira de eucalipto nos produtos e alguns resultados são bastante satisfatórios. O tratamento adequado à sua madeira é o grande segredo da versatilidade, comprovando que vários problemas podem ser contornados com a utilização correta de equipamentos e procedimentos. Há uma necessidade de esforços maiores para adequar as tecnologias de processamento e a utilização das espécies já introduzidas. Existe unanimidade entre os pesquisadores da área de que a qualidade da madeira pode ser melhorada, modificada ou ter alguns fatores minimizados ou controlados, em considerável extensão, por meio de tratamentos silviculturais e, principalmente, do melhoramento genético.

A reduzida participação da madeira de eucalipto no mercado moveleiro é creditada à baixa disponibilidade de material de qualidade no mercado e, principalmente, à desinformação e preconceito sobre o comportamento da madeira nos produtos acabados. Existe uma crença arraigada de que a madeira de eucalipto racha demasiadamente e se deforma, inviabilizando o uso da peça acabada. Tal crença se deve, em parte, à presença de certas características desfavoráveis, como elevada retratibilidade, propensão ao colapso e presença de tensões de crescimento que levam a rachaduras e empenamentos. Esse estigma é causa suficiente para desvalorização do produto. Tal opinião resulta de experiências realizadas em péssimas condições, fruto de escolha inadequada da espécie, ausência de tratamentos silviculturais especiais, utilização precoce da madeira e condições precárias de corte, secagem e usinagem.

### **3.2.1. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh**

Segundo Revista da Madeira (2003), o *Eucalyptus camaldulensis* é uma das espécies mais adequadas para zonas críticas, onde ocorrem deficiências hídricas e edáficas, situações consideradas extremamente limitantes para o desenvolvimento de outras espécies. A sua madeira pode ser utilizada para serraria, dormentes, mourões, postes, lenha e carvão. As propriedades de resistência mecânica da madeira são elevadas e apresenta baixa permeabilidade. A espécie já foi introduzida, com relativo sucesso, em

vários países e, de regra geral, apresentou o seguinte comportamento: boa adaptação em regiões com solos pobres e estação seca prolongada; moderada resistência a geadas e a inundações periódicas; a madeira é, em geral, pesada e densa, com cerne diferenciado e colorido; a regeneração, por meio da brotação de cepas, é considerada boa; o ritmo de crescimento e o rendimento volumétrico são, geralmente, inferiores, quando comparados a outras espécies convencionais.

### **3.2.2. *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**

No Brasil, o *Eucalyptus urophylla* é uma das espécies mais promissoras para a indústria moveleira, em razão de suas propriedades e grande disponibilidade imediata de florestas em idade de corte, além de apresentar uma madeira leve e de boa resistência (SENAI/CETEMO, 1998).

Segundo Oliveira (2003) a madeira de *Eucalyptus urophylla* pode ser utilizada, principalmente, para fins estruturais, na forma serrada ou roliça. Dentre outras características, as madeiras desta espécie se destacam por possuir resistência mecânica e durabilidade natural, além de algumas delas apresentarem níveis inferiores de tensões de crescimento, o que poderá, conseqüentemente, elevar substancialmente o rendimento durante as etapas de processamento primário destas madeiras.

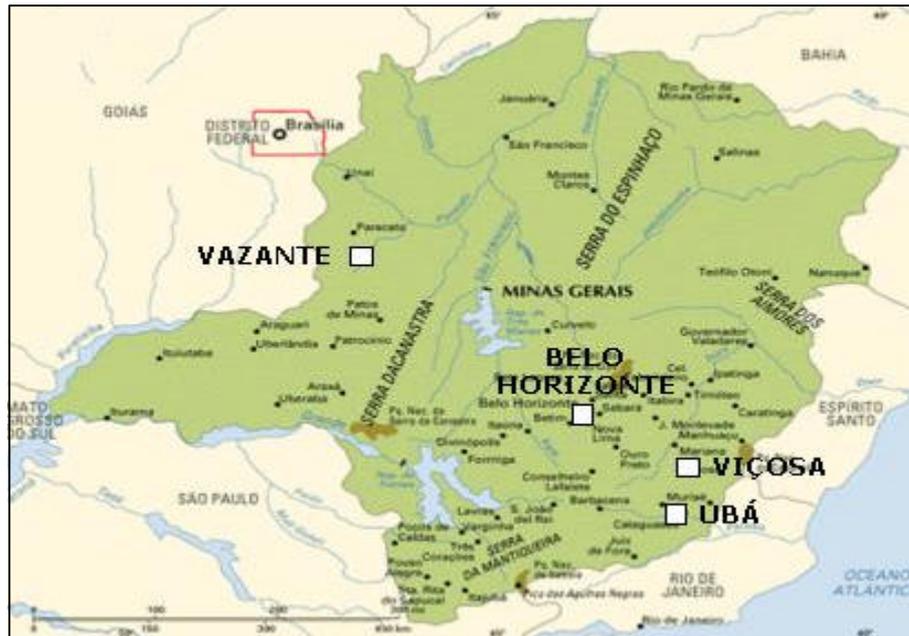
Além de ser indicada para componentes estruturais, pode ser utilizada para laminação, caixotaria, mourões, escoras, celulose e papel, chapas duras, painéis, lenha e carvão (REVISTA DA MADEIRA, 2003). No Brasil, a espécie tem sido plantada intensivamente em programas de melhoramento genético, principalmente de hibridação. O resultado tem sido satisfatório com a espécie apresentando alta plasticidade, adaptando-se a solos hidromórficos ou fracamente arenosos, em diferentes atitudes.

## 4. METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO

### 4.1. Localização e descrição do local do plantio

As árvores utilizadas neste estudo foram provenientes de plantios comerciais de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (6 e 8 anos de idade) e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (10 anos de idade), em sistema de consórcio agrossilvipastoril, pertencente à empresa Votorantim Metais Zinco S/A, do Grupo Votorantim, localizada no município de Vazante, região noroeste do Estado de Minas Gerais (Figura 1). O local da experimentação apresenta as seguintes coordenadas: 17°36'09 "S e 46°42'42" W, numa altitude de 550 metros.

No plantio, aproveitou-se o chamado "espaçamento dinâmico", ou seja, 10 metros entre linhas e 4 metros entre plantas, conseguindo-se uma população inicial de 250 árvores por hectare. Nas fases de implantação e condução dos plantios, utilizaram-se duas desramas, sendo a primeira até a altura de 4 metros, quando as árvores estavam com 15-18 meses, e uma segunda desrama, até a altura de 6,5 metros, quando as mesmas estavam com 27-30 meses.



Fonte: disponível em: <<http://www.mxstudio.com.br>> (alterado).

Figura 1 – Localização dos municípios no estado de Minas Gerais.

#### 4.2. Amostragem, desdobro das toras e medições realizadas

Para a realização deste trabalho, aproveitam-se seis árvores por clone, totalizando 18 árvores. Após a seleção e derrubada, retirou-se uma tora de 6 metros de comprimento, por árvore, pertencente à parte basal, que foi utilizada nos ensaios de caracterização da madeira. Em seguida, as toras foram identificadas e transportadas para o Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), do Departamento de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

As toras foram divididas em duas seções de três metros, para facilitar as operações de desdobro na serraria (Figura 2). Na extremidade de cada seção, mediram-se os diâmetros, espessura de casca e alburno. Em seguida, as toras foram desdobradas em um engenho de serra de fita simples, utilizando-se cortes tangenciais paralelos, sendo obtidas tábuas tangenciais de 3 metros de comprimento com 3 centímetros de espessura e largura variável, todas com identificação individual. As tábuas diametrais não foram utilizadas neste trabalho.

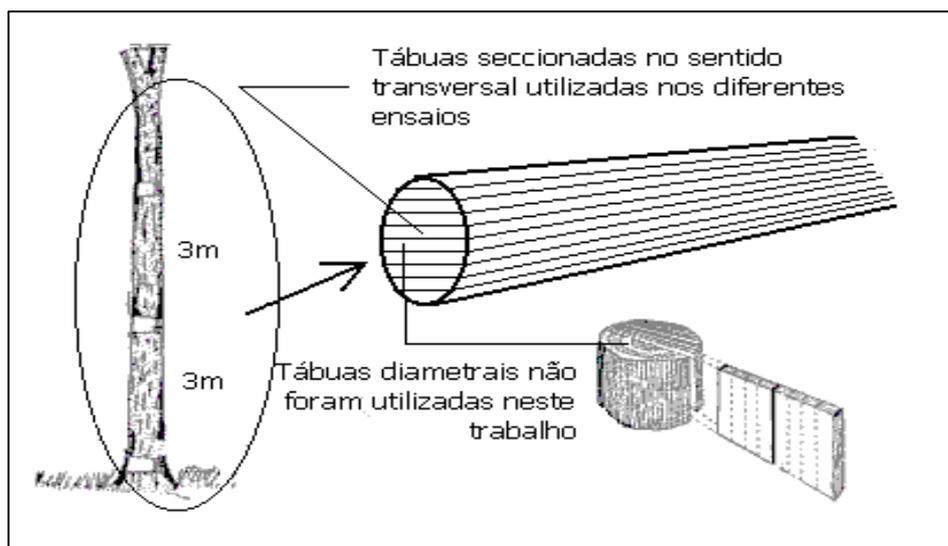


Figura 2 - Esquema de retirada das amostras ao longo do fuste.

As toras foram divididas em duas seções de três metros, para facilitar as operações de desdobro na serraria (Figura 2). Na extremidade de cada seção, mediram-se os diâmetros, espessura de casca e alburno. Em seguida, as toras foram desdobradas em um engenho de serra de fita simples, utilizando-se cortes tangenciais paralelos, sendo obtidas tábuas tangenciais de 3 metros de comprimento com 3 centímetros de espessura e largura variável, todas com identificação individual. As tábuas diametrais não foram utilizadas neste trabalho.

As tábuas foram empilhadas no pátio e colocadas para secagem natural por um período médio de quatro meses e, posteriormente, dispostas em secador industrial, para atingir um teor de umidade final de 15%. O material foi transportado para o Laboratório do SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – em Ubá, Minas Gerais, onde foram realizados os ensaios de usinagem e aplicação de acabamentos superficiais.

#### 4.3. Preparação das amostras

A preparação das amostras se baseou nos procedimentos da norma ASTM D 1666-87. Foram selecionadas quarenta tábuas por clone de 3 metros de comprimento, com pequenas variações nas dimensões de largura e espessura, pela isenção ou pouca quantidade de defeitos, como

nós, podridões, bolsas de resina e rachaduras. Posteriormente, as tábuas passaram por uma desgrossadeira, até atingirem a espessura final de 19 mm, estabelecida pela norma e seccionadas em partes de 90 cm de comprimento. O material resultante foi novamente selecionado, separando-se amostras para os ensaios de usinagem e aplicação de acabamentos superficiais.

## **CAPÍTULO 1**

### **AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) EM ENSAIOS DE USINAGEM, VISANDO AO USO NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A ausência de defeitos, integridade estrutural e trabalhabilidade são os atributos da madeira mais importantes para a fabricação de certos produtos, como móveis, instrumentos musicais e esquadrias. O termo trabalhabilidade, segundo vários pesquisadores, define o grau de facilidade em se processar a madeira com ferramentas manuais e/ou mecânicas. O objetivo da usinagem não é, somente, cortar a madeira, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e à qualidade da superfície, tão exato e econômico quanto possível.

Sinclair e Hansen (1993) estudaram a importância relativa dos atributos da qualidade da madeira para a fabricação de móveis e concluíram que os mais importantes são ausência de defeitos e trabalhabilidade. Espécies diferentes podem variar o seu comportamento sob a ação de ferramentas de corte, de tal modo que sejam necessários métodos sistemáticos para determinar a capacitação delas para usos onde o caráter da superfície usinada é de principal importância. A discriminação ao uso da madeira do eucalipto, sob a forma sólida para fabricação de móveis, está

baseada na falta de conhecimentos aprofundados sobre o seu processamento.

Lucas (2004) afirmou que, quando se utilizam espécies alternativas, não se conhece o comportamento das ferramentas e das máquinas, durante o processo de usinagem, pois a madeira de cada espécie apresenta características singulares; além da anisotropia, a madeira apresenta diferentes propriedades físicas, anatômicas e mecânicas que dificultam a generalização de processos e rendimento das operações de usinagem. Silva (2002b) assegura que é preciso conhecer a estrutura da madeira e os parâmetros de usinagem para entender suas relações, proporcionando bons resultados tanto em qualidade quanto em rendimento.

A qualidade do processo de usinagem pode ser afetada pela variabilidade da madeira, condições das máquinas, ferramentas de corte e treinamento do operador, devendo todo o processo ser avaliado continuamente. Bonduelle (2001) e Costa (1996) reiteraram que a qualidade da usinagem depende da combinação dos atributos e características intrínsecas da madeira com as condições de atuação das máquinas e ferramentas cortantes.

O processo de usinagem pode ser afetado pelas seguintes características da madeira: espécie, massa específica, teor de umidade, anisotropia, orientação do corte, idade da árvore, presença de sílica e minerais, grã, textura da madeira, lenho juvenil/adulto, desenho, dureza, presença de nós, madeira de reação e tensões de crescimento. Segundo Silva (2006b), espécies diferentes apresentam variações no comportamento sob ferramentas de corte; geralmente, as coníferas apresentam maior facilidade de ser usinadas, devido à maior simplicidade da constituição anatômica.

A massa específica representa a quantidade de madeira sólida, sendo uma das propriedades mais importantes da madeira. Geralmente, quanto maior a massa específica, mais difícil será a usinagem de uma madeira. A idade de corte das árvores é um dos fatores preponderantes na qualidade da madeira serrada. Geralmente, árvores de maior idade apresentam melhor trabalhabilidade devido à presença de lenho adulto, maior uniformidade, estabilidade e resistência. A grã da madeira se refere à orientação geral dos elementos verticais do lenho, podendo ser reta, espiral, entrecruzada ou

oblíqua, afetando diretamente o processo de usinagem e aplicação de acabamentos. A madeira que apresenta grã reta possui maior resistência mecânica, fácil desdobro e processamento. A textura é o efeito produzido na madeira pelas dimensões, distribuição e porcentagem dos diversos elementos estruturais do lenho. Madeiras com textura grosseira são de difícil usinagem e absorvem grande quantidade de produtos na fase de acabamento. Os nós provocam a descontinuidade dos tecidos lenhosos, reduzindo as propriedades mecânicas, causando defeitos na secagem e comprometendo o desempenho na usinagem e acabamento.

A madeira de eucalipto apresenta características que demandam cuidados especiais no seu processamento. Segundo Silva (2002a), a grande deficiência na qualidade final dos produtos moveleiros, bem como nos baixos rendimentos na transformação da matéria-prima em produtos acabados, são decorrentes, principalmente, de ineficiências no setor de secagem, usinagem e acabamentos superficiais da madeira. Através da realização de vários testes de usinagem, Silva (2002a) verificou que a madeira adulta de *Eucalyptus grandis* apresentou características desejáveis para a produção de móveis.

Com as máquinas se obtém grande rapidez na execução dos trabalhos, e ao mesmo tempo, um ajuste e exatidão nem sempre alcançados pelo trabalho manual. Segundo SENAI (2006), basicamente, as máquinas dividem-se em dois grupos: máquinas para cortar madeira e máquinas para aplainar madeira. No primeiro grupo são empregadas as serras e suas múltiplas variedades. Dependendo do fim a que se destina, podem ser utilizadas serra de carrinho, serra múltipla, serra radial, seccionadoras, esquadrejadeira, serra de fita, etc. No segundo grupo estão as desempenadeiras, desengrossadeira, respigadeiras, tupia, furadeira etc. Além destas e em ramos especiais da indústria moveleira, se utilizam: máquinas para fazer encaixes, torneiar, reproduzir, entalhar, colar etc.

Segundo Costa (1996) e demais autores, os principais defeitos que podem ocorrer no processo de usinagem são o arrancamento de fibras, queima de superfície, marcas na superfície pela prensagem contra o dorso da ferramenta de corte, lascamento, levantamento de fibras, arrepiamento superficial, aspereza de superfície e esmagamento das fibras no lugar de corte.

## 2. OBJETIVO

Objetivou-se avaliar a potencialidade de uso da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake em diferentes ensaios de usinagem, visando ao uso na indústria moveleira.

Os ensaios realizados avaliaram tão somente o comportamento da madeira frente às diferentes máquinas e ferramentas usadas convencionalmente nos trabalhos de marcenaria. Os parâmetros de usinagem (velocidade de avanço, ângulo de ataque, ângulo de folga, ângulo de afiação, profundidade de corte etc.) não foram avaliados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da usinagem, segundo a norma ASTM D 1666, de 1987, revisada em 1994, compreendeu os ensaios de corte paralelo e transversal às fibras, aplainamento, fresagem, furação (vazada e não vazada), furação para espiga, furação para cavilha e moldura. A seção de madeira utilizada para os ensaios está apresentada na Figura 1, com os respectivos cortes e entalhes.

Utilizaram-se trinta amostras e nelas foram realizados individualmente todos os ensaios. Cada amostra apresentava as dimensões de 19 x 127 x 900 mm, de espessura, largura e comprimento, respectivamente.

