

**ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE USO EM  
PISOS DE *Eucalyptus clöziana* F. Muell,  
*Eucalyptus microcorys* F. Muell E  
*Corymbia maculata* Hook**

**MARCELO MARTINS**

**2008**

**MARCELO MARTINS**

**ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE USO EM PISOS DE *Eucalyptus*  
*clöziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell E  
*Corymbia maculata* Hook**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador  
Prof. José Reinaldo Moreira da Silva

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Martins, Marcelo.

Ensaio de simulação de uso em pisos de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook / Marcelo Martins. – Lavras: UFLA, 2008.

48 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: José Reinaldo Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Piso de madeira. 2. *Eucalyptus*. 3. *Corymbia*. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.97342  
625.83

**MARCELO MARTINS**

**ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE USO EM PISOS DE *Eucalyptus*  
*clöziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell E  
*Corymbia maculata* Hook**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de setembro de 2008

Prof. Marcos Tadeu Tiburcio Gonçalves UNESP

Prof. José Tarcísio Lima UFLA

Prof. Paulo Fernando Trugilho UFLA

Prof. José Reinaldo Moreira da Silva  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

*“Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil – e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos.”*

Albert Einstein (1879-1955)

**A Deus.**

Aos meus pais, Dinei e Zélia.

Aos meus irmãos, Patrícia, Aline e Luciano.

Aos meus demais parentes.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor José Reinaldo Moreira da Silva, sou especialmente grato pelos ensinamentos e dedicação na orientação dos trabalhos realizados.

Ao órgão financiador Capes, pela concessão de bolsa de estudos.

À Fapemig, pelos recursos financeiros para a execução do projeto.

À empresa Preservar Madeira Reflorestada Ltda. (Duralipto), pela doação do material utilizado neste trabalho.

Aos funcionários e demais professores do curso de Engenharia Florestal da UFLA, pelo convívio e amizade.

Aos amigos Allan Motta Couto, Carlos Rogério Andrade, Celso, Douglas Botrel Alvarenga, Gabriel Marcos Vieira Oliveira, Guilherme Santana, Isabel Carolina Lima Guedes, Murilo, Pedro Paulo de Carvalho Braga e Pollyana Rios, pelo companheirismo, amizade e ajuda no desenvolvimento do experimento.

Aos meus pais, Dinei e Zélia, pela vida, criação, incentivo e, principalmente, por terem se privados dos próprios sonhos para que eu pudesse realizar os meus.

Aos meus irmãos, Aline e Luciano; ao meu cunhado; André e; principalmente; a minha irmã Patrícia, pelo o incentivo, apoio e compreensão.

Aos amigos e companheiros de república, Alisson Borges de Sousa e Remo Zóia.

Aos demais familiares pelo carinho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Pisos de madeira .....	4
2.2 Classificação dos pisos de madeira.....	6
2.3 Espécies alternativas para a produção de pisos.....	7
2.4 Propriedades físicas de madeiras .....	10
2.4.1 Densidade .....	10
2.4.2 Relações água-madeira .....	12
2.5 Pisos de <i>Eucalyptus</i> .....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1 <i>Eucalyptus clöziana</i> F. Muell.....	14
3.2 <i>Eucalyptus microcorys</i> F.Muell e <i>Corymbia maculata</i> Hook.....	15
3.3 Preparo dos corpos-de-prova .....	15
3.4 Análise física .....	16
3.5 Ensaio de simulação de pisos em serviço.....	19
3.5.1 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente .....	20
3.5.2 Ensaio de carga rolante .....	22
3.5.3 Ensaio de atrito .....	24
3.5.4 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas .....	27
3.6 Ensaio de resistência à abrasão .....	28
3.7 Análises estatísticas .....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1 Densidade básica.....	32
4.2 Contrações lineares e volumétricas.....	33
4.3 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente .....	34
4.4 Ensaio de carga rolante .....	35
4.5 Ensaio de atrito .....	38
4.6 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas .....	39
4.7 Ensaio de resistência à abrasão .....	40
5 CONCLUSÕES .....	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS .....	46

## RESUMO

MARTINS, Marcelo. **Ensaio de simulação de uso em pisos de *Eucalyptus clöziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook.** 2008. 48 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG\*.

A caracterização anatômica, física, mecânica e química das madeiras de *Eucalyptus* e *Corymbia* fornece informações importantes para a indicação de sua melhor utilização. Contudo, para que essas madeiras se tornem uma boa opção no mercado de pisos, além dessa caracterização, é necessária a realização de ensaios que simulem as reais condições de sua utilização em serviço. Esses ensaios simulam o pisoteio executado pelos sapatos de salto com pequenas áreas de pressão, o arraste e a queda de objetos, a resistência à abrasão da superfície e o atrito oferecido durante o deslocamento de pessoas que caminham sobre ele. Uma grande dificuldade da seleção de novas madeiras para confecção de pisos está na ausência de valores físico-mecânicos específicos de referência, para a sua normatização. O presente trabalho visou caracterizar as madeiras de *Eucalyptus clöziana* F. Muell, de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e de *Corymbia maculata* Hook para as propriedades de densidade básica, retratibilidade, aplicação de carga rolante, de atrito estático e dinâmico, endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, impacto da esfera de aço cadente e resistência à abrasão. Foi observado que as madeiras estudadas podem ser utilizadas para a confecção de pisos, de acordo com os resultados físico-mecânicos obtidos e por meio de comparações com resultados encontrados na literatura.

Palavras-chave: Piso de madeira, *Eucalyptus*, *Corymbia*.

---

\* Comitê Orientador: José Reinaldo Moreira da Silva – UFLA (Orientador), José Tarcísio Lima – UFLA (Co-orientador)

## ABSTRACT

MARTINS, Marcelo. **Rehearsals of usage simulation on *Eucalyptus clöziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell and *Corymbia maculate* Hook floors.** 2008. 48 p. Dissertation (Master's Degree in Science and Technology of Wood) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG\*.

The anatomic, physical, mechanical and chemical characterization of *Eucalyptus* and *Corymbia* woods provide important information to the indication of their Best usage. However, in order for these wood to become a good option in the wood market it is necessary to perform rehearsals that simulate the real conditions of their practical use. These rehearsals simulate the stomping of high-heeled shoes with small pressure areas, the dragging and falling of objects the resistance to the surface abrasion and the friction offered during the walking of people on it. A great difficulty of selection of new wood to manufacture floors lies in the absence of specific physical-mechanical reference values to their standardization. The current survey intended to characterize the woods of *Eucalyptus clöziana* F. Muell, of *Eucalyptus microcorys* F. Muell and of *Corymbia maculata* Hook, regarding the properties of basic density, shrinkage, application of rolling roll, of static and dynamic friction, denting caused by loads applied on small areas, impact of falling steel sphere and resistance to abrasion. It might be noticed that the woods appraised may be used to the manufacturing of floors, according to their physical-mechanical results obtained and through comparisons with literature results.

Key-words: Wood floor, *Eucalyptus*, *Corymbia*.

---

\* Guidance Committee: José Reinaldo Moreira da Silva – UFLA (Adviser),  
José Tarcísio Lima Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Co-adviser).

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar da grande diversidade de madeiras tropicais brasileiras disponíveis no mercado, poucas são as espécies destinadas á confecção de pisos. Entre as comumente utilizadas para essa finalidade podem ser citadas cumaru, jatobá, peroba-rosa e ipê. Essas madeiras apresentam qualidade para a finalidade em questão, mas sua utilização apresenta como desvantagem a degradação do ambiente, uma vez que a grande maioria da extração de madeira nativa é predatória.

Para minimizar a extração de espécies nativas destinadas à produção de madeira serrada, podem-se introduzir no mercado novas espécies potenciais de rápido crescimento oriundas de reflorestamento. Os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* podem ser utilizados para a produção de madeira serrada e apresentam grande variabilidade de propriedades físico-mecânicas.

É importante ressaltar que mesmos os plantios sustentáveis de *Eucalyptus* e *Corymbia* proporcionam impactos ambientais, mas que são, sem dúvida, inferiores aos provocados pela extração predatória de madeira.

Após a introdução do gênero *Eucalyptus* no Brasil, a utilização de sua madeira teve grande destaque na produção de carvão e celulose. Algumas espécies foram selecionadas e melhoradas por apresentarem características desejáveis para esses usos. Dessa forma, as madeiras do gênero *Eucalyptus* tornaram-se excelente matéria-prima para a produção de carvão e celulose, mas não tinham destaque no setor de madeira serrada. Assim, existe necessidade de estudar espécies de *Eucalyptus*, oriundas das indústrias de carvão e celulose, mas que podem apresentar resultados satisfatórios para a produção de madeira serrada.

Para confirmar o potencial e, ao mesmo tempo, identificar outras espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* para a produção de pisos, é necessária a

realização de ensaios em condições que simulem esta forma de utilização. Nesse sentido, pode-se mencionar a norma ASTM D 2394-83 (American Society for Testing and Materials - ASTM, 1994). A norma citada de simulação de uso em pisos de madeira contempla os ensaios de cargas aplicadas em pequenas áreas, de carga rolante, da esfera de aço cadente e a determinação dos coeficientes de atrito estático e dinâmico das superfícies dos pisos. Tais ensaios simulam pisoteio executado por sapatos de saltos com pequenas áreas de contato, o rolamento e a queda de objetos sobre os pisos e determinam os coeficientes de atrito oferecidos durante o deslocamento de pessoas sobre os pisos, respectivamente.

Outras características, que não são contempladas pela norma citada, como a resistência à abrasão e a caracterização física de madeira, são fundamentais para a determinação da qualidade de pisos.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar as madeiras de *Eucalyptus clöziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook e simular condições de uso em pisos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Até os anos 1980, o maior objetivo na implantação de uma floresta de *Eucalyptus* era quase exclusivamente obter a máxima produção volumétrica. Atualmente, também há uma crescente preocupação com a qualidade da madeira produzida. A madeira sempre ocupou lugar de destaque entre os diversos materiais utilizados pelo homem para muitas aplicações na construção civil. O assoalho de madeira, por ser extremamente aconchegante, torna esse material muito apreciado em ambientes residenciais e comerciais (Padilha et al., 2006).