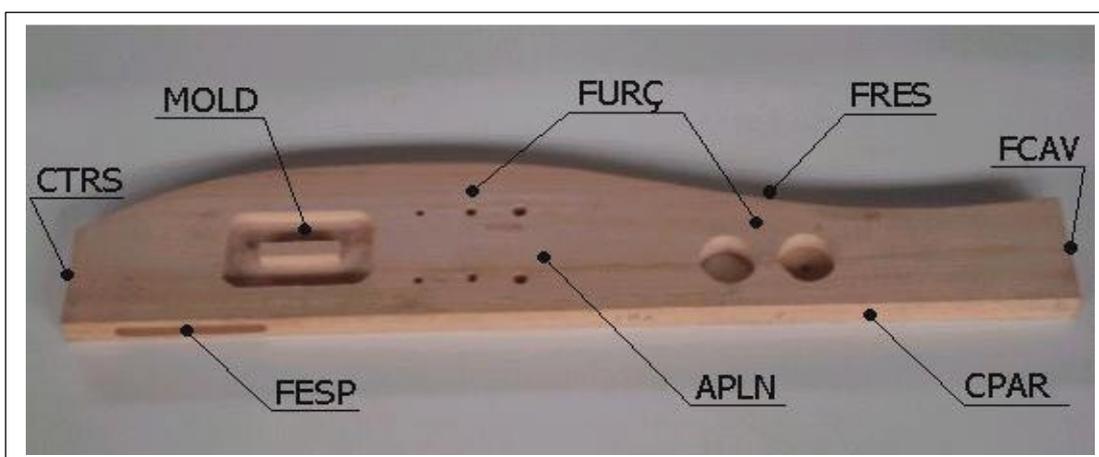


Figura 1 – Ensaios de usinagem: CPAR (corte paralelo), CTRS (corte transversal), FRES (fresagem), APLN (aplainamento), FURÇ (furação), FESP (furação p/espiga), FCAV (furação p/cavilha), MOLD (moldura).

### 3.1. Corte paralelo às fibras

Utilizou-se uma serra circular de carrinho com 48 dentes (Figuras 2 e 3). O avanço foi manual e rotação do motor foi de 3.500 rpm. Foram realizados dois cortes com profundidade máxima: o primeiro corte teve o objetivo de descarte de defeitos e madeira de alburno conforme a ASTM D 1666 de 1987; o segundo corte, além de padronizar a largura das peças, foi utilizado para avaliação do ensaio.



Figuras 2 e 3 – Serra circular de carrinho e serra circular de 48 dentes.

### 3.2. Corte transversal às fibras

Utilizou-se uma serra circular de carrinho com 48 dentes (Figura 4). O avanço foi manual e a rotação do motor foi de 3.500 rpm. A profundidade do corte foi máxima (Figura 5).



Figuras 4 e 5 – Amostras cortadas no sentido transversal às fibras.

### 3.3. Fresagem

Para a realização do ensaio de fresagem foi necessária, primeiramente, a preparação de um molde curvo (Figura 6 e 7) para servir de gabarito para a usinagem das peças, além de oferecer maior segurança ao operador. Esse molde foi confeccionado com painel de MDF, através de uma serra de fita, com velocidade de avanço manual e rotação de motor de 1.720 rpm.

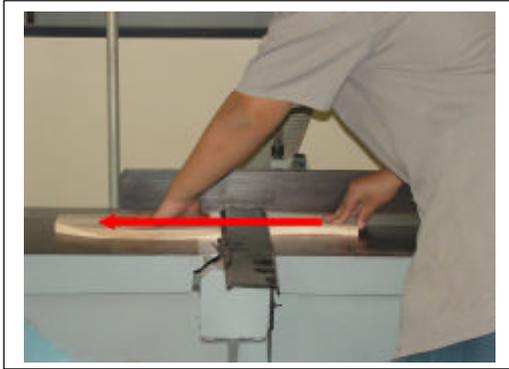


Figuras 6 e 7 – Molde curvo e realização da fresagem na tupa de mesa.

Para a realização do ensaio de fresagem, utilizou-se uma tupa de mesa, com duas fresas desintegráveis de oito dentes. As dimensões da fresa foram de 100 x 18 x 37 mm, respectivamente, correspondendo ao diâmetro, altura e distância entre os dentes. O avanço foi manual e a rotação do motor 18.000 rpm. A profundidade de corte foi de 2,5 mm.

### 3.4. Aplainamento

Utilizou-se uma plaina desempenadeira com três facas, velocidade de alimentação manual; rotação do eixo de 4.128 rpm e espessura de corte de 1,6 mm. Na realização do ensaio, ambas as faces de cada amostra receberam aplainamento, sendo uma no sentido das fibras e a outra, no sentido contrário (Figuras 8 e 9). A qualidade de acabamento foi avaliada através da rugosidade da superfície, contando-se o número de marcas das facas contidas num espaço de uma polegada.



Figuras 8 e 9 – Aplainamento no sentido a favor e contrário às fibras.

### 3.5. Furação

Para o ensaio de furação, utilizaram-se quatro tipos de brocas: três brocas normais, tipo helicoidal, em aço, com diâmetros de 6, 8 e 9,5 mm, e uma broca chata, de 35 mm, utilizada para a colocação de dobradiça (Figura 10). Para o uso de brocas tipo helicoidal, utilizou-se uma furadeira múltipla (Figura 11), com sistema pneumático, acionado por pedal, com rotação do motor foi de 1.710 rpm; para o uso de broca chata, utilizou-se uma furadeira de coluna, com rotação do motor de 1.750 rpm. Nas duas máquinas, a velocidade de avanço foi manual. Em cada peça, realizaram-se dois furos com cada broca, sendo um vazado e um não vazado, este com profundidade de 10 mm.



Figuras 10 e 11 – Broca chata e furação com as brocas helicoidais.

### 3.6. Furação para espiga

Utilizou-se uma furadeira horizontal oscilante, com uma broca de quatro canais paralelos de 9 mm de diâmetro, calçada com metal duro na ponta (Figura 12). O avanço foi manual e a rotação do motor foi de 1.720 rpm. A profundidade do furo foi de 20 mm (Figura 13).



Figuras 12 e 13 – Furação para espiga e peças usinadas.

### 3.7. Furação para cavilha

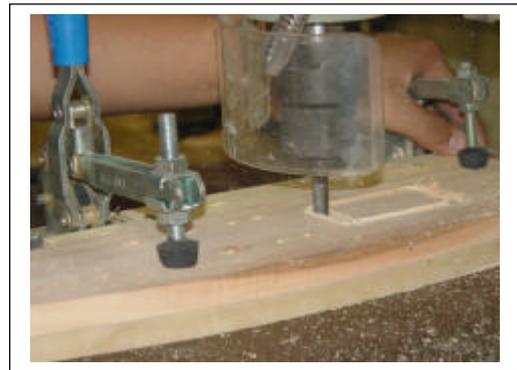
Utilizou-se uma furadeira horizontal, com uma broca helicoidal de 8 mm de diâmetro calçada com metal duro na ponta (Figura 14). O avanço foi manual e a rotação do motor foi de 3.400 rpm. As dimensões de cada furo foram de 8 x 24 mm, respectivamente, de diâmetro e profundidade (Figura 15).



Figuras 14 e 15 – Furação para cavilha e peças usinadas.

### 3.8. Moldura

Para a realização do ensaio de moldura foi necessária, primeiramente, a preparação de um molde (Figuras 16 e 17) para servir de gabarito para a usinagem das peças, além de oferecer maior segurança ao operador. Esse molde foi confeccionado com painel de MDF, através de uma serra de fita, com velocidade de avanço manual e rotação de motor de 1.720 rpm.



Figuras 16 e 17 – Confeção do gabarito e realização do teste de moldura.

Para a confecção da moldura utilizou-se uma tupa superior, acionada por pedal, com uma fresa paralela de dois canais de 10 mm de diâmetro calçada com metal duro na ponta (Figura 17). O avanço foi manual e a rotação do motor foi de 9.000 rpm. As dimensões da moldura reproduzida foram 100 x 50 x 7 mm, comprimento, largura e profundidade, respectivamente.

### 3.9. Avaliação

Depois de usinadas, as peças passaram por análise criteriosa, avaliando-se o desempenho e os defeitos mais freqüentes, a fim de se diagnosticar o desempenho da madeira aos testes. Os defeitos e sua intensidade sobre as peças foram analisados, subjetivamente, por cinco avaliadores de forma conjunta e consensual, segundo critérios padronizados e definidos.

Os principais defeitos de usinagem descritos na norma e avaliados foram: arranca mento de fibras, queima de superfície, marcas na superfície pela prensagem contra o dorso da ferramenta de corte, lascamento, levantamento de fibras, arrepimento superficial, aspereza de superfície e esmagamento das fibras em lugar de corte.

Empregaram-se, como referências, duas amostras de madeira, comumente utilizada na confecção de móveis, uma de caixeta (*Tabebuia cassinooides* Lam) e outra de louro-vermelho (*Nectandra rubra* Mez), usinadas segundo os mesmos parâmetros das amostras de eucalipto. Para cada defeito foi elaborado um padrão de notas, que variou de 1 a 5, em que a nota 1 significou amostra isenta de defeitos e as demais notas foram proporcionais à intensidade crescente de defeitos nas amostras, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Definição e classificação das notas, segundo ASTM D -1666/87, revisada em 1994

<b>Nota</b>	<b>Classificação</b>	<b>Defeitos (%)</b>
1	Excelente	Sem defeitos (zero)
2	Bom	Menos de 50
3	Regular	50
4	Ruim	Mais de 50
5	Muito ruim	100 (cem)

Foram consideradas aprovadas para a utilização no setor moveleiro as peças que obtiveram notas 1 (ausência de defeitos) e 2 (peça com menos de 50% da superfície com defeitos), apresentando conceitos excelente e bom, respectivamente. As máquinas e ferramentas usadas, no presente trabalho, seguiram a rotina empregada nas empresas.

No delineamento experimental dos ensaios de usinagem, procedeu-se à análise estatística, através da análise de variância e do teste de médias (Tukey), a 5% de significância, considerando-se os efeitos da variação dos clones e dos diferentes ensaios, bem como a interação entre eles.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na análise dos resultados, considerou-se o caráter subjetivo das avaliações, uma vez que as notas atribuídas dependiam da experiência de cada avaliador.

### 4.1. Corte paralelo às fibras

Os resultados do ensaio de corte paralelo às fibras estão apresentados na Tabela 2.

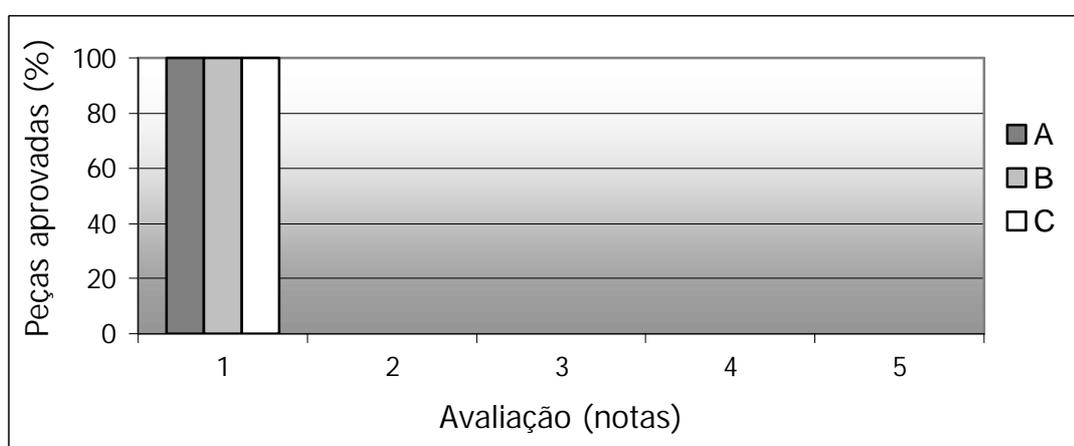
Tabela 2 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de corte paralelo às fibras

Clone	Avaliação do Ensaio										Média	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
B	28	93,33	2	6,67	0	0	0	0	0	0	1,07 a*	100
C	17	56,67	13	43,33	0	0	0	0	0	0	1,37 b	100
A	18	60	12	40	0	0	0	0	0	0	1,40 b	100

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

Verificou-se, neste ensaio, que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho, independentemente do clone. Percebe-se que o clone C apresentou o pior desempenho se comparado aos demais, quando se analisam as peças aprovadas com a nota 1 (excelente); mesmo assim, obteve 100% de aprovação, considerando as notas 1 e 2. Não houve diferença significativa entre o clone A e C, mas ambos diferiram estatisticamente do clone B, que apresentou o melhor desempenho, em função da melhor média e da maior porcentagem de peças avaliadas com nota 1 (excelente). Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 18.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 18 – Comportamento da madeira dos clones *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de corte paralelo às fibras.

Através da figura, constata-se que todas as peças obtiveram notas 1 e 2, equivalentes aos conceitos “excelente” e “bom”, indicando o bom comportamento da madeira ao ensaio e boa adequação do maquinário e ferramentas.

Em relação aos defeitos observados, verificou-se, com maior frequência, queima de superfície e esmagamento de fibras e, em menor frequência, marcas e aspereza na superfície.

## 4.2. Corte transversal às fibras

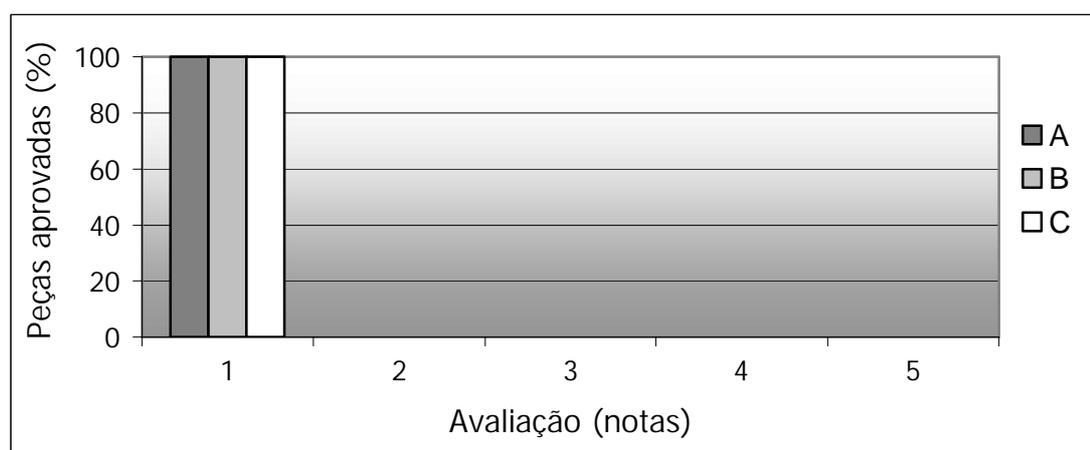
Os resultados do ensaio de corte transversal às fibras estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de corte transversal às fibras

Clone	Avaliação do Ensaio										Média	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
A	30	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	100
B	30	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	100
C	30	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	100

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
Nº = número de amostras ensaiadas.

De acordo com a análise de variância e teste F, há 5% de probabilidade, não se observou diferença significativa entre os clones, no ensaio de corte transversal às fibras. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 19.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 19 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de corte transversal às fibras.

Verifica-se, através da figura, que todas as peças obtiveram notas 1 (excelente), indicando o bom comportamento da madeira ao ensaio e boa adequação do maquinário e ferramentas.

### 4.3. Fresagem

Os resultados do ensaio de fresagem estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio fresagem

Clone	Avaliação do Ensaio										Média	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
B	29	96,67	1	3,33	0	0	0	0	0	0	1,03	100
C	28	93,34	2	6,66	0	0	0	0	0	0	1,07	100
A	26	86,67	4	13,33	0	0	0	0	0	0	1,17	100

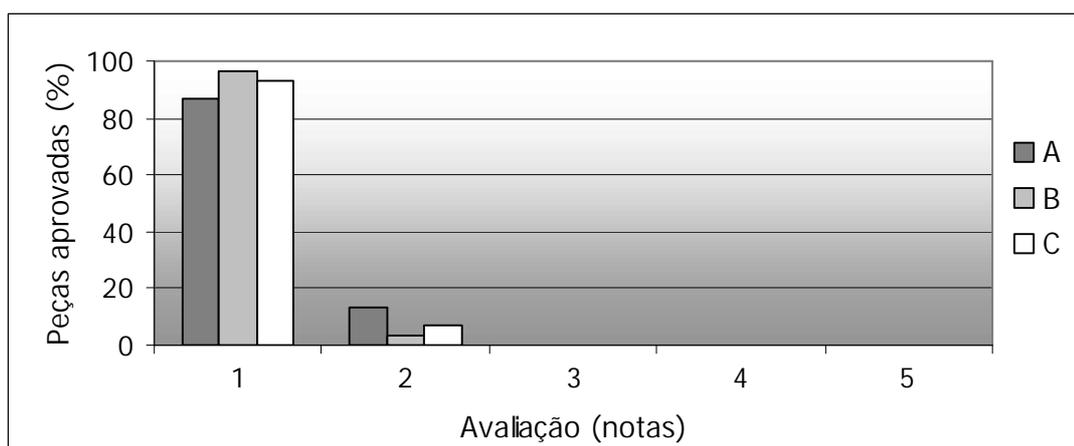
A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
Nº = número de amostras ensaiadas.

Verificou-se, neste ensaio, que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho, independentemente do clone, uma vez que todas as peças foram aprovadas, pois obtiveram notas 1 e 2.

De acordo com a análise de variância e teste F, a 5% de probabilidade, não se observou diferença significativa entre os clones, no ensaio de corte transversal às fibras. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 20.

Através da figura, verifica-se que a maioria das peças obteve a nota 1, equivalente ao conceito “excelente”, indicando o bom comportamento da madeira ao teste e boa adequação do maquinário e ferramentas.

Em relação aos defeitos observados neste ensaio, verificaram-se, com pouca freqüência, queima de superfície, aspereza de corte, marcas na superfície e lascamento.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 20 - Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de fresagem.

#### 4.4. Aplainamento

Os resultados do ensaio de aplainamento estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aplainamento

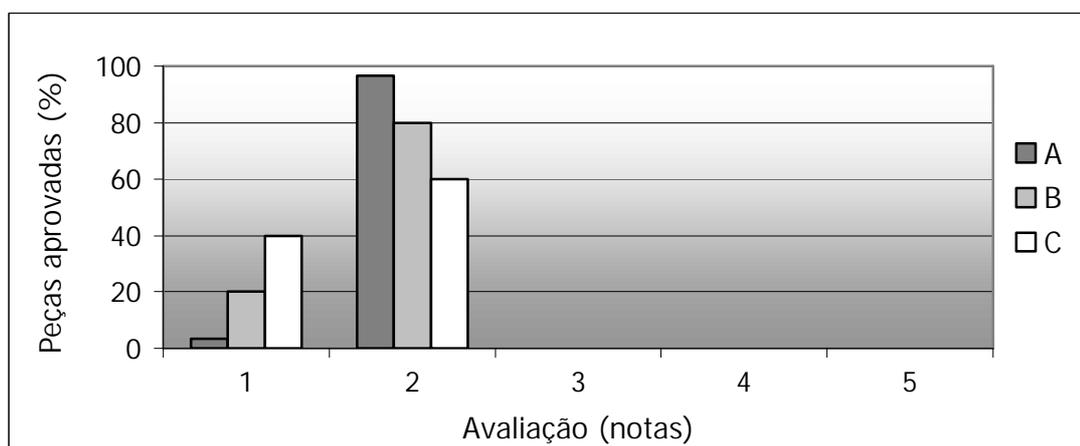
Clone	Avaliação do Ensaio										Média	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
C	12	40	18	60	0	0	0	0	0	0	1,60 a*	100
B	6	20	24	80	0	0	0	0	0	0	1,80 ab	100
A	1	3,33	29	96,67	0	0	0	0	0	0	1,97 b	100

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

Verificou-se, neste ensaio, que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho, independentemente do clone, uma vez que todas as peças foram aprovadas, pois obtiveram notas 1 e 2. Percebe-se que o clone

C apresentou o melhor desempenho se comparado aos demais, quando se analisam a média e as peças aprovadas com a nota 1 (excelente). O clone B não diferiu estatisticamente do clone A e C que apresentaram diferenças significativas entre si. Os resultados do ensaio de aplainamento são visualizados na Figura 21.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 21 - Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de aplainamento.

Através da Figura 21, comprova-se que todas as peças obtiveram notas 1 e 2 equivalentes aos conceitos “excelente e bom”, indicando o bom comportamento da madeira ao teste e boa adequação do maquinário e ferramentas.

Em relação aos defeitos observados, verificaram-se, com maior frequência, queima de superfície e arrancamento de fibras; e em menor frequência, arrepiamento das fibras e aspereza de superfície.

#### 4.5. Furação

Os resultados do ensaio de furação estão apresentados na Tabela 6.

Verificou-se, neste ensaio, que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho, independentemente do clone, uma vez que todas as peças foram aprovadas, visto que obtiveram notas 1 e 2. Percebe-se que o clone B apresentou o melhor desempenho se comparado aos demais,

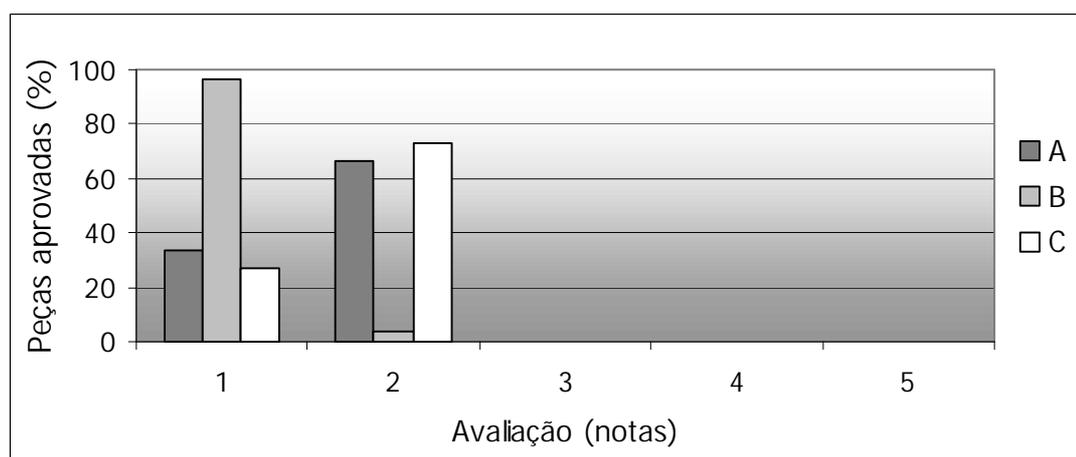
Tabela 6 – Avaliação e percentagem de peças aprovadas no ensaio de furação

Clone	Avaliação do Ensaio										Média	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
B	29	96,67	1	3,33	0	0	0	0	0	0	1,03 a*	100
A	10	33,33	20	66,67	0	0	0	0	0	0	1,67 b	100
C	8	26,67	22	73,33	0	0	0	0	0	0	1,73 b	100

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
 Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

quando se analisam a média e as peças aprovadas com a nota 1 (excelente). Não se observaram diferenças significativas entre os clones A e C, mas ambos diferiram estatisticamente do clone B. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 22.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 22 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de furação.

#### 4.6. Furação para espiga

Os resultados do ensaio de furação para espiga estão apresentados na Tabela 7.

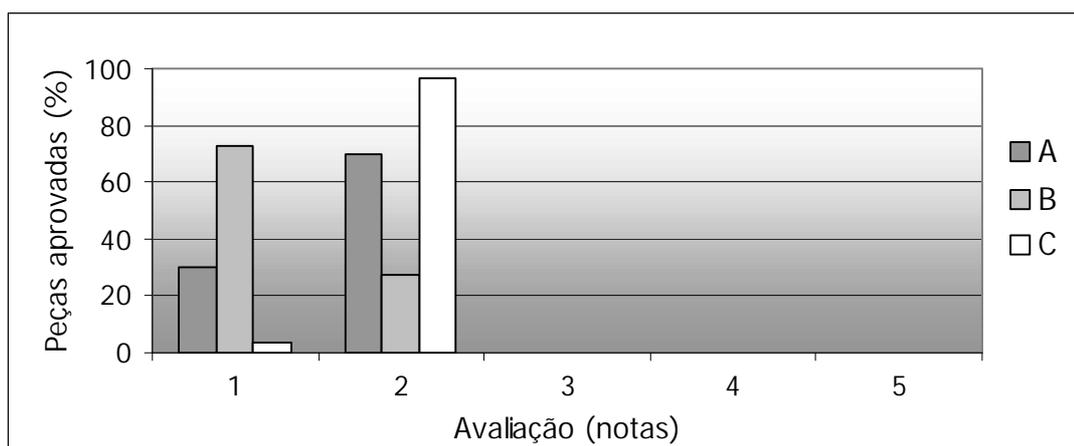
Tabela 7 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de furação para espiga

Clone	Avaliação do Ensaio										Média	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
B	22	73,33	8	26,67	0	0	0	0	0	0	1,27 a*	100
A	9	30	21	70	0	0	0	0	0	0	1,70 b	100
C	1	3,33	29	96,67	0	0	0	0	0	0	1,97 c	100

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

Verificou-se, neste ensaio, que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho, independentemente do clone, visto que todas as peças foram aprovadas, pois obtiveram notas 1 e 2. Percebe-se que o clone B apresentou o melhor desempenho se comparado aos demais, quando se analisam a média e as peças aprovadas com a nota 1 (excelente). O clone C apresentou o pior desempenho, com uma única peça com nota 1 (excelente); mesmo assim, todas as peças do clone em questão foram aprovadas porque obtiveram notas 1 e 2, seguindo os critérios da Norma ASTM D-1666/87. Estatisticamente, todos os clones apresentaram diferenças significativas entre si. Os resultados do ensaio de furação para espiga são visualizados na Figura 23.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 23 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de furação para espiga.

Em relação aos defeitos observados neste ensaio, verificou-se, com maior freqüência, marcas na superfície.

#### 4.7. Furação para cavilha

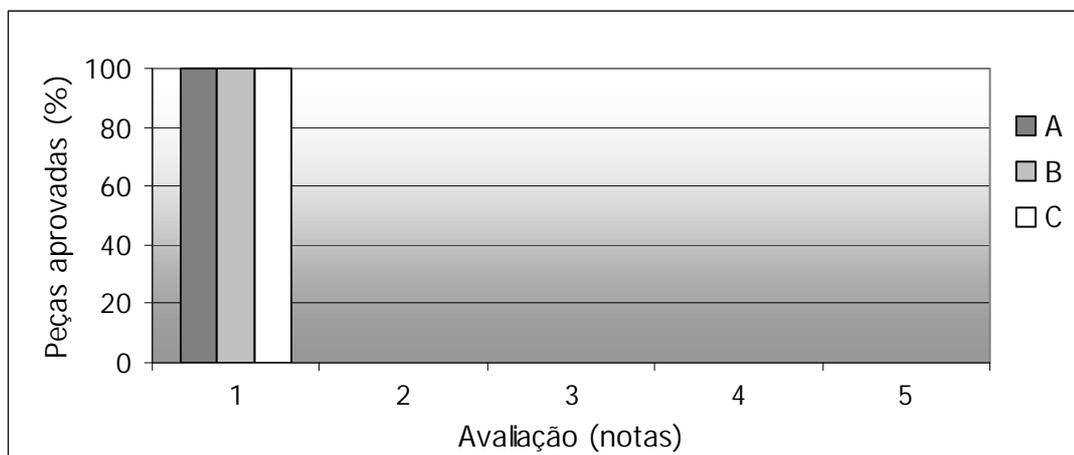
Os resultados do ensaio de furação para cavilha estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de furação para cavilha

Clone	Avaliação do ensaio										Média	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
B	30	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	100
A	30	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	100
C	30	100	0	0	0	0	0	0	0	0	1,00	100

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
Nº = número de amostras ensaiadas.

De acordo com a análise de variância e teste F, há 5% de probabilidade, não se observou diferença significativa entre os clones, no ensaio de furação para cavilha. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 24.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C= *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 24 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de furação para cavilha.

Verificou-se que todas as peças obtiveram notas 1 (excelente), indicando o bom comportamento da madeira ao ensaio e boa adequação do maquinário e ferramentas.

#### 4.8. Moldura

Os resultados do ensaio de moldura estão apresentados na Tabela 9.

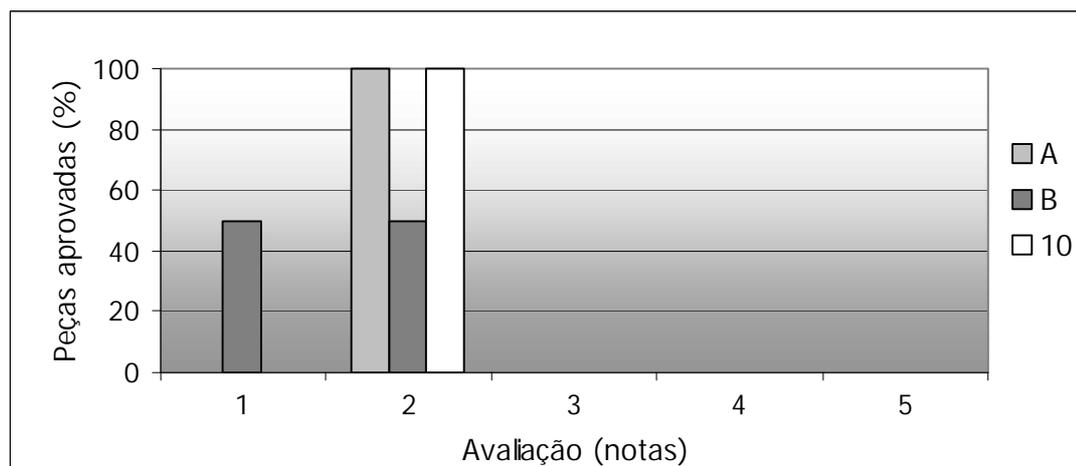
Verificou-se, neste ensaio, que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho, independentemente do clone, uma vez que todas as peças foram aprovadas, pois obtiveram notas 1 e 2. Nota -se que o clone B apresentou o melhor desempenho se comparado aos demais, quando se analisam a média e as peças aprovadas com a nota 1 (excelente). Não se observaram diferenças significativas entre os clones A e C, mas ambos diferiram estatisticamente do clone B. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 25.

Tabela 9 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de moldura

Clone	Avaliação do Ensaio										Média	Peças Aprovadas (%)
	Nota 1		Nota 2		Nota 3		Nota 4		Nota 5			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
B	15	50	15	50	0	0	0	0	0	0	1,50 a	100
A	0	0	30	100	0	0	0	0	0	0	2,00 b	100
C	0	0	30	100	0	0	0	0	0	0	2,00 b	100

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
 Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

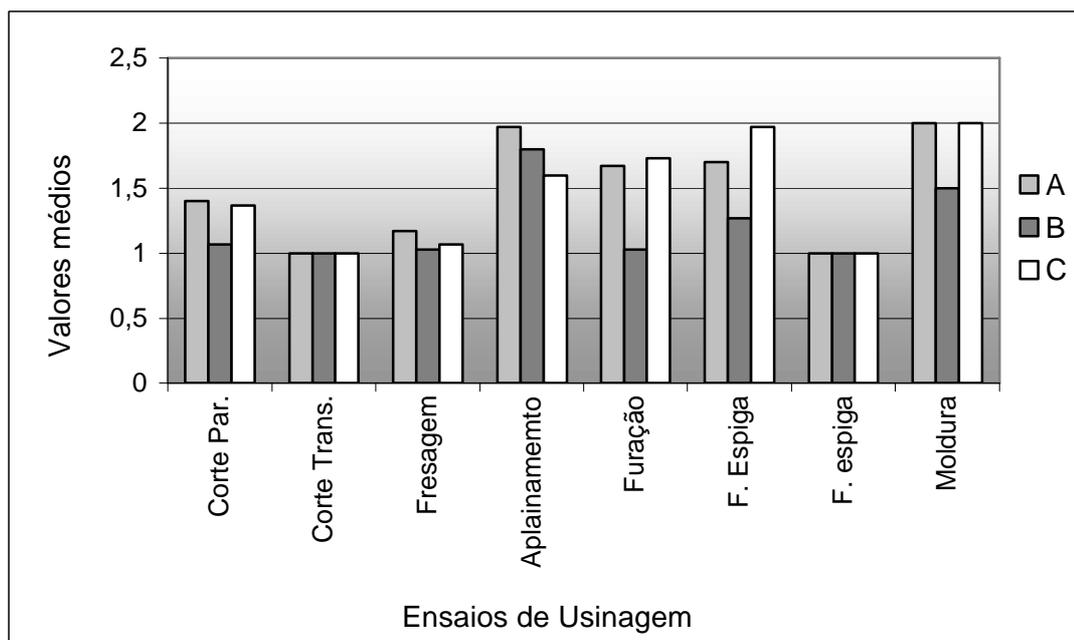


A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 25 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de moldura.

Em relação aos defeitos, observaram-se, com maior freqüência, marcas na superfície, levantamento de fibra, arrepimento da superfície e aspereza da superfície.

O desempenho dos clones de *Eucalyptus urophylla* (6 anos), *Eucalyptus urophylla* (8 anos) e *Eucalyptus camaldulensis* (10 anos) nos diferentes ensaios realizados podem ser observados da Figura 26.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 26 – Valores médios do Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* nos ensaios de usinagem.

Observa-se melhor desempenho dos clones nos ensaios de Corte Paralelo e Furação para espiga com média igual a 1 referente ao conceito excelente mostrando-se isenta a defeitos. Nos ensaios de Aplainamento e Moldura, os clones apresentaram pior desempenho com médias igual ou maior a 1,5 apresentando, principalmente, marcas na superfície, levantamento e arrancamento de fibras e aspereza da superfície.

## 5. CONCLUSÕES

Na avaliação do comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (de 6 e 8 anos de idade) e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (de 10 anos de idade) nos diferentes ensaios de usinagem, chegaram-se às seguintes conclusões:

- A madeira de eucalipto apresentou um bom comportamento para ser utilizada na indústria moveleira, com resultados satisfatórios nos diferentes ensaios de usinagem.

- O clone de *Eucalyptus urophylla*, com 8 anos, apresentou melhor desempenho na maioria dos ensaios de usinagem, revelando grande potencial de uso dessa espécie para produção de móveis.

- O clone *Eucalyptus urophylla*, com 6 anos, não demonstrou desempenho satisfatório, provavelmente, pela presença de madeira juvenil.