A qualidade de madeiras para pisos está principalmente relacionada às suas características físicas e mecânicas, por afetarem diretamente a sua estabilidade dimensional e a sua resistência mecânica em relação ao seu uso, respectivamente.

A coloração de madeiras destinadas à produção de pisos também é de fundamental importância, podendo determinar sua aceitação no mercado, pois há consumidores que adquirem pisos de madeiras com características estéticas de coloração agradáveis.

Segundo Burguer & Richter (1991), os nós, as tortuosidades, as bifurcações, os sulcos, as grãos irregulares, as rachaduras e o apodrecimento são alguns defeitos que as madeiras podem apresentar. Pfeil (1978) destaca que defeitos em madeiras podem reduzir a sua resistência mecânica, o seu aspecto e a sua durabilidade. Esses efeitos são oriundos da constituição do tronco ou do processo de preparação das peças.

O emprego de pisos de madeira na forma de laminados e sólidos teve um crescimento médio, na produção, de 13,6% ao ano, no período de 1997 a 2006. No mesmo período, o consumo deste produto, por sua vez, apresentou crescimento médio superior, chegando a 16,6% ao ano (Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI, 2007).

Embora a produção brasileira dos pisos de madeira tenha apresentado crescimento constante nos últimos anos, os pisos de madeira maciça ainda são conhecidos por um padrão de qualidade inadequado e competem no mercado consumidor utilizando, principalmente, a estratégia de preços. Esse perfil decorre, especialmente, da desorganização do setor e da ausência de um padrão referencial para a qualidade do produto (Jankowsky et al., 2004). Dessa forma, o setor produtivo de pisos necessita de estudos que propiciem a padronização da qualidade.

## **2.1 Pisos de madeira**

Silva & Bittencourt (2002) definiram como piso uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, construída com a finalidade de permitir o trânsito pesado ou leve. A escolha de um piso deve ser adequada ao uso e ao ambiente em que será inserido, considerando, entre as suas características, as seguintes:

- o piso de um compartimento deve ser compatível com seu acabamento;
- o pavimento de um ambiente deve ser apropriado ao ambiente;
- deve-se levar em consideração a aquisição, a instalação o desgaste, a manutenção e a conservação do piso;
- deve apresentar atrito necessário ao trânsito;
- deve apresentar resistência ao desgaste provocado pelo trânsito;
- inalterabilidade de cor e dimensões.

Por ser agradável, o piso de madeira é um dos mais procurados para ambientes interiores. No Brasil, esses pisos podem ser confeccionados a partir de vários tipos de madeiras, como jatobá, cumaru, ipê, óleo bálamo, cabreúva, peroba, ipê e *Eucalyptus*.

Segundo Jankowsky et al. (2004), embora os valores obtidos no comércio internacional sejam animadores, a competitividade do produto

nacional está fundamentada na estratégia de preços inferiores à média. No mercado europeu, os pisos maciços importados do Brasil são comercializados a um preço aproximadamente 20% menor que o preço médio cobrado por outros fornecedores. Segundo Simula (2001), os preços dos fornecedores da Indonésia são, em média, 38% maiores que o similar brasileiro.

No Brasil, existem diversas madeiras que são usualmente utilizadas para a confecção de piso (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2008), conforme lista apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 Espécies usualmente utilizadas para piso.

Nome vulgar	Nome científico
Roxinho	<i>Peltogyne recifensis</i>
Ipê	<i>Tabebuia</i> sp.
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp.
Cabreúva-vermelha	<i>Miroxylon balsamum</i>
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>
Sucupira	<i>Diploptropis purpúrea</i>
Pau marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>
Perobinha	<i>Aspidosperma sunbincanum</i>
Amendoim	<i>Pterogyne nitens</i>
Goiabão	<i>Pouteria pachycarpa</i> Pires

Fonte: IPT (2008)

Pisos de residências e de escritórios estão sujeitos a pequeno desgaste, enquanto os pisos industriais expõem-se a condições severas. Esse desgaste deve-se, principalmente, a danos mecânicos, mas pode também ser acelerado por ataque químico. Para um desgaste muito intenso, exige-se uma superfície muito dura (Silva & Bittencourt, 2002).

## 2.2 Classificação dos pisos de madeira

Atualmente, estão disponíveis no mercado vários tipos de pisos de madeira, como carpetes, assoalho, tacos ou parquetes, entre outros. Durante o processo de fabricação de pisos, o tipo pode ser escolhido de acordo com as necessidades do mercado e com o material disponível, visando maior rendimento. Já para o consumidor, os tipos de pisos são escolhidos de acordo com as características de estética e de instalações que eles fornecem. Na Tabela 2 estão identificados alguns tipos de piso de madeira (Além..., 2006).

TABELA 2 Principais tipos de pisos de madeira encontrados no mercado.

<b>Assoalho</b>	
O que é	Réguas de madeira maciça.
Instalação	Diretamente sobre contrapiso por barroteamento. Lateralmente, as peças são encaixadas.
Características	Durabilidade e acabamento. A colocação pode ser feita também em diagonal.
<b>Carpetes de madeira</b>	
O que é	Lâminas de madeira com base de compensado.
Instalação	Tipo flutuante (as lâminas são assentadas sobre manta plástica e fixadas lateralmente por encaixe).
Características	Podem ser instalados sobre pisos já existentes. Podem riscar com facilidade, não sendo indicados para áreas de circulação intensa.
<b>Laminados</b>	
O que é	Réguas de material composto, com cerca de 8 mm de espessura, prensados e resinados, reproduzindo na superfície padrões de madeira.
Instalação	Réguas fixadas entre si por encaixe e apoiadas no piso.
Características	Possuem encaixe lateral entre as peças e podem também ser instalados sobre pisos já existentes.
<b>Tacos e parquetes</b>	
O que é	Tacos: pequenas placas de madeira maciça. Parquetes: placas compostas por pequenos tacos rejuntados, formando mosaicos.
Instalação	Colagem sobre o contrapiso.
Características	Atualmente, colas especiais tornaram a fixação mais resistente, diminuindo o risco das peças descolarem.

Fonte: Adaptação de Além... (2006).

### 2.3 Espécies alternativas para a produção de pisos

Segundo Acosta (1998), Argentina, Uruguai, Chile e Paraguai favorecem o emprego do *Eucalyptus* como matéria-prima para atender ao mercado de pisos. Essa é também uma realidade no Brasil e em outros países da América do Sul, que cultivam os *Eucalyptus* em larga escala.

A madeira produzida em florestas plantadas, especialmente *Eucalyptus*, deve apresentar algumas características de qualidade para obter maior sucesso no mercado. Essas características são: estabilidade dimensional após secagem, homogeneidade quanto à cor e a propriedades físico-mecânicas, aptidão para recebimento de acabamentos e boa adaptação às linhas de produtos compostos (Obino, 1996). Englerth (1966) cita propriedades da madeira importantes para o piso, como resistência à compressão, resistência à abrasão, dureza, absorção do som e sensibilidade térmica.

Algumas espécies de *Eucalyptus* são recomendadas para serem utilizadas em assoalhos de madeira. Segundo Nogueira (1991), entre elas, podem-se utilizar nove espécies, destacando-se *E. clöziana*, *E. grandis* e *E. citriodora*.

*Eucalyptus clöziana* F. Muell. ocorre naturalmente em áreas disjuntas na parte leste do estado de Queensland, na Austrália, principalmente próximo à costa. A altitude varia de 70 a 380 m no Sul e próximo a 900 m nas chapadas de Atherton, no Norte. Ocorre em solos argilosos e profundos de origem vulcânica, todavia ocorre também em solos de profundidade média e arenosos, derivados de granito. A principal área de ocorrência é no distrito de Gympie, no sudeste do estado, em torno de 26° Sul de latitude, onde a espécie apresenta seu melhor desenvolvimento, com indivíduos atingindo até 55 m de altura,  $D_{1,30\text{ m}}^1$  de até 2 m e excelente forma. Entretanto, o mesmo não acontece em outros locais de sua distribuição natural, onde ocorrem desde pequenas árvores tortuosas, com

---

<sup>1</sup> Representa o diâmetro coletado à altura de 1,30 m do solo

menos de 10 m de altura, até árvores com 20-35 m (Hall et al., 1975, citados por Moura et al., 1993).

No Brasil, o *Eucalyptus clöziana* F. Muell foi introduzido há mais de trinta anos e apresentou bom crescimento, colocando-se entre as dez melhores espécies (Moura et al., 1993). Contudo, é susceptível a geadas, não se adapta bem em regiões com deficiência hídrica severa, aparentemente também é susceptível ao fogo rasteiro e apresenta baixa capacidade de brotação de cepas.

O *Eucalyptus clöziana* F. Muell produz madeira de alta densidade, durável e com ampla aplicação. Não apresenta variação da densidade até 75% da altura, ocorrendo leve queda a partir daí. Apresenta grã direita e textura lisa (Pereira et al., 2000).

No sul da África, *Eucalyptus clöziana* F. Muell é considerado uma das mais importantes espécies para reflorestamento, principalmente nas regiões de chuva de verão. É utilizada para postes telefônicos e de transmissão de energia, devido, principalmente, à retidão de seu fuste. É plantada com sucesso em países como Congo, Quênia, Malauí, Nigéria, África do Sul, Zimbábue, Uganda e Zâmbia, principalmente em áreas com precipitação anual de 1.000 a 1.500 mm e estação seca de 4 a 5 meses (Food Agricultural Organization, 1974, citado por Moura et al., 1993).

Para Angeli et al. (2008), a madeira do *Eucalyptus clöziana* F. Muell pode ser utilizada para produzir lenha e carvão, serraria, construções, dormentes e postes. Já segundo Trugilho et al. (2003), a espécie apresenta grande potencial como fonte comercial de tanino na casca.

*Eucalyptus microcorys* F. Muell é conhecido na Austrália por Tallow-wood e pode atingir 35 a 60 m de altura e 1,5 a 2 m de  $D_{1,30m}$  (Goes, 1960). Esta espécie ocorre naturalmente na região Norte de New South Wales e ao sul de Queensland, na Austrália, nas latitudes entre 25° e 32,5° S, em altitudes variando desde o nível do mar até 800 m. Nessa região, a precipitação pluviométrica

média anual varia de 900 a 1.500 mm, com chuvas concentradas no verão. O período seco não ultrapassa três meses e as temperaturas médias das máximas e das mínimas variam em torno de 32° e 5°C, respectivamente, podendo ocorrer dez a trinta dias de geada por ano (Espécies..., 2001). Esta espécie é moderadamente resistente às geadas, susceptível à deficiência hídrica severa e tolerante ao fogo, além de apresentar boa capacidade de regeneração pela brotação das cepas (Neves, 2004). Além disso, pode apresentar resistência ao apodrecimento da madeira causado pelo fungo *Gloeophyllum trabeum* (Lima et al., 1997). Sua madeira é clara, castanho-amarelada, dura, muito pesada, com densidade variando de 0,900 a 1,100 g/cm<sup>3</sup>, de grande resistência e durabilidade. É fácil de ser trabalhada, fendendo-se pouco ao ser pregada. Segundo Góes (1960), trata-se de uma das melhores madeiras dentre os *Eucalyptus*, sendo utilizada na Austrália em forma de tacos para pisos e de dormentes de estradas de ferro. Apresenta boas características para laminação, confecção de móveis e caixotaria, bem como para construções e usos como postes, moirões e escoras. É uma das espécies que vêm recebendo atenção especial na Austrália, dado o seu alto valor como madeira para desdobro (Neves, 2004).

A madeira de *Corymbia maculata* Hook ocorre naturalmente em zonas próximas do litoral de New South Wales e do litoral e região interiorana de Queensland, na Austrália, nas latitudes entre 25° a 37°S, em altitudes variando desde o nível do mar até 800 m. A precipitação pluviométrica média anual varia de 625 a 1.250 mm, com chuvas concentradas no verão ou bem distribuídas durante o ano. O período seco varia de quatro a seis meses. A temperatura média máxima fica entre 22° e 35°C e a temperatura média mínima varia entre 2° e 5°C. As geadas são raras e podem ocorrer até dez dias por ano. A madeira é levemente pesada, de boa estabilidade dimensional e de média permeabilidade. É utilizada em serraria, laminação, movelaria, construções, caixotaria,

dormentes, postes, mourões, lenha e carvão. A espécie não é recomendada para regiões onde ocorrem a geadas e déficit hídrico e apresenta boa capacidade de regeneração por brotação das cepas (Espécies..., 2001).

De acordo com Malan (2000), a maioria das toras de *Eucalyptus* não apresenta dificuldades durante o seu processo de desdobro, mas, geralmente, ocorrem perdas devido a rachaduras e colapso nas tábuas produzidas. Esse problema é mais acentuado em madeiras de maior densidade.

## **2.4 Propriedades físicas de madeiras**

As propriedades físicas de madeiras podem ser utilizadas para indicar as suas aplicações. Para a produção de pisos é de fundamental importância o estudo da umidade, da densidade e da retratibilidade da madeira.

### **2.4.1 Densidade**

É de conhecimento comum que a densidade da madeira é definida como a massa contida em uma unidade de volume. Dentre as várias maneiras de se expressar a densidade da madeira, uma das mais práticas é a densidade básica, que é a relação entre a massa absolutamente seca pelo seu volume verde ou saturado.

Ruy (1998) cita que a densidade básica é utilizada como parâmetro de qualidade de madeiras, tendo ampla aceitação pelo fato de estar correlacionada com diversas características e propriedades de uso do produto final, além da simplicidade de sua determinação. É também uma característica passível de melhoramento, por apresentar alto valor de herdabilidade e variabilidade entre indivíduos.

Segundo Demuner & Bertolucci (1994), a empresa Aracruz Florestal S/A utiliza dados de densidade básica da madeira para seleção de matrizes destinadas a plantios clonais. Por meio dessa prática, a empresa obteve aumento

significativo na produtividade e na uniformidade da floresta. Dentre as propriedades da madeira, a densidade pode ser considerada boa indicadora da sua resistência mecânica. De modo geral, como já é de conhecimento comum, quando a densidade aumenta, a resistência mecânica também aumenta. Entretanto, diferenças anatômicas e no teor de extrativos podem alterar a relação diretamente proporcional entre a densidade e a resistência mecânica. Portanto, segundo Rocha (1994), não se deve afirmar de imediato que quanto mais densa for a madeira, mais resistente ela será porque a organização e as dimensões dos elementos podem também exercer influências.

As variações na densidade da madeira são ocasionadas pelas diferenças na sua estrutura e devido à presença de constituintes estranhos. A estrutura da madeira é caracterizada por quantidades proporcionais de diferentes tipos de células, tais como fibras, traqueídeos, raios, canais de resina e pelas suas dimensões, especialmente no que diz respeito à espessura das paredes celulares (Kollmann & Côté, 1968).

A densidade da madeira de algumas espécies tradicionalmente utilizadas para confecção de piso pode ser observada na Tabela 3.

TABELA 3 Densidade de madeiras usualmente utilizadas em assoalho.

Nome vulgar	Nome científico	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	0,890
Jatobá	<i>Hymenaea sp</i>	1,080
Pau-marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	0,840
Cabriúva vermelha	<i>Myroxylon balsamum</i>	0,910
Roxinho	<i>Peltogyne recifensis</i>	1,130
Peroba-rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	0,790
Ipê	<i>Tabebuia sp.</i>	1,010

Fonte: IPT (19--)

A densidade básica da madeira subsidia a indicação diretamente ao produto final desejado e a tecnologia a ser empregada. O setor florestal deve produzir madeira, com maior ou menor densidade, dependendo da demanda do setor industrial (Ferreira & Kageyama, 1978).

IPT (1985) classifica as madeiras em: madeira leve, densidade básica menor ou igual a  $0,500\text{g/cm}^3$ ; madeira de densidade média, densidade básica de  $0,500\text{g/cm}^3$  a  $0,720\text{g/cm}^3$  e madeira pesada, densidade básica acima de  $0,720\text{g/cm}^3$ .

#### **2.4.2 Relações água-madeira**

A madeira, pela sua natureza higroscópica, apresenta alteração nas suas dimensões de acordo com a umidade relativa e a temperatura do ambiente. O conhecimento da umidade das peças de madeira é de fundamental importância, uma vez que afeta a sua estabilidade dimensional e demais propriedades (Kollmann & Coté, 1968).

Segundo Galvão & Jankowsky (1985), à medida que a madeira perde água de adesão ela se retrai, ao passo que o inchamento caracteriza a adsorção. Praticamente toda a movimentação ocorre entre a umidade de saturação da parede celular e 0% de umidade. Isso significa que as variações dimensionais correspondem à dessorção ou à adsorção de água higroscópica localizada nas paredes celulares. Quando uma peça de madeira é submetida a um ambiente com temperatura e umidade relativa constantes, a mesma atingirá, após certo período, uma situação de equilíbrio em relação à troca de umidade com o ar externo. O tempo para que isso ocorra depende, principalmente, das dimensões da peça. A umidade correspondente à situação de equilíbrio dinâmico entre a madeira e o ar externo é denominada “umidade de equilíbrio (UE)”.

Devido às relações água-madeira, é de fundamental importância que pisos de madeira estejam em sua umidade de equilíbrio, antes de ser instalado,

para reduzir as contrações e as expansões indesejadas logo após a sua instalação. Para reduzir a instabilidade dimensional dos pisos de madeira é necessário evitar o seu contato com a água. Tais contrações e expansões, quando excessivas, provocam o aparecimento de fendas e o descolamento de pisos.

## **2.5 Pisos de *Eucalyptus***

Estudos têm identificado quais fatores afetam as propriedades físico-mecânicas da madeira e quais são inerentes à madeira, como também ao ambiente no qual a árvore se desenvolve (Lobão et al., 2004). Tais propriedades da madeira são de fundamental importância para a determinação de espécies aptas à produção de pisos. Segundo Padilha et al. (2006), para se empregar novas espécies de madeira em larga escala para pisos é necessário avaliar suas características, seu comportamento em serviço e estabelecer padrões para a sua normalização, em função da sua adequada utilização.

Os mesmos autores identificaram madeiras de clones de *Eucalyptus urophylla*, com 8 anos de idade potencialmente aptas, após ensaios mecânicos de simulação de pisos em serviço, segundo ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994). No ensaio de impacto da esfera de aço cadente, as médias das endentações máximas e mínimas foram de 0,493 e 0,394 mm, respectivamente. Para o ensaio de carga rolante, o valor médio das depressões foi de 3,00 mm, após a 50ª viagem. Os valores de coeficientes de atrito estático e dinâmico foram de 0,38 e 0,23, respectivamente. No ensaio de cargas aplicadas em pequenas áreas, os valores de endentação foram entre 0,039 e 0,092 mm.

Carmo (1996) também realizou ensaios mecânicos de simulação de pisos de madeira em serviço para *Eucalyptus urophylla* com 21 anos de idade. Para o ensaio de impacto da esfera de aço cadente, a endentação média foi de 0,53 mm. No ensaio de carga rolante, o valor médio de depressão foi de 2,24 mm, após a 50ª viagem.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho, foram utilizadas as madeiras de *Eucalyptus clöziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook, de diferentes procedências.