## **CAPÍTULO 2**

### **APLICAÇÃO DE ACABAMENTOS SUPERFICIAIS EM CLONES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), VISANDO O USO NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A madeira, o tipo de acabamento e o processo definido para seu uso devem se harmonizar e se completar, a fim de ressaltar a qualidade do produto final. Todos os fatores que influenciam o acabamento de uma peça de madeira estão relacionados à superfície ancoradora, ao produto, às condições ambientais do setor de aplicação e aos métodos de aplicação. Os produtos de acabamento têm a função de proteger e preservar o produto acabado, bem como torná-lo mais agradável, sob o ponto de vista estético.

Todo produto originário da madeira necessita de tratamento adequado visando à proteção contra as adversidades ambientais e de uso. Por causa da sua origem orgânica, a madeira possui uma composição química bastante complexa. Segundo Franzoi, citado em SENAI (1995), quando a madeira fica exposta às condições ambientais, (supondo-a livre ação de fungos), sofre a ação de dois fatores primordiais: água e luz solar. A ação da água se deve a sua característica higroscópica, que provoca o inchamento da madeira, além de um gradiente de umidade da superfície para o interior, gerando tensões internas e resultando em empenamentos e rachaduras superficiais. A ação da luz favorece a decomposição da lignina,

através de reações fotoquímicas, provocando uma mudança de coloração superficial da madeira, tornando-a amarelada, escurecendo para marrom e, finalmente, acinzentada. Com um acabamento satisfatório, tem-se a garantia da durabilidade e estética do produto, ao longo do tempo (CORAL, 2006).

São muitas as causas que podem interferir na beleza e qualidade de uma película de tinta aplicada sobre a superfície de um móvel de metal ou madeira. Segundo Blumm, citado em SENAI (1995), normalmente, a preocupação dos dirigentes de uma empresa está voltada para a qualidade operacional do operador, qualidade dos equipamentos de pintura e desempenho dos produtos. Há outros aspectos, no entanto, considerados importantes no processo de pintura, como a ambientação da cabine de pintura e área de estocagem dos produtos. A temperatura e umidade devem ser controladas para se garantir a boa aparência da pintura – ausência de manchas e de bolhas – além de brilho, dureza, aderência e cura. SENAI (1995) recomendou temperatura média de 25°C e umidade relativa abaixo de 80%.

Silva (2002b) afirmou que os produtos de acabamentos devem apresentar certas propriedades as quais irão influenciar diretamente no rendimento, na qualidade da película e nas condições de segurança do operador. Geralmente, tais informações são fornecidas pelo fabricante, através dos rótulos das embalagens e boletins técnicos. As propriedades mais importantes de um produto são: teor de sólidos, viscosidade, poder de cobertura, tempo de intervalo entre demãos, tempo de armazenagem, *pot life*, brilho, abrasividade, dureza, aderência, espessura da camada, resistência à corrosão em ambientes salinos (*salt spray*), densidade, gramatura, moagem ou fineza da tinta, aditivos, ponto de ignição e de fulgor.

Os produtos de acabamento mais utilizados na indústria moveleira são as tintas, os vernizes e seladoras. De acordo com Silva (2006b), as tintas incolores conhecidas como seladoras podem ser semibrilhantes ou foscas, aplicadas diretamente sobre a superfície a ser pintada, cuja finalidade é corrigir pequenos defeitos da superfície, fechar os poros e melhorar a adesão do acabamento à superfície a ser pintada. Os vernizes são tintas incolores utilizadas no acabamento final.

Os produtos são compostos de resinas naturais ou sintéticas. Segundo SENAI (1994), as primeiras são provenientes da natureza e consideradas reversíveis, ou seja, podem voltar ao estado líquido depois de curadas. São monocomponentes e sua cura ocorre devido à evaporação do solvente. A resina nitrocelulósica é um tipo de resina natural e, conforme Sayerlack (2001), possui limitada resistência química, mecânica e brilho final. Segundo Silva (2002b), as baixas resistências têm limitado seu uso, principalmente no mercado externo. No início da década de 1990, mais de 70% dos acabamentos no setor do mobiliário utilizavam produtos à base de resinas nitrocelulósicas.

As resinas sintéticas ou minerais são irreversíveis, ou seja, depois de curadas não voltam ao estado líquido. Dentro desse grupo, destacam-se a resina poliuretânica (PU) e a resina poliéster. De acordo com Sayerlack (2001), os produtos poliuretanos são formados por um componente “A”, à base de resinas, que reage com um componente “B”, que contém grupos reativos (catalisador). A secagem ocorre pela evaporação de solventes e pela reação química entre os componentes “A” e “B”. Tais produtos são muito utilizados na indústria moveleira, devido à eficiência na aplicação e resistência; Silva (2002b), no entanto, assegura que existem desvantagens: são mais caros e não permitem retoques de aplicação, exigindo-se maior treinamento do operador.

Os produtos à base de resina poliéster são utilizados quando se deseja uma película de alta espessura e brilho, sendo considerado um acabamento vítreo. Isto se deve, segundo Sayerlack (2001), ao elevadíssimo teor de sólidos. Por causa da natureza química e estrutural, não se pode aplicar este produto diretamente sobre a madeira sem que haja a aplicação de isolante apropriado. Segundo SENAI (1994), o poliéster não polimeriza e não adere se não aplicar um produto isolante.

Os tingidores podem ser usados quando se busca a alteração da coloração natural da madeira. São corantes solúveis os quais promovem mudança da tonalidade, assemelhando-se à madeira natural. Podem ser aplicados misturados ao fundo ou verniz, contudo a sua aplicação direta sobre a madeira permite a valorização dos veios, conferindo-lhe um aspecto mais natural.

As ceras e óleos são produtos aplicados à superfície da madeira, com a finalidade de proteger, limpar, lustrar e conservar. A cera de carnaúba é um exemplo de um produto natural, tipicamente brasileiro, produzido em regiões do Nordeste. Apresenta-se dura, quebradiça, insípida e inodora. Além de ser solúvel em éter, benzina e aguarrás e, possui brilho intenso. Possui, como vantagem principal, o fato de não causar danos ambientais com a sua coleta, porque as folhas extraídas são naturalmente repostas na safra seguinte (RETEC/BA, 2006).

Um fator importante no acabamento é a preparação da superfície. Segundo Watai (1995), os riscos superficiais ou, até mesmo, imperceptíveis na madeira, tornam-se nítidos com a aplicação de acabamentos brilhantes. Normalmente, o filme de acabamento ou revestimento não elimina os defeitos de usinagem, todavia os torna mais evidentes. A superfície deve estar isenta de partículas sólidas ou líquidas, apresentando baixa rugosidade. A aplicação da pintura deve ser com pincel ou pistola, no sentido dos veios da madeira, sem variações, e de maneira bem uniforme. Tratando-se de madeira sólida, considera-se o processo correto de usinagem, tornando-a isenta de lasqueamento, ruptura das fibras e outros defeitos. Caso surjam essas imperfeições, estas serão corrigidas com lixamento e emassamento, antes de ser aplicado o acabamento superficial (SENAI, 1994). Não devem ser aplicadas camadas grossas de produto, pois isso prejudicará seu desempenho, secagem do material e poderão aparecer bolhas de ar, danificando a superfície acabada e dificultando a análise do material. Silva (1997) salienta que a superfície da madeira deverá apresentar-se seca, porquanto a umidade exercerá pressão quando evaporar e poderá causar bolhas e rachaduras na superfície acabada.

## 2. OBJETIVO

Objetivou-se avaliar a madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake em ensaios com aplicação de acabamentos superficiais naturais e sintéticos, visando ao uso na indústria moveleira.

Ressalta-se que os ensaios realizados avaliaram, tão somente, o comportamento da madeira frente aos diferentes produtos utilizados convencionalmente nos trabalhos de marcenaria. Os parâmetros utilizados na avaliação de desempenho dos produtos (brilho, viscosidade, teor de sólidos, abrasividade etc.) não foram avaliados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

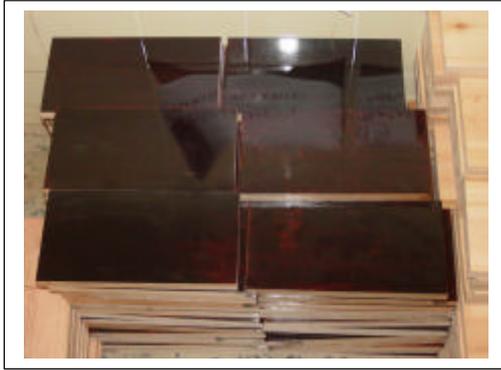
Os ensaios de acabamento superficial se basearam nos procedimentos da norma ABNT NBR-11003 de 1990 – Tintas – Determinação da aderência.

Utilizaram-se trezentas amostras com dimensões de 19X120X250 mm, correspondentes a cem unidades para cada clone testado. Cada clone foi submetido sob quatro tratamentos diferentes, (sendo três sintéticos e um natural), sendo:

- aplicação de verniz nitrocelulose - tratamento 1(Figura 1);
- aplicação de verniz poliuretano(PU) - tratamento 2 (Figura 2);
- aplicação tingidor com complemento de verniz poliuretano (PU) - tratamento 4 (Figura 3); e
- aplicação de cera de carnaúba - tratamento 3 (Figura 4).



Figuras 1 e 2 – Tratamento 1 e Tratamento 2.



Figuras 3 e 4 – Tratamento 3 e Tratamento 4.

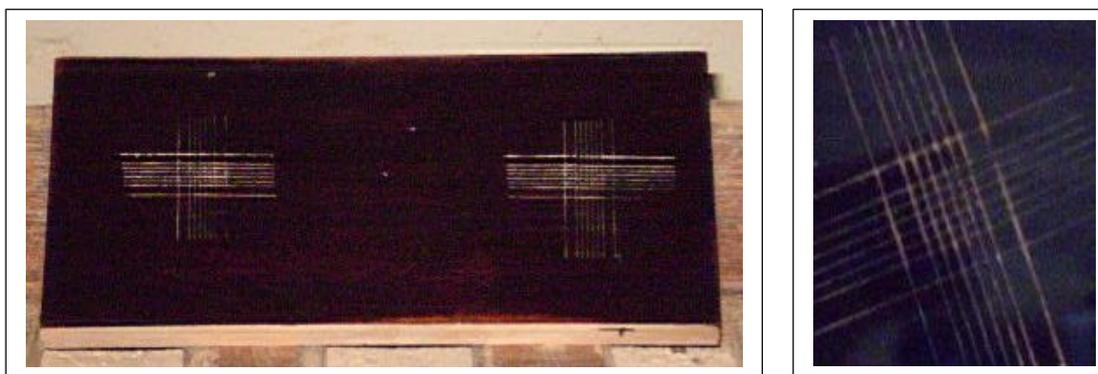
Antes da aplicação dos materiais de acabamento, as peças foram submetidas ao lixamento, utilizando-se uma lixadeira automática com lixas de grã 80 -180 – 220, tomando-se o cuidado de operar sempre no sentido das fibras, evitando-se o arranhamento das faces. Em seguida, as peças foram transportadas para a cabine de pintura onde receberam os produtos de acabamento.

Antes do envernizamento das peças com nitrocelulose e poliuretano (PU), aplicou-se uma camada de fundo PU, a fim de impermeabilizar a superfície. Em seguida, aplicaram-se duas demãos dos vernizes citados, com tempo de secagem de três horas. No intervalo de cada demão, cada peça recebeu novo lixamento. No tratamento em que se utilizou o tingidor, padrão mogno, aplicaram-se duas camadas do produto com secagem instantânea, intercaladas com lixamento; finalizou-se com a aplicação de uma camada de verniz PU, com secagem em três horas. A madeira de eucalipto ficou com aparência escura, bem diferente da tonalidade natural. No tratamento com cera de carnaúba, aplicaram-se três demãos, com intervalo de uma hora cada uma; após a secagem completa, as peças foram enceradas para um acabamento e brilho final.

Utilizou-se uma pistola convencional para pintura na aplicação de vernizes e fundo, numa cabine de pintura, com cortina d'água para tratamento dos resíduos. O tingidor foi aplicado com o auxílio de uma estopa levemente umedecida e a cera de carnaúba com um pano seco, tomando-se o cuidado de aplicar a mesma quantidade em cada peça.

As peças foram avaliadas de acordo com a NBR 11003 (Tintas - Determinação da aderência) de 1990, aproveitando o método de corte em

grade. Para realização deste ensaio, utilizou-se um dispositivo de corte, com seis gumes, (separados entre si 1 mm); realizaram-se dois cortes perpendiculares, formando uma grade de 25 quadrados (Figuras 5 e 6). Sobre essa grade fixou-se uma fita adesiva especial semitransparente, de 25 mm de largura e adesividade de 32 g/mm. Após ser fortemente pressionada com auxílio de uma borracha, até se obter uniformidade na transparência, a fita foi removida. O ensaio de aderência foi realizado duas vezes em cada amostra.



Figuras 5 e 6 – Amostras ensaiadas pelo método de corte em grade e detalhe área avaliada formada por esse método.

A análise da aderência dos produtos foi realizada em função da área da película do produto de acabamento destacada, conforme a Tabela 1. Amostras com menos de 15% da área destacada, ou seja, com aderência superior a 85%, foram aprovadas no ensaio.

Tabela 1 – Avaliação dos ensaios de aderência em função da área destacada do produto de acabamento, conforme a NBR 11003/90

Porcentagem de Área Destacada (%)	Porcentagem de Aderência (%)	Situação
0	100	Aprovada
5	95	Aprovada
15	85	Aprovada
35	65	Reprovada
65	35	Reprovada

No delineamento experimental dos ensaios de aplicação de acabamento superficial, procedeu-se à análise estatística, através da análise de variância e do teste de médias (Tukey), com 5% de significância.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesses ensaios, os resultados interpretam tão somente o comportamento da madeira frente à aplicação de diferentes produtos de acabamento. Não se avaliaram os demais parâmetros ligados à aplicação acabamentos superficiais, como desempenho do produto, adequação das condições ambientais, preparação do substrato, modo de aplicação dos produtos, tempo de secagem entre demãos etc. Na avaliação, observou-se a capacidade de ancoragem dos produtos, através do teste de aderência.

### **4.1. Aplicação de verniz nitrocelulose**

Os resultados do ensaio de aderência no tratamento 1 (aplicação de verniz nitrocelulose) estão apresentados na Tabela 2.

Através da Tabela 2, verificou-se que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho em relação ao acabamento superficial com verniz à base de nitrocelulose, independentemente do clone. O clone C apresentou o melhor desempenho, com 100% de aprovação em todas as peças; cerca de 12% das peças apresentaram 100% de aderência ao produto. Não se observaram diferenças estatísticas significativas entre os clones B e C, mas tais diferenças foram observadas entre os clones A e C. Os clones A e B não apresentaram peças com totalidade de aprovação. O clone A apresentou pior desempenho em relação à aderência com

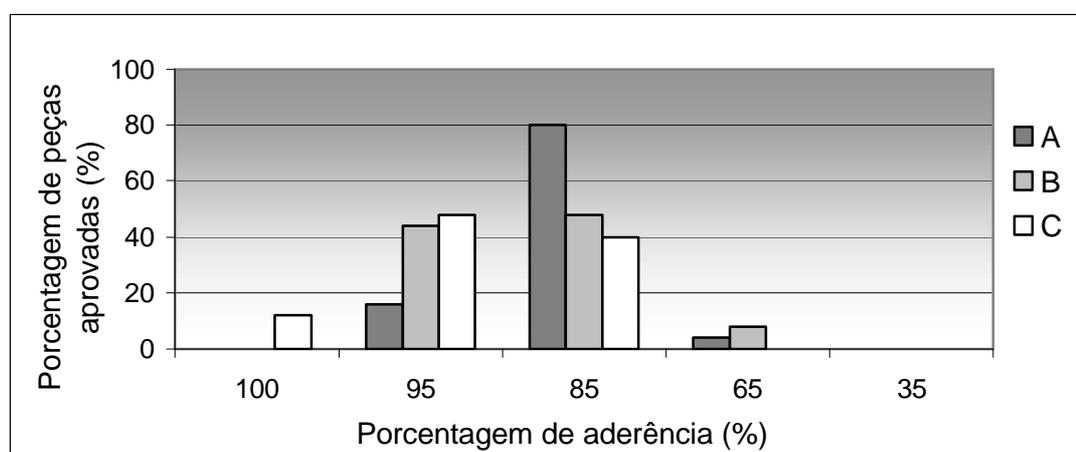
Tabela 2 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aderência com verniz nitrocelulose

Clone	Avaliação da Aderência										Média	Peças Aprovadas (%)
	100%		95%		85%		65%		35%			
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)		
C	3	12	12	48	10	40	0	0	0	0	92,2 a*	100
B	0	0	11	44	12	48	2	8	0	0	90,2 ab	92
A	0	0	4	16	20	80	1	4	0	0	88,3 b	96

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
 Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

nitrocelulose, mas, mesmo assim, teve 96% das peças aprovadas. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 7.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 7 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de aderência.

## 4.2. Aplicação de verniz poliuretano (PU)

Os resultados do ensaio de aderência no tratamento 2 (aplicação de verniz poliuretano) estão apresentados na Tabela 3.

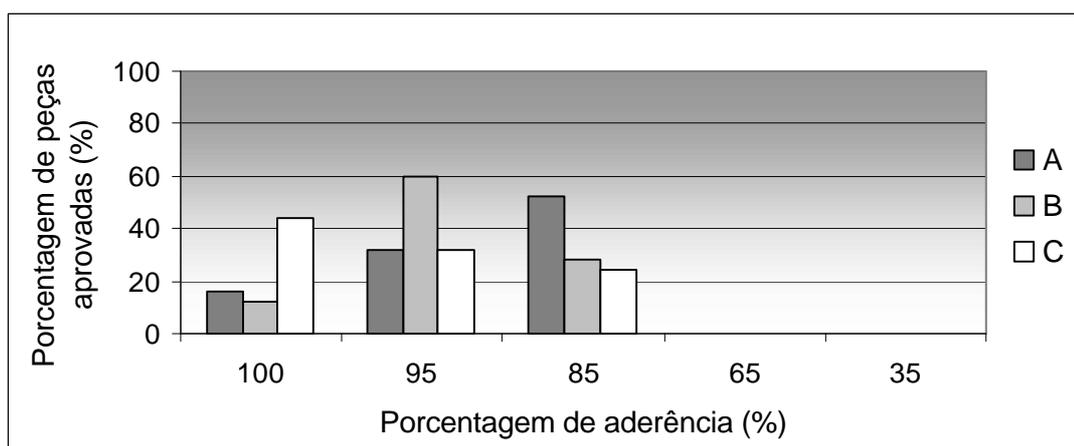
Tabela 3 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aderência com verniz poliuretano

Clone	Avaliação da Aderência										Média	Peças Aprovadas (%)
	100%		95%		85%		65%		35%			
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)		
C	11	44	8	32	6	24	0	0	0	0	95,2 a*	100
B	3	12	15	60	7	28	0	0	0	0	93,1 ab	100
A	4	16	8	32	13	52	0	0	0	0	91,9 b	100

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

Através da Tabela 3, verificou-se que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho, em relação ao acabamento superficial com verniz à base de poliuretano, independentemente do clone. O clone C apresentou o melhor desempenho ao se analisar o número de peças aprovadas com 100% de aderência. Não há diferenças significativas entre os clones B e C, porém tais diferenças foram observadas entre os clones A e C. O clone A apresentou pior desempenho em relação à aderência com poliuretano, mas, mesmo assim, teve 100% das peças aprovadas. Apesar das diferenças encontradas, todas as peças dos clones foram aprovadas. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 8.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 8 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de aderência.

#### 4.3. Aplicação de tingidor complementado com verniz poliuretano

Os resultados do ensaio de aderência no tratamento 3 (aplicação de tingidor) estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aderência com tingidor complementado com verniz poliuretano

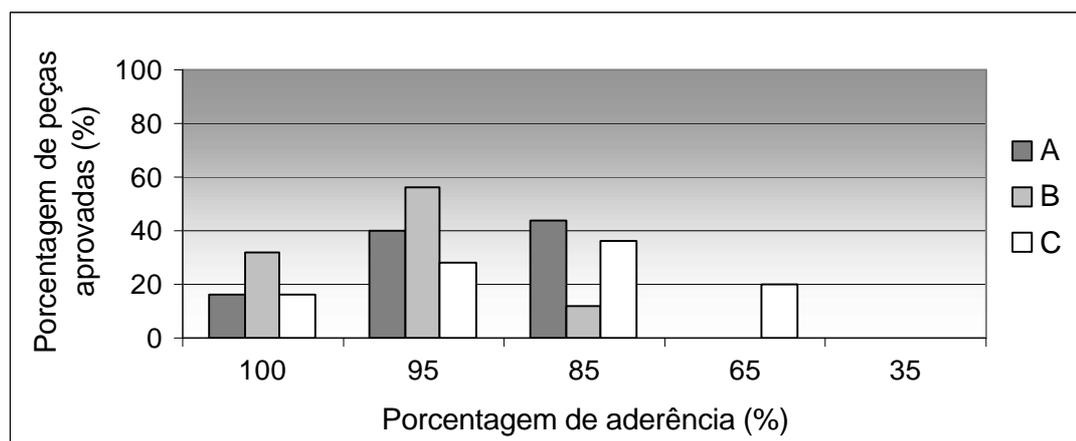
Clone	Avaliação da Aderência										Média	Peças Aprovadas (%)
	100%		95%		85%		65%		35%			
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)		
B	8	32	14	56	3	12	0	0	0	0	95,5 a*	100
A	4	16	10	40	11	44	0	0	0	0	92,0 b	100
C	4	16	7	28	9	36	5	20	0	0	87,2 c	80

A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).  
Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

Através da Tabela 4, verificou-se que a madeira de eucalipto apresentou um bom desempenho, em relação ao acabamento superficial com tingidor, independentemente do clone. O clone B apresentou o melhor

desempenho quando se analisou o número de peças aprovadas com 100% de aderência. O clone C teve o pior desempenho, com 20 % das peças reprovadas, contrastando com os clones A e B, que tiveram 100% de suas peças aprovadas. Estatisticamente, todos os clones apresentaram diferenças significativas entre si. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 9.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos); B = *E. urophylla* (8 anos); C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 9 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de aderência.

#### 4.4. Aplicação de cera de carnaúba

Os resultados do ensaio de aderência no tratamento 4 (aplicação de cera de carnaúba) estão apresentados na Tabela 5.

Através da Tabela 5, verificou-se que 100% das peças de todos os clones foram reprovados. A porcentagem de produtos aderidos à superfície da madeira de eucalipto foi extremamente inferior aos tratamentos anteriores. Possivelmente, tal fato se deve à inadequação da norma e à incompatibilidade da madeira com os produtos e procedimentos adotados. A norma ABNT NBR-11003, que preconiza o método de aderência, é comumente utilizada para testes com acabamentos sintéticos, como tintas e vernizes. A cera de carnaúba é um produto natural, com características muito específicas quando aplicada superficialmente à madeira. No ensaio, observou-se que toda a área em contato com a fita adesiva se destacou da

Tabela 5 – Avaliação e porcentagem de peças aprovadas no ensaio de aderência com cera de carnaúba

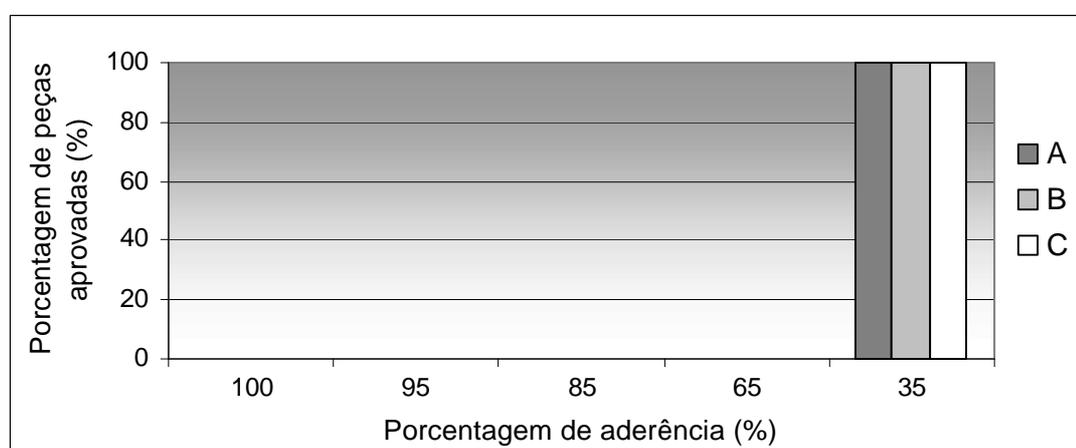
Clone	Avaliação da Aderência										Média	Peças Aprovadas (%)
	100%		95%		85%		65%		35%			
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)		
C	0	0	0	0	0	0	0	0	25	100	7,2 a*	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	25	100	5,8 a	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	25	100	2,6 b	0

A=*Eucalyptus urophylla* (6 anos); B=*E. urophylla* (8 anos); C=*E. camaldulensis* (10 anos).

Nº = número de amostras ensaiadas.

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, com significância de 5%.

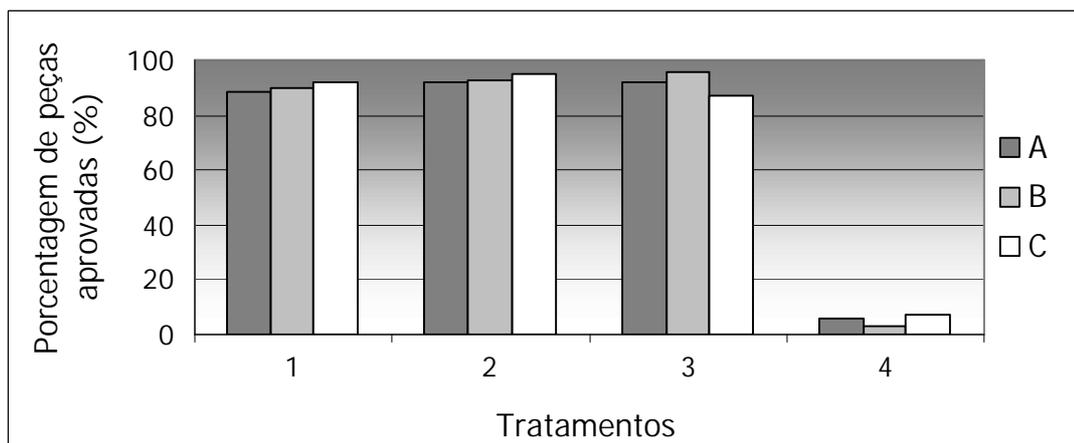
madeira; a região do corte em grade teve pouca influência nos resultados. Nesse caso, novos procedimentos deverão ser aplicados para este tipo de acabamento. Os resultados deste ensaio são visualizados na Figura 10.



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos) B = *E. urophylla* (8 anos) C = *E. camaldulensis* (10 anos)

Figura 10 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de aderência.

Na Figura 11, observa-se o desempenho da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* na aplicação de diferentes acabamentos superficiais (tratamentos 1, 2, 3 e 4).



A = *Eucalyptus urophylla* (6 anos) B = *E. urophylla* (8 anos) C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 11 – Comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* na aplicação de diferentes acabamentos superficiais.

Nos tratamentos 1, 2 e 3, realizados com produtos sintéticos, percebeu-se que os destacamentos ocorrem em maior quantidade nas regiões próximas às bordas e áreas de interseções da grade, o que comprova a influência do corte nos resultados finais.

Os resultados do desempenho da madeira de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* aos diferentes produtos de acabamento se mostraram satisfatórios, exceto no tratamento utilizando cera de carnaúba, não diferindo dos estudos desenvolvidos por Silva (2002) e Costa (1996), na madeira de *Eucalyptus grandis*. Comprovam ser a madeira de eucalipto perfeitamente compatível com os produtos hoje fornecidos pelo mercado e apresentando qualidade exigida pelos consumidores do setor moveleiro.

## 5. CONCLUSÕES

Na avaliação do comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (de 6 e 8 anos de idade) e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (de 10 anos de idade), visando ao uso na indústria moveleira, chegaram-se às seguintes conclusões:

- Nos ensaios de aplicação de acabamentos superficiais, os clones apresentaram aderência satisfatória quando se utilizaram produtos sintéticos.

- O clone de *Eucalyptus camaldulensis* apresentou melhor desempenho na aplicação de vernizes (nitrocelulose e poliuretano).

- O clone de *Eucalyptus urophylla* (oito anos) mostrou melhor desempenho na aplicação de tingidor.

- No ensaio de aplicação de cera de carnaúba para acabamento superficial, os resultados não foram satisfatórios. Não se fez um diagnóstico do mau desempenho, não sendo possível identificar a sua causa: inadequação da madeira, incompatibilidade da madeira com o produto ou com o processo ou, mesmo, com a metodologia de aplicação, método de avaliação e aplicação da norma etc.

## CAPÍTULO 3

### AVALIAÇÃO DO *DESIGN* E ERGONOMIA EM CADEIRAS CONFECCIONADAS COM MADEIRA DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehn E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

#### 1. INTRODUÇÃO

A indústria brasileira de móveis vem experimentando mudanças significativas em sua base produtiva e tem respondido, com rapidez, ao ajuste das novas condições de abertura comercial e globalização dos mercados. O salto tecnológico das indústrias tem possibilitado um aumento significativo nos volumes e valores das exportações dos móveis brasileiros (PINATTI, 2003). Neste contexto, a inclusão de inovações tecnológicas, com destaque para o *design*, torna-se fator decisivo para o desenvolvimento de produtos.

*Design* não envolve apenas estética, beleza, mas o desenvolvimento de um produto que ofereça suportes estruturais e ergonômicos que atestem sua qualidade. Segundo Ferreira (2005), *design* significa concepção de um projeto ou modelo; envolve planejamento e o seu produto; ou seja, o *design* é todo um processo de idéias, planejamento, construção e finalização, em que o produto resultante apresente todas as qualificações necessárias para ser bem aceito no mercado.

Pinatti (2003) afirmou ser o *design* um elemento de agregação de valor e identificação visual, não apenas de produtos e serviços, mas,

também, como uma marca específica das próprias empresas. Sendo mais que uma simples escolha de formas, o *design* é um fator de melhoria de partes estruturais e funcionais de produtos, facilitando o processo de fabricação, adequando o uso e estimulando o consumo.

Segundo Naviero (2001), o *design* está vinculado à estratégia de inovação tecnológica, englobando pesquisa de mercado, pesquisa e desenvolvimento, planejamento mercadológico, viabilidade produtiva, distribuição dos produtos, assistência pós-venda, entre outros. Peruzzi (1998) afirmou que o *design* agrega valor e cria identidade visual aos produtos, serviços e empresas, constituindo, em última análise, a imagem das empresas no mercado, incorporando inovação, confiabilidade, racionalidade, evolução tecnológica e padrão estético.

A utilização de novos materiais, novos tipos de acabamento e *design* constituem as principais atividades inovadoras da indústria, uma vez que as tecnologias de processo estão consolidadas e difundidas. Peruzzi (1998), assegura estar o *design* ligado à inovação: “Novos produtos são a chave para o crescimento de vendas de uma empresa, principalmente na situação de competitividade em que se encontra o mercado atual. Numa sociedade industrial tão desenvolvida é quase impossível lançar um produto totalmente novo, projetando-se produtos que são o *redesign* de peças, já em uso no mercado”.

Conforme Costa (2005), o *redesign* é o processo de voltar a desenhar um produto, mantendo sua essência inalterada. Através do *redesign*, os produtos são adaptados às condições tecnológicas e necessidades do mercado, de modo a melhor enfrentar a concorrência. Esses produtos têm maior aceitação pelos consumidores, uma vez que fazem parte do conhecido. Além disso, produtos novos significariam grandes investimentos da empresa na adaptação das linhas de produção, exigindo maiores investimentos, podendo comprometer os lucros.

No processo de *design* e/ou *redesign*, cabe ao profissional, segundo Löbach (2001), encontrar soluções para os problemas e concretizá-las num produto industrial por meio de um projeto, incorporando características que possam satisfazer as necessidades humanas, de forma duradoura. Além disso, o *designer* é responsável pelo planejamento e coordenação de todo

processo produtivo, orientando-se pelas necessidades do usuário e pela oferta dos concorrentes da empresa, influenciando, diretamente, a estratégia de vendas.

A abertura do mercado, obrigando as empresas a investirem na melhoria dos produtos, a disponibilidade de recursos humanos na área, necessidade de baixos investimentos para fortalecer a infra-estrutura instalada, conscientização dos agentes sociais e econômicos do país para a questão da competitividade, as experiências bem sucedidas de agregação de valor aos produtos através do *design*, tanto em mercados internos quanto externos e criação de entidades tecnológicas, todos estes fatores têm estimulado o setor moveleiro nacional a desenvolver o *design*.

De acordo com Revista da Madeira (2006), a situação atual do *design* no Brasil tem como pontos fortes à originalidade e criatividade, a infra-estrutura para formação de Recursos Humanos, a presença de mais de 500 escritórios de *design*, além de indústrias com equipes próprias e núcleo setorial de informações, revistas especializadas e laboratórios, reconhecimento do valor do *design* brasileiro no exterior, mediante premiações em concursos e eventos internacionais. Como pontos fracos temos a baixa conscientização da importância do assunto junto aos segmentos empresariais, a falta de conhecimento ou conceito distorcido sobre *design*, a pouca articulação entre o setor produtivo e instituições de *design*, a inexistência da cultura de *design* junto ao potencial mercado consumidor de produtos industriais, associada à falta de identidade dos produtos nacionais e insuficiência de padrões e normas técnicas adequadas.

Enquanto tecnologia, o *design* tem a ergonomia como parceira indispensável. Segundo Schiavini (2005), a ergonomia contribui significativamente para a adequação de diferentes usuários, de modo que eles identifiquem esta contribuição, reconhecendo nos produtos valores como satisfação, prazer e segurança.

Lida (1993) afirma que a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem, onde o trabalho tem uma aceção bastante ampla, abrangendo, não apenas máquinas e equipamentos, mas também toda situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e seu trabalho. Ela pode ser aplicada em diversas áreas, proporcionando sempre ao bem estar

do homem na realização de suas tarefas, prevenção de acidentes e aumento da produtividade.

No estudo da ergonomia, a antropometria é uma importante variável. Trata do estudo das dimensões físicas do corpo humano, favorecendo a adaptação do homem aos diferentes produtos e situações. Segundo Palmer (1976), o ajuste do mobiliário às dimensões anatômicas do usuário é um dos requisitos essenciais na fase projetual. No Brasil, são poucos os estudos em relação às dimensões antropométricas da população. Os dados mais consistentes, segundo Duque (*apud* CORBIOLI, 2002), foram obtidos em 1989 com a “Pesquisa Antropométrica para Projeto de Postos de Trabalho”, realizada pelo Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro. Os resultados do mesmo apresentam restrições, uma vez que o universo de abrangência envolveu apenas três mil pessoas.