#### 3.1 *Eucalyptus clöziana* F. Muell

Fornecida pela empresa Preservar Madeira Reflorestada Ltda. (Duralipto), as árvores de *Eucalyptus clöziana* F. Muell apresentavam diâmetros médios de 30,3 cm a 1,3 m de altura do solo ( $D_{1,3\text{ m}}$ ), 25 m de altura média e idade de 22 anos. Foram confeccionadas 100 tábuas com dimensões de 1800 x 150 x 30 mm (comprimento x largura x espessura). A partir desse material, antes do processo de secagem, foram selecionadas tábuas com os anéis de crescimento orientados para a produção dos corpos-de-prova de análise física. O restante das tábuas foi transportado para a Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira (DCF/UFLA), onde foram secas em uma estufa convencional. O programa de secagem utilizado foi elaborado com base nos trabalhos de Barbosa (2003) e encontra-se na Tabela 4, até atingir a umidade final de 12%. O tempo de secagem foi de 15 dias e o acondicionamento para aliviar as tensões e para a obtenção de melhor resultado na secagem do material teve a duração de 18 horas. Posteriormente, as tábuas secas foram transportadas para o Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA), onde foram confeccionados os corpos-de-prova para os testes físicos e mecânicos.

TABELA 4 Programa de secagem elaborado para madeiras do gênero de *Eucalyptus* (Barbosa, 2003).

Umidade da madeira (%)	TS (°C)	TU (°C)	Umidade relativa (%)	Umidade de equilíbrio (%)	Potencial de secagem
Aquecimento	40	39	94	22,0	-
>35	40	38	85	17,0	2,00
30	40	35	75	13,6	2,20
25	48	42	70	11,5	2,17
20	56	47	62	9,5	2,10
15	60	46	44	6,5	2,30
12	66	50	43	6,0	2,30
Uniformização	66	60	74	11,5	-
Condicionamento	66	62	82	13,5	-

TS = temperatura de bulbo seco; TU = temperatura de bulbo úmido.

### 3.2 *Eucalyptus microcorys* F.Muell e *Corymbia maculata* Hook

As árvores de *Eucalyptus microcorys* F.Muell e *Corymbia maculata* Hook foram provenientes de teste de procedências (PRODEPEF), implantado em 1975, na Universidade Federal de Lavras. As árvores, de 32 anos, de *Corymbia maculata* Hook e *Eucalyptus microcorys* F. Muell apresentaram diâmetros médios de 40,8 cm e 34,4 cm, a 1,3 m de altura do solo ( $D_{1,3\text{ m}}$ ) e 37 m e 30 m de altura média, respectivamente (Tabela 6). As toras foram desdobradas em tábuas de aproximadamente 3000 x 25 mm (comprimento x espessura) e largura variável, dependendo da posição das tábuas ao longo da variação radial. Foram selecionadas tábuas saturadas com os anéis de crescimento orientado para a produção dos corpos-de-prova destinados à análise física (densidade e retratibilidade). A seguir, procederam-se a secagem (Tabela 4) e o preparo dos corpos-de-prova, conforme adotado para *Eucalyptus clöziana* F. Muell.

### 3.3 Preparo dos corpos-de-prova

As tábuas das três espécies foram processadas no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA), totalizando 1.200 corpos-de-prova. Todos

os corpos-de-prova tinham dimensões de 240 x 120 x 20 mm, com exceção daqueles para os ensaios de resistência à abrasão, os quais apresentaram dimensões de 95 x 95 x 20 mm. Posteriormente, os corpos-de-prova foram transportados para a câmara climática [ $T = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$  e  $\text{UR} = (60 \pm 5)\%$ ] do Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira (DCF/UFLA), atingindo umidades de 12% para a realização dos ensaios de simulação dos pisos em serviço.

### 3.4 Análise física

A determinação da reprodutibilidade foi realizada de acordo com a norma NBR 7190 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1997) e, para a determinação da densidade básica, foi utilizada a norma NBR 11941 (ABNT, 2003).

Foram selecionadas tábuas de madeira com os anéis de crescimento orientados e com dimensões variadas das espécies *Eucalyptus clöziana* F.Muell, *Eucalyptus microcorys* F.Muell e *Corymbia maculata* Hook. Então, foram preparados 100 corpos-de-prova de cada espécie, isentos de defeitos, com dimensões aproximadas de 20 x 20 x 30 mm. Todos os corpos-de-prova foram mantidos imersos em água destilada e vácuo, para atingir a máxima expansão.

Para o cálculo da contração radial, tangencial às dimensões lineares foram mensuradas por um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Figura 1). Para o cálculo da densidade básica e da contração volumétrica, os volumes verdes dos corpos-de-prova foram determinados pelo método de imersão em água (Figura 2).



FIGURA 1 Paquímetro utilizado para mensurar as distâncias lineares dos corpos-de-prova.



FIGURA 2 Obtenção do volume verde dos corpos-de-prova pelo método de imersão em água.

Após as medições, os corpos-de-prova foram mantidos ao ar livre por sete dias e, posteriormente, foram transportados para uma estufa, com circulação forçada e com temperatura de  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ , até atingirem massa constante. Então, suas dimensões lineares, absolutamente secas, foram mensuradas novamente na mesma posição por meio do paquímetro digital. As massas absolutamente secas dos corpos-de-prova foram determinadas por meio de uma balança de precisão de 0,01g. Os volumes dos corpos-de-prova, absolutamente secos, foram mensurados pelo método de imersão em mercúrio.

A partir das distâncias lineares dos corpos-de-prova saturado e absolutamente seco foram calculadas as contrações lineares radial e tangencial

(Equação 1) das três espécies estudadas. Para a determinação da contração volumétrica foram utilizados os volumes verdes e os volumes no estado absolutamente seco dos corpos-de-prova (Equação 2). O coeficiente de anisotropia foi determinado para cada espécie estudada, de acordo com a Equação 3. Por meio dos volumes verdes e das massas absolutamente secas dos corpos-de-prova foi possível calcular a densidade básica (Equação 4).

$$Cl = \frac{(D_{vv} - D_{as})}{D_{vv}} 100$$

(1)

em que

$Cl$  = contração linear (%);

$D_{vv}$  = dimensão linear do corpo-de-prova em seu volume verde (cm);

$D_{as}$  = dimensão linear do corpo-de-prova absolutamente seco (cm).

$$Cv = \frac{(Vv - Vas)}{Vv} 100 \tag{2}$$

em que:

$Cv$  = contração volumétrica (%);

$Vv$  = volume do corpo-de-prova em seu estado verde (cm<sup>3</sup>);

$Vas$  = volume do corpo-de-prova absolutamente seco (cm<sup>3</sup>).

$$CA = \frac{CT}{CR} \tag{3}$$

em que:

$CA$  = coeficiente de anisotropia (adimensional);

$CT$  = contração tangencial (cm);

$CR$  = contração radial (cm).

$$Db = \frac{Mas}{Vv} \quad (4)$$

em que:

$Db$  = densidade básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$Mas$  = massa do corpo-de-prova absolutamente seca (g);

$Vv$  = volume do corpo-de-prova em seu estado verde ( $\text{cm}^3$ ).

### 3.5 Ensaio de simulação de pisos em serviço

Para simular pisos de madeira em serviço foi utilizada a norma ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994). Foram simulados os ensaios do impacto da esfera de aço cadente, da carga rolante e da endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas. As máquinas utilizadas para esses ensaios de simulação de piso em serviço foram os mesmos utilizados por Padilha et al. (2006), com melhorias e sistemas de automação para deslocamentos das cargas.

Para a medição das depressões ou endentações, geradas pelos ensaios de piso em serviço nos corpos-de-prova, foi utilizado um relógio comparador (0,001 mm de precisão), de acordo com o esquema da Figura 3.

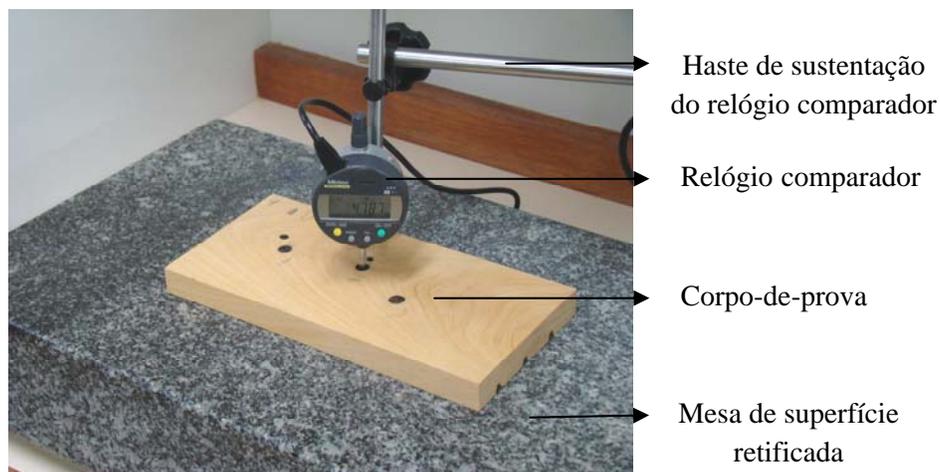


FIGURA 3 Sistema de medição da endentação causada pelo ensaio de impacto da esfera de aço cadente.

### 3.5.1 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente

O equipamento utilizado para os ensaios de impacto da esfera de aço cadente é constituído, basicamente, de uma pequena torre com doze subdivisões ao longo de sua altura; uma base plana fixa onde o corpo-de-prova é apoiado; uma plataforma móvel que possui um eletroímã e se desloca verticalmente nas subdivisões e uma unidade de impacto constituída por uma esfera de aço, de 51 mm de diâmetro e massa de 535,0 g (Figura 4).