O uso de normatização técnica envolve aspectos ergonômicos e dimensões antropométricas no processo de *design*. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005) as normas técnicas que regulamentam a produção de móveis, são precárias; além do reduzido número, apresentam falhas quanto às dimensões. Essas regulamentações apenas indicam o caminho a ser seguido, sem apresentar critérios ergonômicos aprofundados, como a interação usuário – produto, por exemplo, o comportamento postural a ser adotado. O segmento mobiliário que apresenta maior normalização é o de móveis para escritório, por estar associado à legislação brasileira de segurança e saúde no trabalho. As normas técnicas utilizam, quase sempre, padrões norte-americanos e europeus, excluindo boa parte da população brasileira que não se enquadra nesses parâmetros. Por isso, os projetos se mostram insuficientes no que diz respeito à interface produto-usuário.

Segundo Júnior, *apud* Corbioli (2005), a falta de informação generalizada, somente as empresas de grande porte possuem mobiliário de padrões corretos; na maioria das empresas, no entanto, percebe-se uma inadequação dos padrões. Metade dos móveis existentes no mercado não atende aos aspectos ergonômicos, priorizando-se, apenas, os aspectos estéticos, criando-se uma imagem distorcida sobre *design* e tornando o mercado menos competitivo.

Em estudo desenvolvido por Fialho (2005), sobre o pólo moveleiro de Ubá - MG ressalta-se que, de uma maneira geral, os aspectos ergonômicos, como conforto, adaptação antropométrica, funcionalidade e segurança, não são priorizados nos projetos. As fábricas necessitam de se adequar às novas tendências, utilizando o *design* e a ergonomia como alternativas de diferenciação e melhoria na qualidade dos produtos.

### **1.1. Metodologias de projeto**

Aos profissionais de *design* cabe a responsabilidade de adoção de uma metodologia de projeto que não exclua aspectos ergonômicos no processo produtivo das empresas. Essa metodologia definirá a fase projetual a qual compreende todo processo produtivo. Deve-se adotar, preferencialmente, um método que já tenha sido experimentado para se evitar perda de tempo na correção de erros. O método adotado não deve ser absoluto nem definitivo, podendo ser flexível, adequando-se ao processo produtivo da empresa. Existem diversas metodologias diferenciadas, principalmente, pela finalidade. Por exemplo, a proposta metodológica de Ulrich, *apud* Navieiro (2001), desdobra o processo de *design* sob três aspectos: marketing, projeto, fabricação – os três setores mais diretamente envolvidos com a atividade de projeto quando se visa o sucesso de um produto, gerando lucros para a empresa.

Segundo Peruzzi (1998), o processo de desenvolvimento de produtos divide-se em doze etapas; pesquisa de mercado, definição do produto, análise do processo produtivo da empresa, concepção do produto, apresentação do projeto, execução do protótipo, avaliação (aprovação ou não do projeto), implantação (introdução do produto na linha de produção), teste de mercado, material de venda (marketing), lançamento e monitoração.

Löbach (2001) classifica o processo em quatro etapas. A primeira é a análise do problema, envolvendo a coleta de informações e análise. São analisadas relação usuário/produto, relação produto/meio ambiente, mercado, estrutura, materiais, processos de fabricação, legislação e normas, distribuição, montagem, serviços ao cliente, manutenção etc. A segunda

etapa é a geração de alternativas possíveis para solucionar o problema em questão. Em seguida, são avaliadas as alternativas tentando encontrar a que melhor se ajuste aos objetivos estabelecidos. A última fase é a materialização e avaliação da alternativa escolhida na forma de um protótipo.

As metodologias de projeto, geralmente, enfatizam a etapa de identificação e definição do problema, constituindo-se o ponto de partida e motivação para todo o processo.

## **1.2. Desenvolvimento do produto**

O produto moveleiro, desenvolvido e avaliado neste trabalho, foi a cadeira por ser importante e de grande utilização pelo homem. O ato de sentar é imprescindível ao ser humano tanto na realização de suas tarefas quanto nos momentos de ócio. Portanto, o tipo de assento influencia fortemente no desempenho das atividades, devendo estar adequado ao uso a que se destina. Segundo Nahuz (1999), a cadeira é a peça do mobiliário mais intimamente relacionada com a anatomia do usuário, bem como significativa na representação hierárquica das organizações.

Sobre essa peça deve ser considerado que toda cadeira deve apresentar, necessariamente, assento e encosto, podendo também possuir braços. O assento é a parte mais importante e deve promover a maior distribuição do peso corporal, bem como proporcionar alternância postural, sem comprometer a instabilidade, além da beleza estética. Segundo Guimarães, *apud* Costa (2005), uma pequena inclinação para trás impede que as pessoas escorreguem para frente. Também a profundidade não deve ser pequena (sensação de instabilidade) e nem longa (dificulta a circulação sanguínea). A formação de ângulo reto entre coxa e pernas indica a altura ideal. Uma atenção especial deve ser dada às bordas dos assentos que devem ser arredondadas, evitando-se o estrangulamento dos vasos sanguíneos.

O encosto tem a função principal de dar suporte à região lombar. Segundo Lida (1990), a possibilidade de uma pequena inclinação para trás ajuda na correta alternância postural, sem comprometer a postura correta. O

apoio para os braços é importante à medida que proporciona maior conforto na realização de tarefas e ócio, pois ajuda a descansar os músculos do tronco e dos braços (COSTA, 2005).

Além das dimensões, os assentos devem priorizar os aspectos de segurança para não colocar em risco a integridade física e saúde do usuário. Segundo Queiroz (2004), a presença de quinas vivas, arestas e bordas cortantes, nas peças, podem causar pequenos acidentes aos usuários, como cortes e hematomas quando estes tocam ou esbarram no móvel. Outra característica indispensável é a estabilidade, oferecendo segurança ao usuário minimizando o risco de quedas deste ou, até mesmo, da queda do móvel sobre o usuário.

## 2. OBJETIVO

Objetivou-se avaliar capacidade produtiva da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake através do desenvolvimento de dois modelos distintos de cadeiras com aplicação dos conceitos de *design* e ergonomia.

Ressalta-se que a confecção e avaliação ergonômica dos protótipos permitiram avaliar a performance em uso dos produtos e diagnosticar a importância do *design* e ergonomia na produção moveleira.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Confeccionaram-se quatro protótipos de assentos. Dois seguiram um modelo baseado em cópia (Modelo 1), diferenciados pela presença (Assento 1) e ausência de estofamento (Assento 2). Esses protótipos não apresentaram estudo prévio de *design* e ergonomia. Os outros dois protótipos (Modelo 2) foram resultados de um processo de *design*, em que se adotou uma metodologia de desenvolvimento de produtos, diferenciados pela presença (Assento 3) e ausência de estofamento (Assento 4). A Tabela 1 apresenta as dimensões adotadas nos assentos dos dois modelos propostos.

Tabela 1 – Dimensões utilizadas na confecção dos protótipos

Modelo	Dimensões											
	Assento				Encosto				Apóia-Braços			
	Altura (cm)	Largura (cm)	Profundidade (cm)	Ângulo Inclinação (°)	Extensão Vertical (cm)	Largura (cm)	Ângulo de Inclinação (°)	Ângulo Assento Encosto (°)	Altura (cm)	Largura (cm)	Compr. (cm)	Distância (cm)
1	47	43	44/42	0	68	39	0	0	-	-	-	-
2	45	50,5	37/43	5	63	50,5	5/55	95/145	25	2	49,5	40

### **3.1. Metodologia de desenvolvimento de produtos**

A metodologia adotada no processo de desenvolvimento de produtos *design* constitui-se de cinco etapas, sendo cada etapa pré-requisito para a próxima seguindo uma seqüência lógica de organização de idéias, criatividade e processo produtivo sendo: definição do produto, coleta e análise das informações necessárias, geração de alternativas, definição das melhores alternativas através do desenvolvimento de um projeto e execução de protótipos.

#### **3.1.1. Definição do produto**

Nesta etapa, definiram-se todas as diretrizes do projeto. Primeiramente, definiu-se o tipo de produto a ser desenvolvido e suas principais características. Optou-se pela fabricação de um assento, por causa da serventia e valor para o homem, com uma revisão de conceitos de ergonomia e normas técnicas.

Desenvolveu-se um assento que possibilitasse a sua utilização em diferentes ambientes, agregando versatilidade à peça, dentro das normas disponíveis, com a possibilidade de análise e correção das falhas existentes. Criou-se um dispositivo de regulagem da inclinação do encosto, permitindo a alternância de posições.

#### **3.1.2. Coleta e análise das informações**

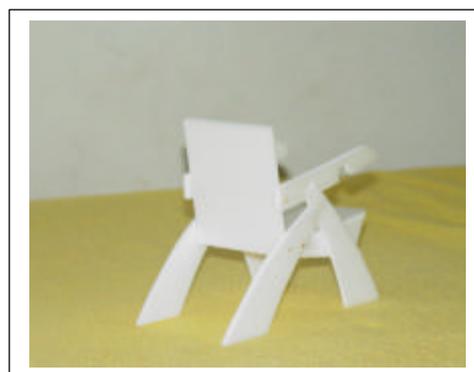
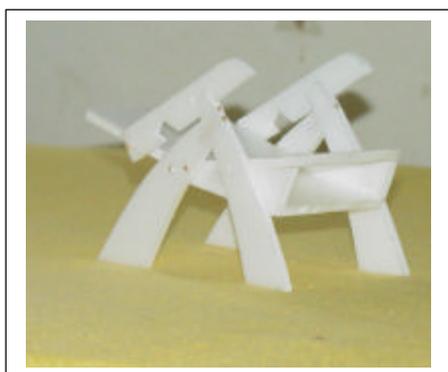
Reuniram-se informações que auxiliassem no desenvolvimento do projeto. Coletaram-se informações sobre os produtos disponíveis no mercado, revisão de literatura, estudos ergonômicos, mecanismos estruturais fixos e móveis, entre outros.

#### **3.1.3. Geração de alternativas**

Todas as informações processadas e analisadas foram traduzidas em esboços e desenhos, gerando alternativas de produto. Desenvolveram-se

maquetes que auxiliaram na escolha de formas e mecanismos de funcionamento.

Elaboraram-se maquetes processuais de cadeiras para usos variados, optando-se pelo sistema de cadeira reclinável. As maquetes possibilitaram melhor visualização e alavancaram o estudo de outros mecanismos (Figuras 1 e 2).



Figuras 1 e 2 – Maquetes processuais.

#### **3.1.4. Definição das melhores alternativas**

Definidos os conceitos preliminares, desenvolveram-se e aprimoraram-se os detalhes. Nesta etapa, buscou-se a adequação do produto às condições de factibilidade, principalmente no que se refere ao sistema produtivo, resultando em um projeto detalhado para a confecção dos protótipos.

#### **3.1.5. Execução do protótipo**

Concretizou-se o produto em medidas reais, permitindo o levantamento de considerações não previstas na fase de concepção. As dimensões utilizadas no projeto (assento, encosto e apoio para braços) foram definidas em conformidade com a NBR 13962 (Móveis para escritório) e NBR14006 (Móveis escolares – Assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões de assentos utilizados no projeto, segundo as normas NBR 13962 e NBR 14006

Normas - NBR	Dimensões																							
	Assento								Encosto				Apóia-Braços											
	Altura (cm)		Largura (cm)		Profund. (cm)		Ângulo de Inclinação (°)		Extensão Vertical (cm)		Largura (cm)		Ângulo de Inclinação (°)		Ângulo Assento Encosto (°)		Altura (cm)		Largura (cm)		Compr. (cm)		Distância (cm)	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
13962	42	50	40	38	0	7	36	30,5	15	-	-	20	25	4	20	46								
14006*	42	39	38	2	4	33	36	35	-	95	106	-	-	-	-	-	-							

\* Na NBR 14006 foram utilizadas as dimensões que correspondem a faixa de estatura de 1,62m a 1,80 identificada por tamanho 5 e cor verde.

Os protótipos foram confeccionados na marcenaria experimental do Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), da Universidade Federal de Viçosa (Modelo 1), e na Fábrica de Móveis Pinheiro (Modelo 2), ambas situadas na cidade de Viçosa, Minas Gerais. A matéria-prima utilizada foi a madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* (6 e 8 anos) e *Eucalyptus camaldulensis* (10 anos).

### 3.2. Avaliação ergonômica dos produtos

Avaliaram-se os produtos confeccionados através de um questionário com avaliação individual. Objetivou-se a avaliação de aspectos ergonômicos e aceitação do produto.

Cerca de cinqüenta pessoas manifestaram-se sobre o produto, sendo vinte e sete do sexo masculino, com idade média de 25 anos e altura média de 1,77 m; e 23 do sexo feminino, com idade média de 24 anos e altura média de 1,65 m. A altura de cada participante foi coletada a fim de se estabelecerem relações dimensionais como os produtos.

### **3.2.1. Elaboração do questionário**

Utilizando conceitos de bom, regular e ruim na avaliação ergonômica, consideraram-se os seguintes aspectos:

- Aspectos dimensionais: analisaram-se as dimensões de altura, largura, profundidade e inclinação de cada parte dos protótipos (assento, encosto e apoio para os braços) em relação à sensação de conforto dos entrevistados.

- Aspectos subjetivos: consideraram-se as sensações relacionadas ao conforto, estética (formas, materiais, cores) e outras características de importância conforme a opinião dos entrevistados.

- Aspectos de segurança: examinou-se a segurança através da sensação de estabilidade e presença de arestas cortantes, quinas salientes, dentre outras que possam provocar cortes e/ou hematomas, principalmente através das bordas.

- Aspectos construtivos: avaliou-se a capacidade do usuário (consumidor em potencial) de perceber não só a estética do produto, mas a funcionalidade e estabilidade da estrutura do mobiliário, bem como a necessidade de todas as peças.

Os dados referentes aos resultados da avaliação ergonômica das cadeiras projetadas foram organizados e sistematizados por meio de tabulação, utilizando-se planilha eletrônica, apresentados na forma de gráficos, e análise estatística descritiva.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste ensaio, os resultados interpretaram tão somente a avaliação ergonômica e aceitação do *design* dos produtos confeccionados utilizando a madeira de eucalipto.

### 4.1. Resultado do processo de *design*

Desenvolveu-se uma cadeira para usos diferenciados, utilizando-se diferentes inclinações do encosto. O *design* e os resultados desse processo são visualizados nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7.



Figuras 3 e 4 – Vista dos protótipos do Modelo 2 (Assento 3 e Assento 4), diferentes inclinações do encosto.

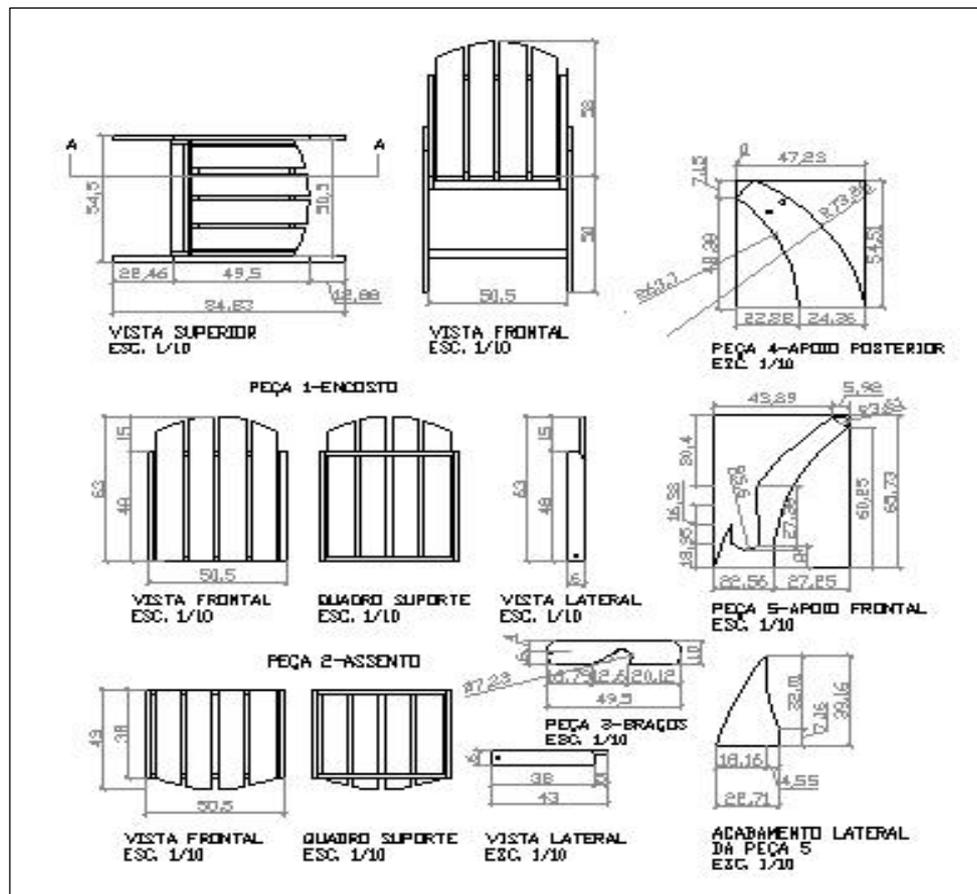


Figura 5 – Projeto executivo do Assento 3, correspondente ao Modelo 1.

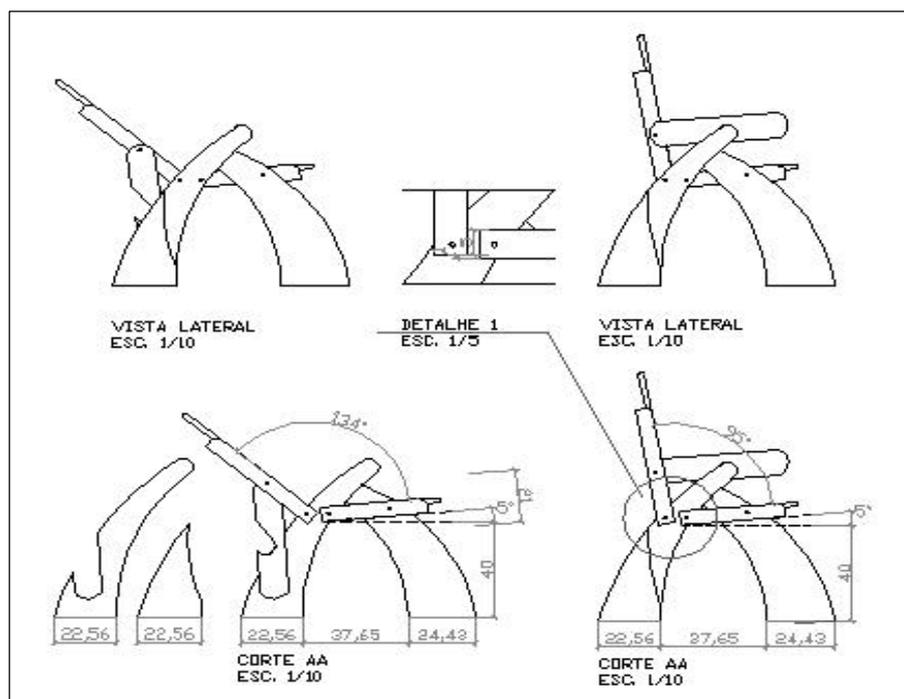


Figura 6 – Detalhamentos das peças para execução.



Figura 7 – Assentos avaliados: Modelo 1 (Assento 2 e Assento 1) e Modelo 2 (Assento 4 e Assento 3).

## **4.2. Avaliação ergonômica dos protótipos**

### **4.2.1. Avaliação ergonômica do Modelo 1**

Através da Figura 8, verificaram-se bons resultados na avaliação do Modelo 1, ou seja, valores acima de 80% na categoria “bom”, principalmente para os itens de largura do assento e encosto, funcionalidade ao uso destinado, articulações e encaixes seguros, número de peças suficientes ao funcionamento, além de oferecer 100 % de estabilidade e segurança. A cor do estofamento da cadeira 2 identificou-a como regular e ruim; de acordo com a maioria dos entrevistados, a cor utilizada mostrou-se incompatível, esteticamente, com a madeira de eucalipto, acarretando a desvalorização da peça. As bordas da cadeira 1, principalmente a peça do assento, não foram consideradas seguras por apresentarem quinas pontiagudas, oferecendo perigo e situações de pequenos acidentes, principalmente, em crianças e idosos.

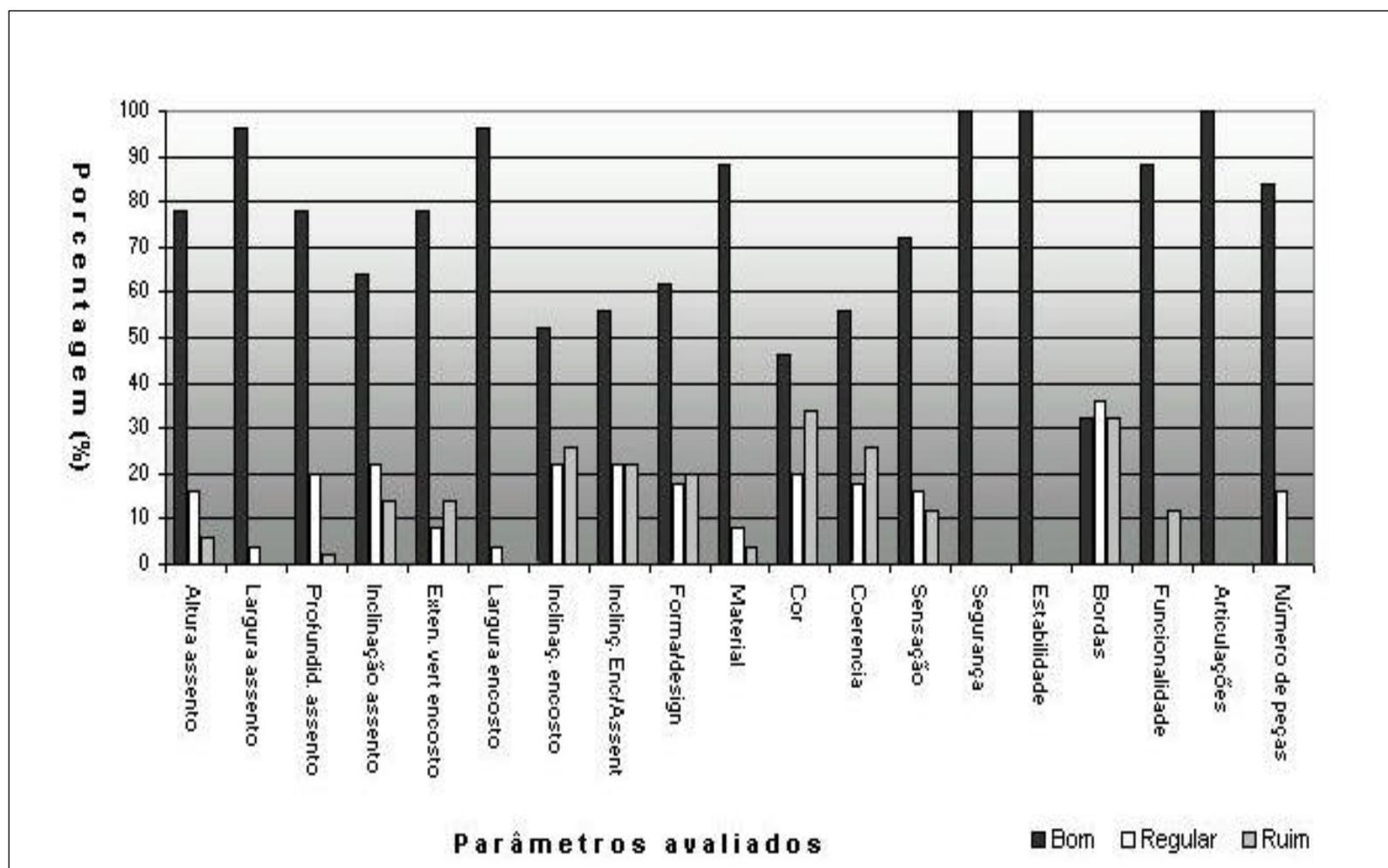


Figura 8 – Parâmetros avaliados de aceitação e avaliação ergonômica das cadeiras do Modelo 1.

O desenho das peças de um móvel deve conciliar a beleza das formas com o máximo de conforto aos usuários; no caso da cadeira 1, o desenho do encosto foi considerado esteticamente atraente, mas perdeu pontos por não apresentar apoio suficiente à região central das costas, ou seja, a região lombar. A presença de apenas uma peça a mais na cadeira 2, justamente nesta região, proporcionou melhor sensação de conforto (Figura 9).

A cadeira 1 proporcionou maior sensação de segurança e estabilidade que a cadeira 2, devido à maior profundidade do assento (2,5 cm a mais) e ausência de estofamento (Figura 10). A cadeira 2 foi considerada mais confortável, devido ao estofamento (Figura 11).



Figuras 9, 10 e 11 – Detalhes (encostos e assentos) das cadeiras 1 e 2 do Modelo 1.

#### 4.2.2. Avaliação ergonômica do Modelo 2

Em relação às cadeiras 3 e 4 do Modelo 2, analisaram-se os mesmos parâmetros do Modelo 1, destacando a análise da inclinação do assento, encosto e inclinação geral. Os resultados podem ser vistos na Figura 12.

Observou-se que a maioria dos valores se situa acima de 80%, na categoria “bom”; a largura do assento e encosto, segurança e estabilidade além de bordas e acabamentos mais seguros mereceram 90% de aprovação. A maioria dos entrevistados, além de aprovar o *design* das peças, alegou acreditar nas melhorias que o processo de *design* poderia trazer aos produtos. Cerca de 4% dos entrevistados classificaram o *design* como regular e ruim, identificando-o como “diferente e estranho”.

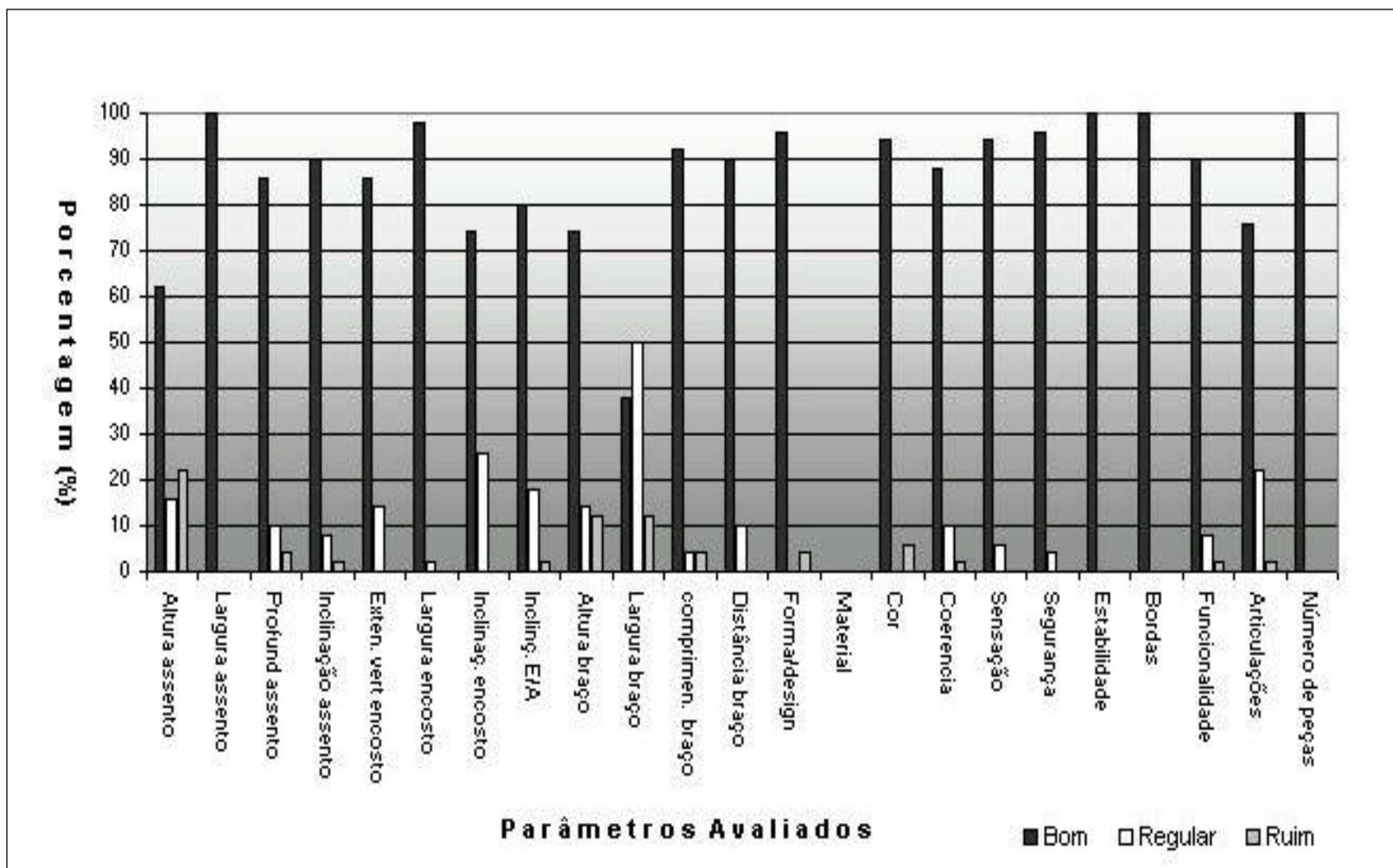


Figura 12 – Parâmetros avaliados de aceitação e avaliação ergonômica das cadeiras do Modelo 2.

Em relação à peça do assento, embora o projeto definisse altura total de 46 cm do assento ao solo, ocorreu um erro de execução, porque se adicionou a espessura da peça do assento a esta medida, totalizando 50cm. Tal fato mereceu a crítica de 38 % dos entrevistados, os quais a consideraram “regular e ruim”. A maioria desse grupo de entrevistados apresentava estaturas inferiores a 1,65 m (Figura 13).

As inclinações do encosto foram consideradas “boas”, principalmente na posição deitada; na posição ereta viu-se a necessidade de alterações, com o aumento do ângulo de inclinação, visando ao maior conforto dos usuários (Figura 14). Uma inclinação intermediária foi sugerida, a fim de atender outros usos, como assistir televisão e ler jornal. Na posição de maior inclinação do assento, inicialmente, o entrevistado experimentou uma sensação de insegurança; temia-se que a cadeira virasse, embora isto não tenha ocorrido em nenhuma das oportunidades.



Figuras 13, 14 e 15 – Modelo 2: vistas do encosto, assento e apóia-braços.

Independente da estatura dos entrevistados, a altura do apóia-braço foi considerada baixa, em algumas situações (Figura 14). A espessura dessa peça foi considerada regular, o que poderia causar sensação de desconforto durante um longo tempo de uso. O comprimento do apóia-braços (49,5 cm) foi considerado bom, assim como a distância entre eles (50,5 cm), embora a NBR 13962 apresente medidas bem menores (20 cm e 46 cm, para as medidas de comprimento e distância entre eles). Muitos entrevistados consideraram o sistema de encaixe do apóia braços com a base um pouco frouxo, causando certa insegurança; o ideal é houvesse um travamento maior da peça no encosto.

O espaçamento entre as peças do encosto e do assento (15 cm a 20 cm), recomendado por Panero (2002), mostrou-se indiferente na opinião dos entrevistados, uma vez que o espaçamento estava presente na cadeira 4 e ausente na cadeira 3, embora fossem do mesmo modelo.

As relações entre o Modelo 1 (cadeiras 1 e 2) e Modelo 2 (cadeiras 3 e 4) podem ser vistas na Figura 15. Observou-se que, quando instigados a avaliar as peças, os entrevistados se mostraram bem conscientes e críticos sobre suas considerações, o que contribuiu muito nos resultados. A maioria deles considerou a peça do assento como fundamental para o conforto ao assentar e qualquer falha nesta parte da cadeira foi percebida imediatamente.

O *design* e a aplicação das normas oficiais, baseadas nos conceitos de ergonomia, mostraram-se muito importantes, o que se pôde comprovar neste estudo. Através da Figura 16, verificou-se que os valores de aceitação mais elevados foram para o Modelo 2, principalmente no que se refere a inclinações, forma, *design* e uniformidade do conjunto. A altura total do assento de 46 cm, encontrada no Modelo 1 foi considerada mais adequada que no Modelo 2; inicialmente, ambos os modelos apresentavam a altura considerada ideal, de 46 cm, como diz a norma; tal situação não foi verificada em função de problemas de execução do projeto, já comentado anteriormente.

No Modelo 2, as inclinações das peças do assento, do encosto e de ambos simultaneamente, mostraram-se visivelmente mais confortáveis que as encontradas no Modelo 1, apesar de ainda não serem totalmente satisfatórias. Pessoas de maior estatura ou portadoras de problemas de coluna, no entanto, sentiram maior conforto com a menor inclinação do Modelo 1.

Os entrevistados classificaram o Modelo 1 como “desproporcional, frágil, básico, comum, simples, pobre, feio, antigo, impessoal e rústico”. O Modelo 2 foi classificado como “anatômico, desproporcional, grande, pesado, não muito prático, diferente, estranho, forma que transmite segurança”.