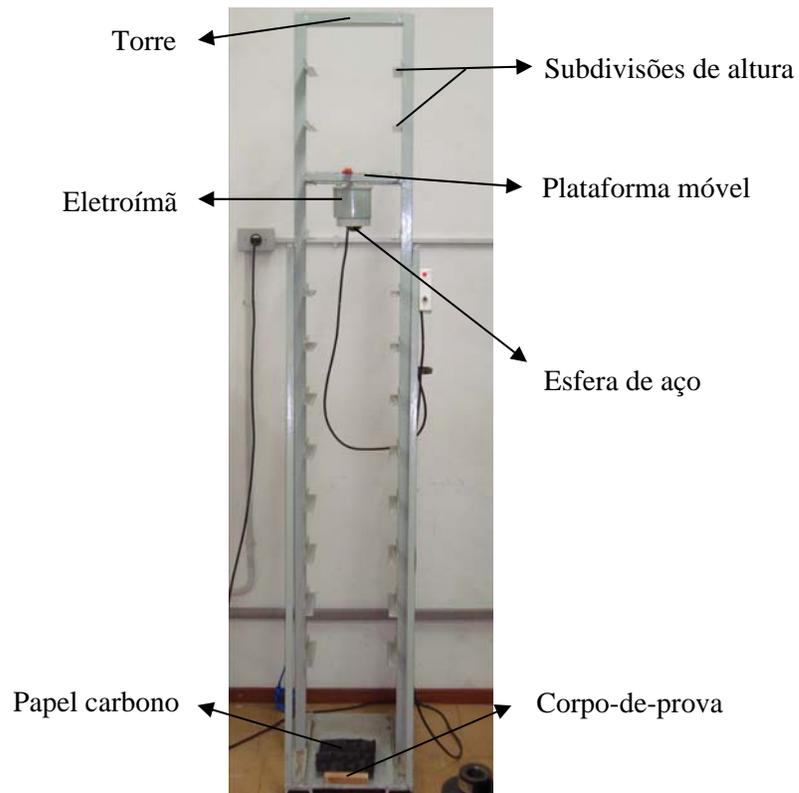


FIGURA 4 Equipamento utilizado para o ensaio de impacto da esfera de aço cadente.

O ensaio consiste em liberar, de doze diferentes alturas, a esfera sobre o corpo-de-prova. O corpo-de-prova foi apoiado na base fixa enquanto a plataforma móvel era deslocada verticalmente, obtendo-se as diferentes alturas, de 15 a 180 cm. A seguir, posicionou-se o corpo-de-prova e a esfera de aço era fixada pela ação do eletroímã. Posteriormente, a esfera era liberada, em queda livre, pela desativação do eletroímã. Uma folha de carbono foi colocada sobre o corpo-de-prova para realçar a área de impacto, facilitando a medição da depressão causada pela esfera, segundo indicação da ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994).

Foram utilizados oito corpos-de-prova, para cada altura de queda e por espécie, realizando-se três repetições de impacto em cada corpo-de-prova, na mesma altura de queda.

A mensuração da profundidade da depressão foi obtida por meio de um relógio comparador, medindo quatro pontos externos e um ponto central à calota da depressão (Figura 5). A profundidade da depressão foi determinada pela diferença entre a média dos pontos externos e o valor do ponto central (Equação 5).

$$P_d = L_e - L_i \quad (5)$$

em que

$P_d$  = depressão causada pelo impacto da esfera de aço cadente, mm;

$L_e$  = média aritmética das leituras externas à depressão;

$L_i$  = leitura interna no ponto central da depressão.

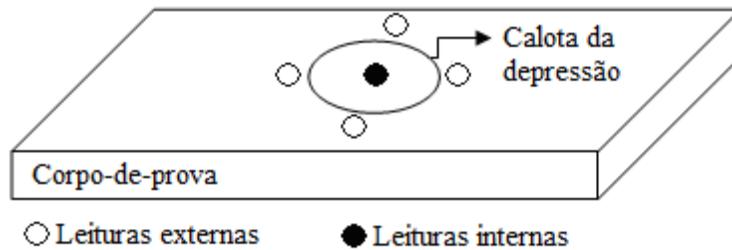


FIGURA 5 Esquema das medições realizadas nos corpos-de-prova do ensaio de impacto da esfera de aço cadente.

Com os pares de valores da endentação produzida e da altura da queda da esfera de aço, foi realizada análise de regressão, obtendo-se o ajuste da equação do primeiro grau, para cada espécie estudada. A partir dessa equação foi possível calcular o índice de endentação para altura de 180 cm, indicada como índice de qualidade pela Norma ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994).

Padilha et al. (2006) utilizaram um paquímetro (0,01 mm) para a coleta do diâmetro médio de cada calota da depressão e, a partir de um modelo matemático, obtiveram a profundidade da depressão. Contudo, no presente trabalho, não foi utilizada a mesma metodologia, devido à dificuldade nas leituras e que a calota da depressão apresenta diferenças de diâmetros nos eixos axial e transversal à grã. Esses fatos podem apresentar erros nos dados e aumento do tempo de leituras.

### 3.5.2 Ensaio de carga rolante

No ensaio de carga rolante, simulou-se o rolamento de objetos sobre o piso, por meio da máquina ilustrada na Figura 6. Ela é composta de uma base de ferro de 1750 x 400 mm. Os corpos-de-prova foram posicionados num ângulo de 45° entre o eixo axial da madeira e o sentido de deslocamento da carga. Esta carga, de 890 N, foi aplicada por meio de uma unidade móvel com três rodas,

sendo apoiadas em trilhos laterais e uma central sobre o corpo-de-prova. A velocidade de  $0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  foi obtida por meio de um motor elétrico.

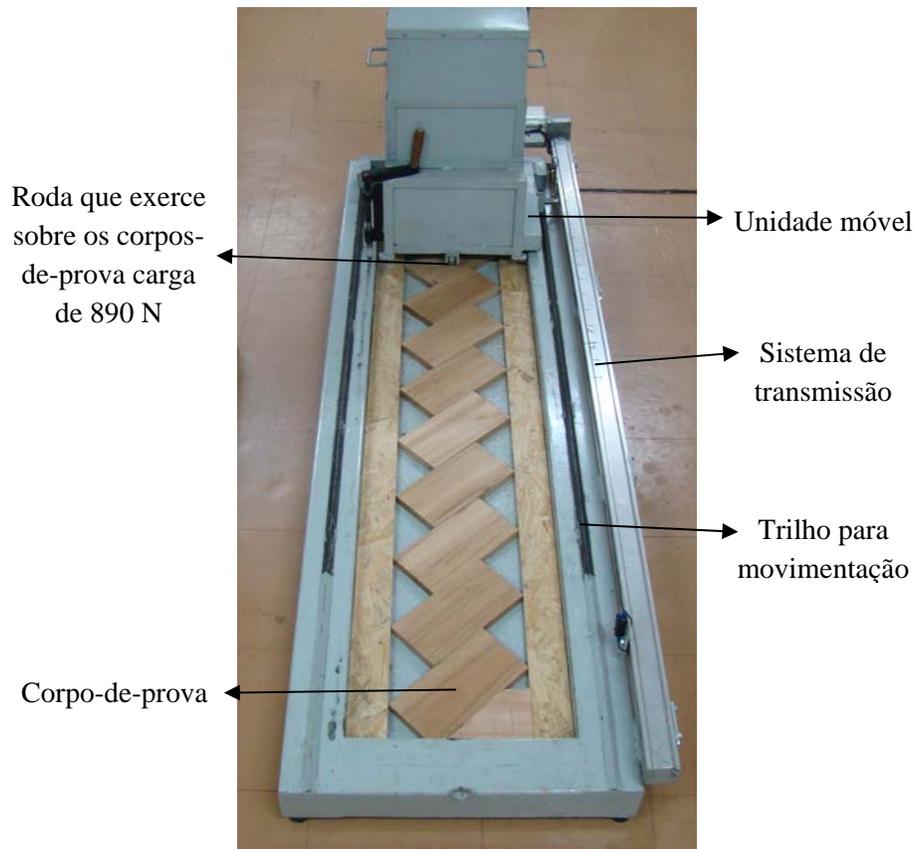


FIGURA 6 Máquina utilizada no ensaio da carga rolante.

No ensaio da carga rolante, foram utilizados 297 corpos-de-prova, sendo 99 repetições para cada espécie de madeira. Inicialmente, os corpos-de-prova foram distribuídos aleatoriamente, lado a lado sobre a base de ferro. Posteriormente, realizaram-se 10 viagens. Foi medida a profundidade da depressão observada, pela diferença entre as médias de três leituras internas e seis externas (Equação 6 e Figura 7). Essa metodologia também foi aplicada

após a 25ª e a 50ª viagem. É importante ressaltar que uma viagem corresponde a uma única passagem da unidade móvel sobre os corpos-de-prova, de ida ou volta. Todas as leituras das depressões foram efetuadas na região central dos corpos-de-prova, para evitar efeitos de instabilidade na aplicação da carga sobre as suas bordas.

$$D = L_e - L_i \quad (6)$$

em que:

$D$  = depressão;

$L_e$  = média das leituras externas;

$L_i$  = média das leituras internas.

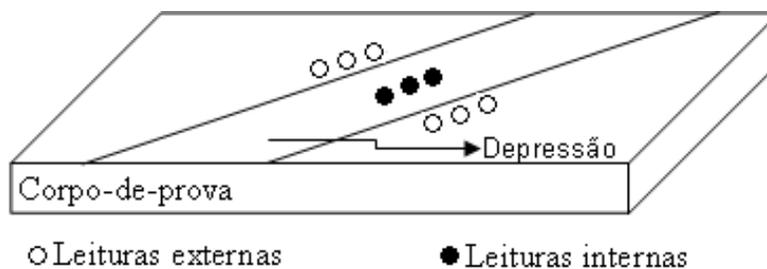


FIGURA 7 Esquema de medição da profundidade da depressão para o ensaio da carga rolante.

### 3.5.3 Ensaio de atrito

O ensaio para a obtenção do atrito estático e do atrito dinâmico foi realizado na máquina de ensaio universal. Foi utilizada uma mesa horizontal, um artefato de ferro retangular com massa de 11,5 kg, revestido na parte inferior por um pedaço de couro de sola de sapato de 102 mm x 114 mm. Este artefato foi ligado à célula de carga com capacidade de 500 kg da máquina universal de ensaio por meio de um cabo de aço. O equipamento (Figura 8) registrou a força máxima necessária para mover a massa na velocidade de 1,27 mm\*min<sup>-1</sup> e a força média para manter a massa em movimento na velocidade de 51 mm\*min<sup>-1</sup>. Na obtenção do coeficiente de atrito estático utilizou-se a razão entre a força

máxima e a massa do artefato. Para a obtenção do coeficiente de atrito dinâmico utilizou-se a razão entre a força média e a massa do artefato.

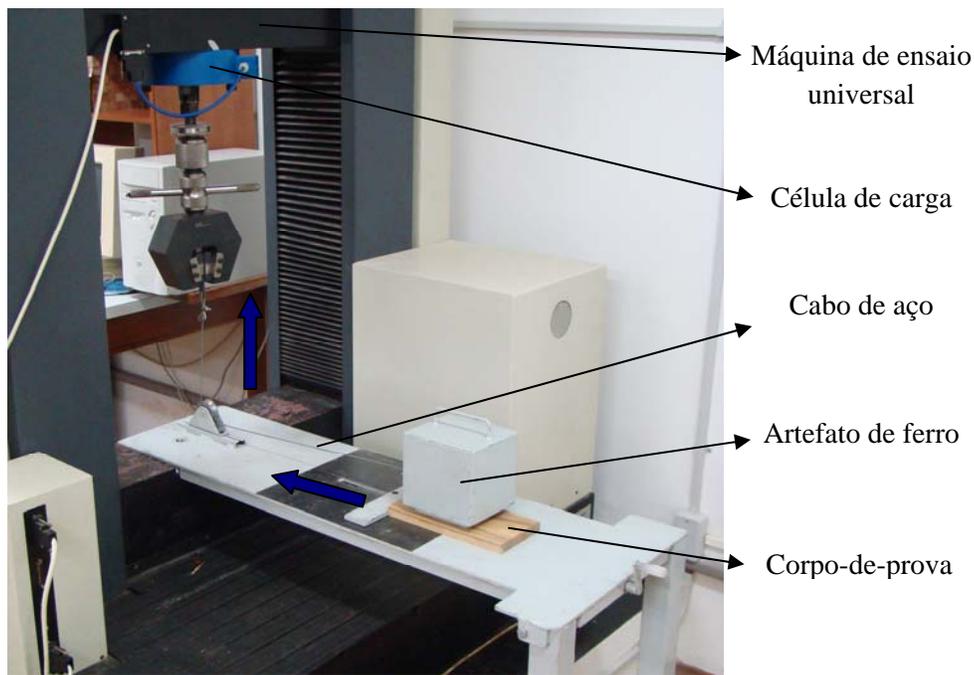


FIGURA 8 Equipamento para o ensaio de atrito.

Para o ensaio de cada corpo-de-prova, o couro era polido com uma lixa de grã 300.

As amostras receberam uma camada de seladora (composição química: polímero alquídico, hidrocarbonetos aromáticos, cetonas, minerais inertes e ésteres) e cera incolor (composição química: cera de polietileno, carnaúba, parafina, ceras microcristalinas, solventes alifáticos e silicone). As superfícies das espécies de *Eucalyptus clöziana* F. Muell, *Corymbia maculata* Hook e *Eucalyptus microcorys* F. Muell, após receberem o acabamento, podem ser vistas nas Figuras 9, 10 e 11, respectivamente.



FIGURA 9 Superfície de *Eucalyptus clöziana* F. Muell com acabamento para o ensaio de atrito.



FIGURA 10 Superfície de *Corymbia maculata* Hook com acabamento para o ensaio de atrito.



FIGURA 11 Superfície de *Eucalyptus microcorys* F. Muell com acabamento para o ensaio de atrito.

### 3.5.4 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

Para a realização do ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas foi utilizada a máquina mostrada na Figura 12. A construção dessa máquina baseou-se na norma ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994) e ela é constituída de uma estrutura de ferro e um rolo móvel de 235 x 150 mm (comprimento x diâmetro). Este rolo móvel possui 225 dentes cilíndricos de 5 mm de diâmetro uniformemente distribuídos. São apoiados nos corpos-de-prova 9 dentes por vez, os quais suportaram carga total de 890 N. A movimentação do rolo, na velocidade de  $0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , foi realizada por um sistema de transmissão movido por um motor elétrico.

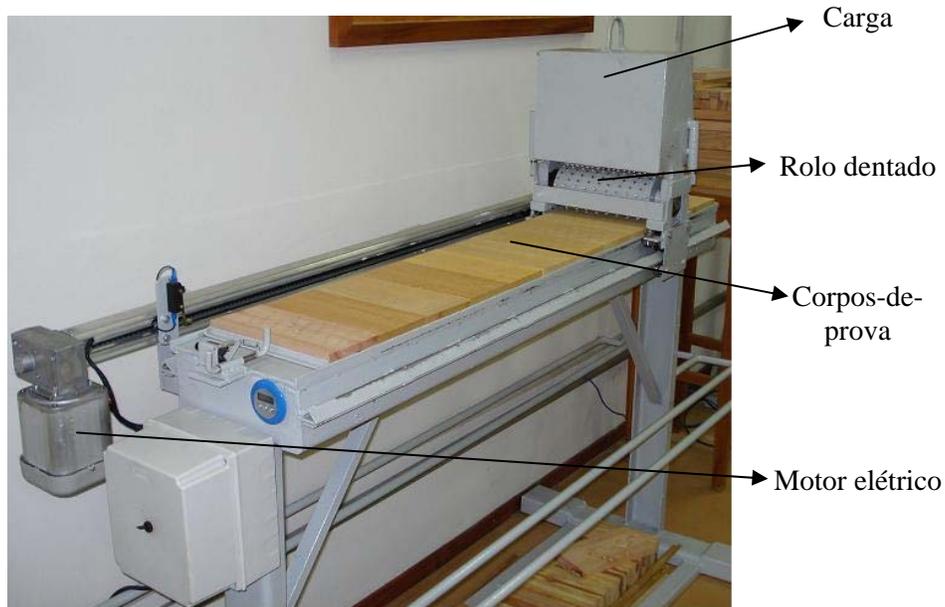


FIGURA 12 Máquina utilizada no ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas.

No ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, foram utilizados 366 corpos-de-prova, igualmente distribuídos nas três espécies de madeira. Foram realizadas 100 viagens, cada uma representando uma ida ou uma volta sobre os corpos-de-prova. A seguir, as endentações foram medidas por meio de relógio comparador. Para se evitar efeitos de instabilidade na aplicação da carga sobre as bordas dos corpos-de-prova, foram medidas quatro endentações centrais (Figura 13). Em cada ponto foram feitas cinco medições, sendo quatro externamente e uma internamente à endentação. O valor da endentação foi determinado pela diferença entre a média das medições externas e o valor da medição interna (Equação 5).

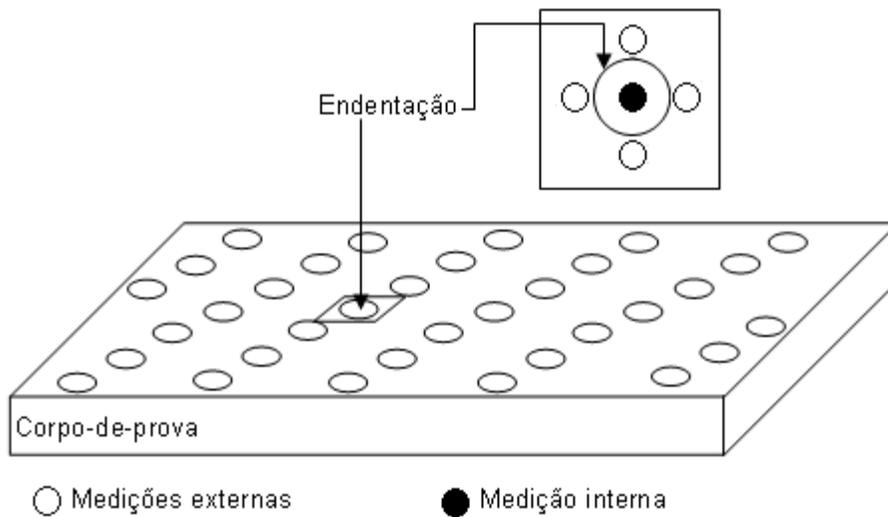


FIGURA 13 Esquema das medições das endentações para o ensaio de cargas aplicadas em pequenas áreas.

### 3.6 Ensaio de resistência à abrasão

Foi também realizado o ensaio de resistência à abrasão, que não é contemplado pela norma ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994).

O ensaio de abrasividade consistiu na determinação da resistência da madeira à fricção de elementos abrasivos, executada pelo aparelho *Taber Abraser* modelo 5135 (Figura 14). Foram confeccionados 24 corpos-de-prova de 95 x 95 x 20 mm (c x l x e), igualmente distribuídos nas diferentes madeiras. Foram utilizadas roldanas abrasivas do tipo H-18, cargas de 500 g por braço e frequência de rotação de 72 ciclos\*min<sup>-1</sup>, submetidos a 500 ciclos de abrasão. A seguir, foram lançados dezesseis pontos, sendo oito na área de abrasão e oito na superfície original do corpo-de-prova. Esses pontos foram divididos em regiões centrais e opostas. Em cada leitura interna, a endentação foi associada à sua respectiva leitura externa, de acordo com a Figura 15. As mensurações foram feitas com um relógio comparador. O valor final da depressão foi obtido pela média aritmética das diferenças das associações dos dezesseis pontos (Equação 7).

$$D_{resist.abrasão} = \frac{(Le_1 - Li_1) + (Le_2 - Li_2) + \dots + (Le_7 - Li_7) + (Le_8 - Li_8)}{8} \quad (7)$$

em que:

$D_{resist.abrasão}$  = depressão causada pelo ensaio de resistência a abrasão;

$Le_i$  = leitura externa (superfície original) para  $i = 1$  a 8;

$Li_j$  = leitura interna (região de abrasão), para  $j = 1$  a 8



FIGURA 14 Equipamento utilizado nos ensaios de resistência à abrasão da madeira.