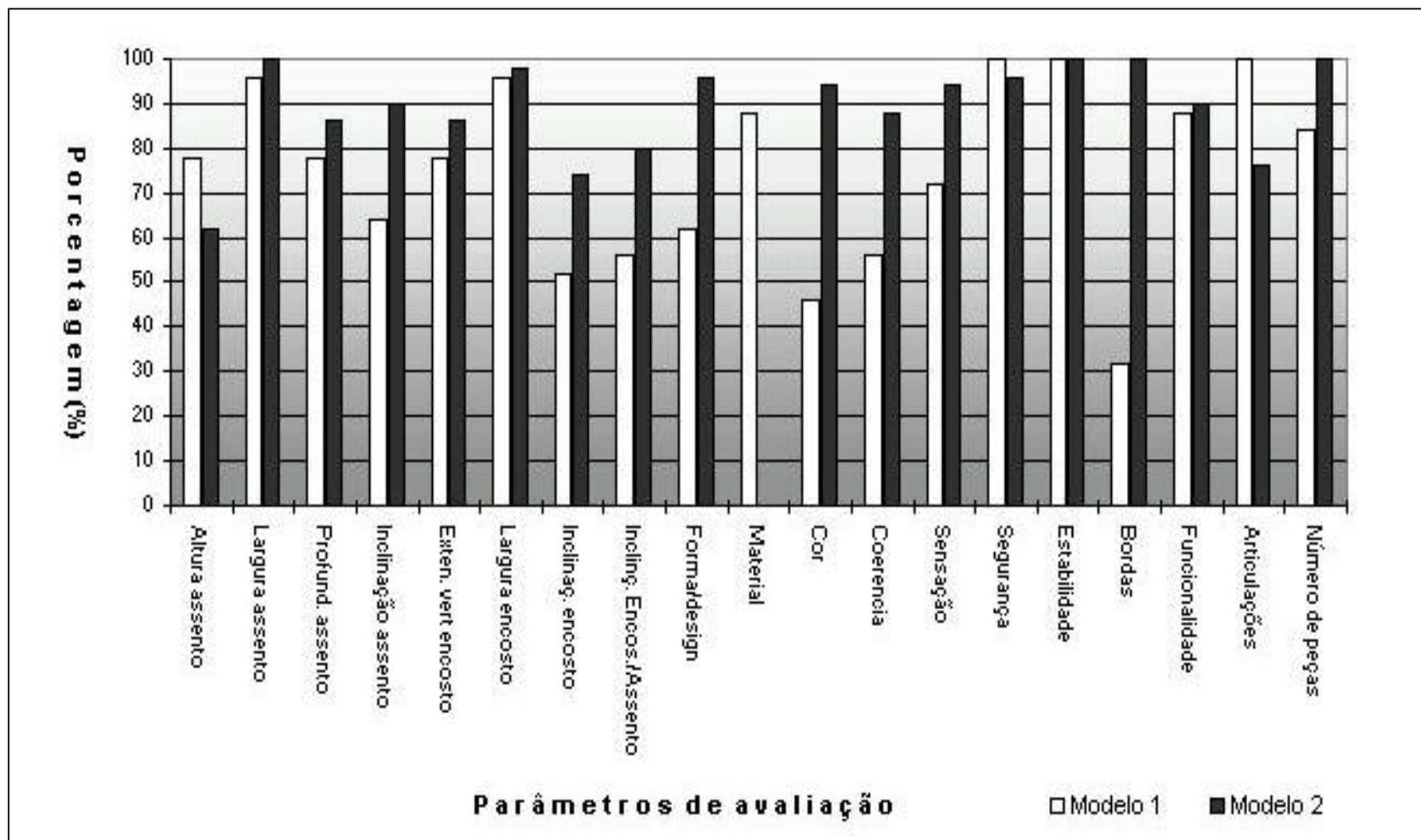


Figura 16 – Parâmetros avaliados de aceitação e avaliação ergonômica das cadeiras dos Modelos 1 e 2.

O tipo de estofamento mostrou-se muito importante. À primeira vista, a preferência foi pela cadeira estofada do Modelo 1, devido à maior sensação de conforto. A espuma utilizada no estofamento, no entanto, apresentava maior espessura e baixa densidade, proporcionando uma sensação de instabilidade ao assentar. As pessoas, então, preferiram a cadeira sem estofamento, devido à sensação de segurança. O estofamento da cadeira 4 foi mais bem aceito pelos entrevistados, já que a espuma era mais densa e rígida, dando uma sensação de estabilidade e, ao mesmo tempo, conforto aos usuários. Observou-se que a espuma deveria ser mais espessa, principalmente nas bordas, a fim de evitar o desgaste prematuro da peça. A densidade da espuma na fabricação de cadeiras é muito importante e, para tanto, deveria haver um controle rígido de uso, adequado a cada projeto.

A combinação das matérias-primas é outro fator a ser considerado. Nesta avaliação, percebeu-se que os entrevistados, quando instigados sobre cores da madeira e tecido dos estofamentos, apresentaram considerações bem interessantes. As mulheres se mostraram mais críticas em relação às cores, dando preferência à combinação apresentada na cadeira 4; sem dúvida, a escolha do tecido valorizou a coloração natural da madeira. Uma pequena parte dos entrevistados optou pelo contraste do escuro do estofamento com a tonalidade clara da madeira. Os homens consideraram a escolha da cor como fator irrelevante.

Constatou-se, neste estudo, a boa aceitação da madeira de eucalipto (88%) utilizada na confecção das cadeiras. A porcentagem que definiu a madeira como “regular ou ruim” tinha preferência pessoal por madeiras com colorações mais escuras; como visto anteriormente, tal opção poderia ser satisfeita com a aplicação de tingidores ou com aplicação de outras técnicas de escurecimento da madeira, disponíveis no mercado.

Por ser um protótipo, o produto, ainda, necessita de ajustes para ser produzido em escala industrial. Através da avaliação, perceberam-se pontos positivos e negativos nas cadeiras produzidas. Tais peças deverão passar por modificações, ajuste e novas avaliações.

## 5. CONCLUSÕES

Na avaliação do comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (de 6 e 8 anos de idade) e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (de 10 anos de idade), visando o uso na indústria moveleira, chegaram-se às seguintes conclusões:

- A aplicação de conceitos de *design* e ergonomia no desenvolvimento do produto resultou em maior valor agregado, comprovado pela maior aceitação dos entrevistados na avaliação ergonômica.

- O uso de normas técnicas na fase projetual, mesmo não sendo específica ao produto desenvolvido, permitiu melhor ajuste ao perfil dos usuários.

- Os entrevistados mostraram boa percepção sobre as qualidades e deficiências dos produtos, mas, ainda faltam mais críticas sobre os produtos.

- A segurança e a estabilidade foram fatores de extrema importância na avaliação dos entrevistados e estão intimamente ligados com o uso de normas técnicas.

- A utilização da madeira de eucalipto na confecção de cadeiras, principalmente, agregada ao *design*, foi bem recebida pelos entrevistados, não mostrando nenhum tipo de preconceito por parte dos futuros consumidores.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

Na avaliação do comportamento da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (de 6 e 8 anos de idade) e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (de 10 anos de idade), visando ao uso na indústria moveleira, chegou-se às seguintes conclusões:

- A madeira de eucalipto apresentou um bom comportamento para ser utilizada na indústria moveleira, pois houve resultados satisfatórios nos diferentes ensaios de usinagem.

- O clone de *Eucalyptus urophylla*, com oito anos, apresentou melhor desempenho na maioria dos ensaios de usinagem, revelando grande potencial de uso dessa espécie para produção de móveis.

- O clone *Eucalyptus urophylla*, com seis anos, não apresentou desempenho satisfatório provavelmente devido à presença de madeira juvenil.

- Nos ensaios de aplicação de acabamentos superficiais, os clones apresentaram aderência satisfatória quando se utilizaram produtos sintéticos.

- O clone de *Eucalyptus camaldulensis* apresentou melhor desempenho na aplicação de vernizes (nitrocelulose e poliuretano).

- O clone de *Eucalyptus urophylla* (oito anos) apresentou melhor desempenho na aplicação de tingidor.

- No ensaio de aplicação de cera de carnaúba para acabamento superficial, os resultados não foram satisfatórios. Não se fez um diagnóstico do mau desempenho, não sendo possível identificar a sua causa: inadequação da madeira, incompatibilidade da madeira com o produto ou com o processo ou, mesmo, com a metodologia de aplicação, método de avaliação e aplicação da norma etc.

- A aplicação de conceitos de *design* e ergonomia no desenvolvimento do produto resultou em maior valor agregado, comprovado pela maior aceitação dos entrevistados na avaliação ergonômica.

- O uso de normas técnicas na fase projetual, mesmo não sendo específica ao produto desenvolvido, permitiu melhor ajuste ao perfil dos usuários.

- Os entrevistados mostraram boa percepção sobre as qualidades e deficiências dos produtos, mas, ainda falta uma visão mais crítica sobre os produtos.

- A segurança e a estabilidade foram fatores de extrema importância na avaliação dos entrevistados e estão intimamente ligados com o uso de normas técnicas.

- A utilização da madeira de eucalipto na confecção de móveis, principalmente, agregada ao *design*, foi bem recebida pelos entrevistados, não mostrando nenhum tipo de preconceito por parte dos futuros consumidores.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Com base nos estudos e conclusões deste trabalho, recomendam-se:

- Utilizar madeira de reflorestamento proveniente de plantios com técnicas silviculturais diferenciadas, onde se utilizam desramas, desbastes e espaçamentos não convencionais.

- Envolver outras espécies do gênero *Eucalyptus* com potencial para a indústria moveleira.

- Estudar outras propriedades da madeira que não foram contempladas neste trabalho, como propriedades físicas e mecânicas e outros ensaios de usinagem.

- Utilizar novos parâmetros de usinagem, procurando-se a adequação ideal de máquinas, ferramentas e características da madeira.

- Reavaliação dos clones em idades mais avançadas, a fim de diagnosticar a influência da idade em relação ao comportamento da madeira nos testes de usinagem.

- Estudar procedimentos mais adequados para aplicação e avaliação da madeira de eucalipto em ensaios de acabamentos superficiais.

- Utilizar novos produtos de acabamento, envolvendo produtos naturais, como ceras, óleos e corantes.

- Levantamento de dados antropométricos da população como o objetivo de avaliar a conformidade ergonômica das normas técnicas de mobiliário existentes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMÓVEL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO MOBILIÁRIO. Disponível em: <<http://www.abimovel.org.br>>. Acesso em: 20 Dez. 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/newsletter>>. Acesso em: 23 Abr. 2005.

ALVES, R. R. **Indicadores da indústria moveleira**. Viçosa: UFV, 2006. (não-publicado).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1666-87: **Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials** (reapproved 1994). Philadelphia, 1995. p. 226 - 245.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 11003: **Tintas – Determinação aderência**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13962: **Móveis para escritório** – cadeiras. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 14006: **Móveis escolares** – assentos e mesas para conjunto aluno de instituições educacionais. Rio de Janeiro, 2003.

BONDUELLE, A. Usinagem, qualidade e custo. **Revista da Madeira**, Curitiba, p. 82-86, 2001.

CORAL, **Tintas**. Disponível em: <<http://www.tintascoral.com.br>>. Acesso em: 5 Fev. 2006.

CORBIOLI, N. Tecnologia - Mobiliário de escritórios. **Projeto Design**, São Paulo, n. 264, p. 21-23, fev. 2002.

COSTA, E. M. A madeira de eucalipto na indústria moveleira. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO – IV SEMADER, 1996, Paraná. **Anais...** Curitiba, ABPM, 1996. p. 75-89.

COSTA, F. **Avaliação da conformidade ergonômica de cadeiras residenciais, visando ao redesign**: estudo de caso do APL de Ubá e Região. 2005. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

COUTINHO, L. *et al.* **Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil**: Madeiras e móveis. Campinas, 2002.

FERREIRA, A. **Novo dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Curitiba: Positivo, 2004.

FIALHO, P. B. **Avaliação ergonômica de móveis para subsidiar a definição de critérios de conformidade para o pólo moveleiro de Ubá – MG**. 2005. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

GONÇALVES, M. T.T. **Processamento da madeira**. Bauru: 2000. 242 p.

GORINI, A. P. F. **Panorama do setor moveleiro no Brasil, com ênfase na competitividade externa a partir do desenvolvimento da cadeia industrial de produtos sólidos de madeira**. Disponível em: <<http://www.cartaobndes.com/conhecimento/bnset/set801.pdf>>. Acesso em: 17 Jul. 2006.

IEL-MG. **Diagnóstico do pólo moveleiro de Ubá e região**. Belo Horizonte: IEL-MG, 2002. 65 p.

IIDA, I. **Ergonomia** – Projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher, 1993, 465p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>. Acesso em: 27 de Fev. 2006.

LÖBACH, B. **Design Industrial** - Bases para a configuração dos produtos industriais. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 206 p.

LUCAS, F. C. **Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis**. 2004. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NAHUZ, M. Inovações na área de utilização da madeira de eucalipto: a fabricação de móveis. In: WORKSHOP TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. p. 28-33.

NAVIEIRO, R.; OLIVEIRA, V. (Org). **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**. Juiz de fora: UFJF, 2001. 186 p.

OLIVEIRA, J. T. S. O potencial do eucalipto para a produção de madeira sólida. **Revista da Madeira**, Curitiba, p. 98-104, agosto 2003. (Edição Especial)

PALMER, C. **Ergonomia**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976, 207 p.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores**. Barcelona: Gustavo Gili, 2002. 320 p.

PERUZZI, J. T. **Manual sobre a importância de design no desenvolvimento de produtos**. Bento Gonçalves: CETEMO, 1998, 77p.

PINATTI, A. E. Design tecnológico: tecnologia e design aplicados a móveis de madeira como fator de competitividade. In: 8º Congresso Florestal Brasileiro, 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo. Disponível em: <<http://www.congressoflorestal.com.br/programacaotv.html>>. Acesso em: 10 Jan. 2006.

QUEIROZ, C. **Avaliação da conformidade ergonômica de mesas e cadeiras produzidas em Viçosa**. 2004. 45 f. Monografia de final de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

RAIS – RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS. **Bases estatísticas de 2001**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. MDIC – Informativos. Secex. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/secex>>. Acesso em: 15 de Fev. 2005.

RETEC-BA. **Informações sobre a utilização da cera de carnaúba**. 2001. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>> . Acesso em: 30 Jul. 2006.

REVISTA DA MADEIRA. Curitiba, agosto 2003. (Edição especial).

REVISTA DA MADEIRA. **Mercado exige desenho inteligente**. n. 61 - ano 11 - novembro de 2001. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/revista/materia.php?edicao=61&id=68>>. Acesso em: 13 Set. 2006.

SAYERLACK, R. **Soluções para madeira**. São Paulo, 2001. 35 p.

SCHIAVINI, R. **A importância da ergonomia no design**. 2005. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/artigos/materias.php?artigo=Design>>. Acesso em: 25 Jul. 2006.

SECEX/ABIMÓVEL. **Brasil – mobiliando o mundo**. 2003. Disponível em: <<http://www.federativo.bndes.gov.br/conhecimento/seminario/florestal13.pdf>> Acesso em: 23 Jul.2005.

SENAI. **Acabamento em móveis de madeira**. Ubá: SENAI, 1994. p.33.

SENAI/CETEMO. **Nos caminhos do eucalipto**. Bento Gonçalves: CETEMO, 1998. p.88.

SENAI-RS. **Coletânea de Artigos Técnicos para a indústria do mobiliário**. Bento Gonçalves: CETEMO, 1995. 44p

SENAI-UBÁ. **Tecnologia na produção de móveis**. Material didático. Ubá: SENAI, 2006. p. 174.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002a.

SILVA, J. C. **Diagnóstico da Indústria moveleira**. Viçosa: UFV, 2006a. (não-publicado).

SILVA, J. C. Eucalipto, arroz, soja e carne: uma economia e dieta saudável. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 14, n. 86, p. 104 -108, dezembro 2004.

SILVA, J. C. **Notas de aula da disciplina ENF 652 - Indústria moveleira**. Viçosa: UFV, 2006b.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S. **Diagnóstico do setor moveleiro no Brasil**. Viçosa, 2001.

SILVA, J. R. **Produtos utilizados no setor de acabamento de móveis de madeira** – características e técnicas de aplicação. 2002 c. Disponível em: <[http://www.editora.ufla.br/Boletim/pdf/bol\\_48.pdf](http://www.editora.ufla.br/Boletim/pdf/bol_48.pdf)>. Acesso em: 20 Abr. 2005.

SILVA, J. R. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* hill ex. maiden.** 2002. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002b.

SILVA, J. R. **Secagem ao ar livre da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de móveis.** 1997. Disponível em: <[http:// www.dcf.ufla.br/ /Cerne/revistav3n1-1997/UMIDAD.PDF](http://www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav3n1-1997/UMIDAD.PDF)> . Acesso em: 10 Set. 2006.

SINCLAIR, S. A.; HANSEN, B. G. The relationship between purchase decisions and quality assessment of office furniture. **Wood and Fiber Science**, v. 25, n. 2, p. 142-152. 1993.

WATAI, L. T. **Tecnologia básica em acabamento de madeiras.** São Paulo: IPT, 1995. 103 p.

## 8. ANEXO

Anexo 1 – Questionário de avaliação ergonômica das cadeiras projetadas

NOME:						DADE:			ALTURA:			
DATA:												
<b>ASPESTOS DIMESIONAIS</b>												
ASSENTO												
ALTURA			LARGURA			PROFUNDID.			INCLINAÇÃO			OBS
Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	
ENCOSTO												
EXT. VERT.			LARGURA			INCLINAÇÃO			ASSET/ENCOS			OBS
Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	
APOIO PARA BRAÇOS												
ALTURA			LARGURA			COMPRIMENTO			DISTÂNCIA			OBS
Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	Bo	Ru	Re	
<b>ASPECTOS SUBJETIVOS</b>												
						BOA	RUIM	REGULAR	OSB			
FORMAS												
MATERIAL												
ACABAMENTO												
FUNCIONAL												
CONFORTO												
<b>ASPECTOS DE SEGURANÇA</b>												
						BOA	RUIM	REGULAR	OSB			
SEGURANÇA												
ESTABILID. BASE												
AREST/QUIN CORT.												
<b>ASPECTOS CONSTRUTIVOS</b>												
						BOA	RUIM	REGULAR	OSB			
PEÇAS FUNCIONAIS												
ESTABILIDADE												
ARTICULAÇ. PEÇAS												
NÚMERO DE PEÇAS												

\* Bo = bom; Ru = ruim; Re = regular.