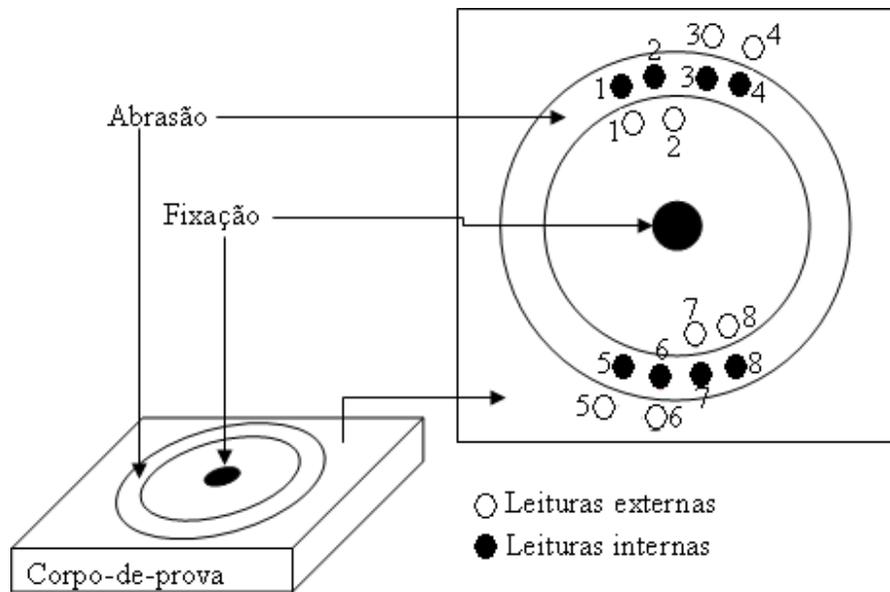


FIGURA 15 Desenho esquemático das leituras das depressões causadas pelo ensaio de resistência à abrasão.

### **3.7 Análises estatísticas**

No ensaio da esfera de aço cadente foi calculado o índice de endentação para cada espécie estudada, segundo recomendação da norma ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994). Para os ensaios da carga rolante, da endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, da resistência à abrasão e das análises físicas, foram realizadas as respectivas análises de variância e, quando necessário, os testes de médias de Scott-Knott, a 5% de significância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Densidade básica

De acordo com a classificação do IPT (1985), todas as madeiras estudadas foram consideradas como madeiras pesadas, por possuírem densidade básica superior a  $0,720 \text{ g/cm}^3$ .

O resumo da análise de variância dos valores da densidade básica encontra-se no Anexo 1A. Observa-se que há diferença estatística, a 5% de significância, para as três espécies das madeiras estudadas. Pela comparação múltipla entre as médias (Tabela 5), observa-se que a madeira de *Corymbia maculata* Hook e a de *Eucalyptus microcorys* F. Muell apresentaram médias de densidade básica maiores que a de *Eucalyptus clöziana* F. Muell.

TABELA 5 Comparação múltipla das médias das densidades básicas para as espécies de madeiras estudadas.

Espécies de madeiras	Densidade básica ( $\text{g/cm}^3$ )
<i>Corymbia maculata</i>	0,805 a
<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,795 a
<i>Eucalyptus clöziana</i>	0,740 b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Carmo (1996) obteve densidade básica média de  $0,750 \text{ g/cm}^3$ , para as madeiras de *Eucalyptus clöziana* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook com a idade de 21 anos. Tais valores de densidade básica são maiores aqueles encontrados para a madeira de *Eucalyptus clöziana* F. Muell e menores que os encontrados para *Corymbia maculata* Hook.

O valor médio da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell foi superior ao encontrado por Brito et al. (1983), que relatou valor médio de  $0,583 \text{ g/cm}^3$  para a mesma espécie, com 10 anos de idade.

#### 4.2 Contrações lineares e volumétricas

Observou-se que a madeira do *Eucalyptus clöziana* F. Muell apresentou, em média, valores de contrações, iguais ou inferiores às outras espécies estudadas. No Anexo 2A observa-se o resumo da análise de variância para as contrações lineares e volumétricas das três espécies de madeiras estudadas.

As espécies *Eucalyptus clöziana* F. Muell e *Eucalyptus microcorys* F. Muell apresentam valores de contrações lineares médios (tangencial e radial) inferiores aos de *Corymbia maculata* Hook. De acordo com os valores dos coeficientes de anisotropia, observa-se que a madeira de *Corymbia maculata* Hook é menos propensa a defeitos oriundos da secagem, oferecendo melhor estabilidade dimensional quanto à sua utilização, característica muito importante para uso da madeira sólida, como é o caso de pisos. Por outro lado, a contração volumétrica da madeira de *Corymbia maculata* Hook foi superior às das outras espécies estudadas, indicando maior variação dimensional (Tabela 6).

TABELA 6 Comparação múltipla das médias das contrações tangencial, radial, volumétrica e coeficientes de anisotropia das três espécies de madeiras.

Espécies de madeiras	Contrações (%)			Coeficiente de anisotropia
	Tangencial	Radial	Volumétrica	
<i>E. clöziana</i>	9,8 a	5,2 a	14,8 a	1,9
<i>E. microcorys</i>	9,8 a	6,5 a	16,7 b	1,5
<i>C. maculata</i>	10,4 b	8,6 b	18,3 c	1,2

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Grandes variações dimensionais em madeiras, destinadas à confecção de pisos, causam sérios problemas. Altas contrações podem provocar o aparecimento de grandes fendas entres os pisos; já grandes expansões podem provocar o empenamento e até o descolamento de pisos. Esses efeitos aumentam

o custo de manutenção e comprometem a estética e a segurança de pisos de madeira.

### 4.3 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente

Na Tabela 7 encontram-se os valores das depressões causadas pelo ensaio de impacto da esfera de aço cadente. Sua análise de variância encontra-se no Anexo 3A. Observa-se que não houve diferença estatística, a 5% de significância, entre as três espécies de madeiras estudadas. Os resultados indicam existir relação inversamente proporcional entre os valores das depressões causadas pela queda da esfera de aço e a densidade do material. Este fato é amplamente corroborado por diversos autores sobre a resistência mecânica e densidade da madeira.

TABELA 7 Comparação múltipla dos valores médios das depressões do ensaio de impacto da esfera de aço cadente.

Espécies de madeiras	Densidade básica(g/cm <sup>3</sup> )	Médias das depressões (mm)
<i>Corymbia maculata</i>	0,805	0,206 a
<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,795	0,213 a
<i>Eucalyptus clöziana</i>	0,740	0,265 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na vertical não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Na Tabela 8 encontram-se as equações de regressão para as espécies estudadas, considerando todos os dados de endentação causada pela queda da esfera de aço e a altura de queda (ASTM, 1994). A partir dessa equação foi possível determinar o índice de endentação para cada espécie estudada. O valor previsto de endentação foi calculado pela queda da esfera de aço da altura de 180 cm (Tabela 9). Carmo (1996) encontrou valor médio de 0,53 mm para *Eucalyptus urophylla* com 21 anos de idade, bem superior aos encontrados no presente trabalho. Para madeiras usualmente empregadas em pisos, a mesma

autora encontrou valores de 0,33 mm para o cumaru, 0,23 mm para o jatobá e 0,32 mm para o ipê.

TABELA 8 Equação do primeiro grau ajustada para os pares de dados endentação-altura, para as três espécies estudadas.

Especies de madeiras	Equação do primeiro grau ajustada
<i>Corymbia maculata</i>	$y = 0,0009x + 0,0372$
<i>Eucalyptus microcorys</i>	$y = 0,0011x + 0,0444$
<i>Eucalyptus clöziana</i>	$y = 0,0013x + 0,0443$

TABELA 9 Valores dos índices de endentações das espécies estudadas.

Espécies	Índice de endentação
<i>Corymbia maculata</i>	0,20
<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,24
<i>Eucalyptus clöziana</i>	0,28

Padilha et al. (2006) também encontraram valores médios superiores, em que a endentação média máxima foi de 0,493 mm e mínima de 0,394 mm, para clones *Eucalyptus urophylla* com 8 anos de idade. Esta diferença, provavelmente, foi ocasionada pela madeira *Eucalyptus urophylla*, ser mais jovem e menos densa que as três espécies de madeiras estudadas no presente trabalho.

#### 4.4 Ensaio de carga rolante

Na Tabela 10 encontram-se as médias de depressões da carga rolante, após a décima, a vigésima quinta e a quinquagésima viagem. Após a décima viagem, as depressões médias para as madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook foram consideradas estatisticamente iguais entre si e diferentes da depressão média da madeiras de *Eucalyptus clöziana* F. Muell. A mesma tendência foi observada após a vigésima quinta e a quinquagésima viagem.

No Anexo 4A encontra-se o resumo da análise de variância para os dados de depressões obtidas durante a realização do ensaio de carga rolante, que simulou o arraste de objetos sobre os pisos. Observa-se que houve diferença estatística, a 5% de significância, para as madeiras estudadas.

TABELA 10 Comparação múltipla das médias para os valores médios das depressões obtidas pelo ensaio de carga rolante, para 10, 25 e 50 viagens.

Espécies de madeiras	Médias das depressões (mm)		
	10 viagens	25 viagens	50 viagens
<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,080 a	0,112 a	0,154 a
<i>Corymbia maculata</i>	0,085 a	0,112 a	0,128 a
<i>Eucalyptus clöziana</i>	0,128 b	0,157 b	0,190 b

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na vertical não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

As médias de depressões encontradas na quinquagésima viagem foram inferiores às relatadas por Padilha et al. (2006). Esses autores obtiveram valor médio equivalente a 3,00 mm para madeiras de clones *Eucalyptus urophylla* de 8 anos de idade. Essa diferença é decorrente da menor densidade do material utilizado pelos autores. Carmo (1996), que encontrou valores próximos aos encontrados por Padilha et al. (2006), relataram valor médio de 2,24 mm de depressão para a madeira de *Eucalyptus urophylla*, após a quinquagésima viagem. É importante salientar que quanto maior a depressão, menor a resistência mecânica da madeira.

Segundo Shedley (2002), pisos de painéis com três lâminas de *Eucalyptus globulus* produziram depressões de 0,23 mm, após a vigésima quinta viagem e de 0,27 mm após quinquagésima viagem. Esses valores estão próximos aos encontrados no presente trabalho.

Observa-se que as madeiras estudadas apresentaram queda proporcional da deformação com o aumento do número de viagens da carga rolante (Tabela 11). Este fato é explicado pela compactação sofrida pela madeira após sucessivas viagens da carga rolante, que confere maior resistência mecânica.

TABELA 11 Deformação por viagem da carga rolante das quatro espécies estudadas, nos intervalos da primeira a décima, da décima primeira a vigésima quinta e da vigésima sexta a quinquagésima viagem.

Espécies de madeiras	Depressão média por viagem (mm)		
	da 1 <sup>a</sup> a 10 <sup>a</sup>	da 11 <sup>a</sup> a 25 <sup>a</sup>	da 26 <sup>a</sup> a 50 <sup>a</sup>
<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,008	0,002	0,002
<i>Corymbia maculata</i>	0,009	0,002	0,001
<i>Eucalyptus clöziana</i>	0,013	0,002	0,001

A deformação média entre a primeira e a décima, a décima primeira e a vigésima quinta e a vigésima sexta e a quinquagésima viagem representa as razões entre a depressão obtida após a décima, a vigésima quinta e a quinquagésima viagem, e o número de viagens realizadas nesses intervalos foi de 10, 15 e 25, respectivamente. As madeiras de *Corymbia maculata* Hook e *Eucalyptus microcorys* F. Muell apresentaram, em média, o melhor comportamento de resistência ao arraste de materiais, pois possuíam menores médias das depressões.

Estas madeiras também apresentaram menor variação de deformação entre os intervalos de viagens da carga rolante. A variação dos valores das depressões causadas pelo arraste foi, de maneira geral, inversamente proporcional à variação da densidade do material.

#### 4.5 Ensaio de atrito

Na Tabela 12 encontra-se a comparação múltipla entre as médias, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott. Observa-se que a média dos coeficientes de atrito estático da madeira *Eucalyptus clöziana* F. Muell (0,25), *Eucalyptus microcorys* F. Muell (0,28) e *Corymbia maculata* Hook (0,34) apresentaram diferenças estatisticamente entre si. As médias dos coeficientes de atrito dinâmico das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell (0,13) e *Eucalyptus clöziana* F. Muell (0,15) apresentaram resultados estatisticamente iguais entre si e se diferenciaram da madeira de *Corymbia maculata* Hook (0,19). De acordo com o resumo da análise de variância para os coeficientes de atrito obtidos durante a realização dos ensaios, foi observada diferença estatística, a 5% de significância, para os materiais estudados (Anexo 5A).

TABELA 12 Comparação múltipla das médias dos coeficientes de atrito estático e dinâmico das espécies estudadas.

Espécies	Coeficiente de atrito	
	Estático	Dinâmico
<i>Eucalyptus clöziana</i>	0,25 a	0,15 a
<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,28 b	0,13 a
<i>Corymbia maculata</i>	0,34 c	0,19 b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Padilha et al. (2006) encontraram valores superiores de atrito estático e dinâmico aos encontrados no presente trabalho. Segundo os autores, para os sete clones de *Eucalyptus urophylla* estudados, os valores médios, para os coeficientes de atrito estático e dinâmico, foram de 0,38 e 0,23, respectivamente. Essa diferença é relativamente pequena, portanto, todas as madeiras estudadas apresentaram seus coeficientes de atrito aceitáveis. Os coeficientes de atrito discutidos são determinantes em função da utilização da madeira. No caso da confecção de pisos de madeira (superfícies destinadas a receber o trânsito de

peessoas), é necessário que estas tenham coeficientes de atrito que não proporcionem uma superfície escorregadia. Esta medida é tomada para se evitar quedas causadas por escorregamentos, possibilitando, assim, trânsito seguro.

#### 4.6 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

O ensaio de endentação causado por cargas aplicadas em pequenas áreas simula a compressão sobre pisos por saltos de sapatos de pessoas caminhando, principalmente as do sexo feminino, que utilizam saltos altos com pequenas áreas de contato com o piso. Os valores médios das endentações das madeiras de *Eucalyptus clöziana* F. Muell, *Corymbia maculata* Hook e *Eucalyptus microcorys* F. Muell foram de 0,023, 0,043 e 0,050 mm, respectivamente.

O resumo da análise de variância dos valores das endentações causadas por cargas aplicadas em pequenas áreas mostra que existe diferença estatística, a 5% de significância, entre as três espécies estudadas (Anexo 6A). Na Tabela 13 observa-se a comparação múltipla entre as médias, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

TABELA 13 Comparação múltipla das médias para os valores médios das endentações causadas por cargas aplicadas em pequenas áreas.

Espécies	Médias das endentações (mm)
<i>Eucalyptus clöziana</i>	0,023 a
<i>Corymbia maculata</i>	0,043 b
<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,050 c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Observa-se, pelos dados da Tabela 13, que a madeira do *Eucalyptus clöziana* F. Muell apresentou, em média, o melhor comportamento frente à aplicação de cargas em pequenas áreas. Já a madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell se apresentou estatisticamente inferior à madeira do *Corymbia*

*maculata* Hook, portanto, todas as madeiras estudadas foram consideradas diferentes entre si, segundo o teste de média de Scott-Knott.

Padilha et al. (2006) encontram valores de endentação para madeiras de *Eucalyptus urophylla*, com oito anos de idade, entre 0,039 e 0,092 mm. Observa-se que as madeiras de *Eucalyptus clöziana* F. Muell apresentaram endentações médias inferiores. Já as madeiras de *Corymbia maculata* Hook e *Eucalyptus microcorys* F. Muell apresentam endentações médias semelhantes às endentações apresentadas pelos autores citados.

Para o ensaio em questão não foi observada relação entre os valores das endentações, em função da densidade das madeiras estudadas.

#### 4.7 Ensaio de resistência à abrasão

A resistência à abrasão é uma característica de fundamental importância para pisos em geral. Altas resistências à abrasão de pisos de madeira proporcionam menor desgaste, aumentando assim a sua vida útil, após o pisoteio.

Os valores médios das depressões obtidas foram de 0,055 mm, para o *Eucalyptus clöziana* F. Muell, de 0,073 mm para o *Eucalyptus microcorys* F. Muell e de 0,076 mm para o *Corymbia maculata* Hook (Tabela 14).

No Anexo 7A encontra-se o resumo da análise de variância para os dados de depressões obtidas após abrasão de corpos-de-prova, simulando o efeito do pisoteio com atrito dos solados dos sapatos sobre os pisos. Observa-se que não houve diferença significativa para as madeiras analisadas, a 5% de significância.

TABELA 14 Profundidades médias obtidas pelo ensaio de resistência à abrasão.

Espécies	Profundidade (mm)
<i>Eucalyptus clöziana</i>	0,055 a
<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,073 a
<i>Corymbia maculata</i>	0,076 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

## 5 CONCLUSÕES

- ✓ A densidade básica da madeira de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell foi inferior às madeiras de *Corymbia maculata* Hook e *Eucalyptus microcorys* F. Muell.
- ✓ As madeiras de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell e *Eucalyptus microcorys* F. Muell apresentaram menores percentagens de contração.
- ✓ Nos ensaios de impacto da esfera de aço cadente, de resistência à abrasão e de atrito dinâmico, as madeiras de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell, *Corymbia maculata* Hook e *Eucalyptus microcorys* F. Muell apresentaram resultados estatisticamente iguais.
- ✓ No ensaio de atrito estático, as madeiras de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell e *Eucalyptus microcorys* F. Muell apresentaram-se estatisticamente iguais e inferiores à madeira de *Corymbia maculata* Hook.
- ✓ No ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, a madeira de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell foi superior, comparativamente, às madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook.
- ✓ No ensaio de carga rolante, as madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook foram superiores à madeira de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell.
- ✓ As madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, *Corymbia maculata* Hook e *Eucalyptus clöeziana* F. Muell podem ser utilizadas para pisos, de acordo com os resultados físico-mecânicos obtidos no presente trabalho e comparações com diferentes resultados encontrados na literatura.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, M. S. Estado de la tecnologia en usos nos tradicionales de la madera de eucalipto en el mercosur y otros países. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1998. p. 82-105.

ALÉM das aparências. Disponível em: <<http://www.folha.uol.com.br/revista>>. Acesso em: 18 jan. 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2394-83**: annual book of ASTM standards. Philadelphia, 1994. 608 p.

ANGELI, A.; BARRICHELO, L. E. G.; MULLER, P. H. **Indicações para escolha de espécies de Eucalyptus**. Piracicaba: ESALQ, 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp>>. Acesso em: 25 maio 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2006**. Curitiba, 2007. 42 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BARBOSA, C. G. **Incidência dos defeitos de secagem como índice de qualidade e de seleção genética para madeira de Eucalyptus**. 2003. 71 p. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; SEIXAS, F. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 23, p. 53-56, abr. 1983.

BURGUER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto**. 1996. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DEMUNER, B. J.; BERTOLUCCI, F. L. G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características de madeira e polpa de eucalipto. **Papel**, São Paulo, v. 55, n. 1, p. 16-23, jan. 1994.

ENGLERTH, H. G. **Framework of qualitative relationships in wood utilization**. Madison: Forest Products Laboratory, 1966. 16 p.

ESPÉCIES de eucaliptos. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 59, set. 2001. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/revistadamadeira\\_materia.php?num=9&subject=Especies&title=EspeciesdeEucalipto](http://www.remade.com.br/revistadamadeira_materia.php?num=9&subject=Especies&title=EspeciesdeEucalipto)>. Acesso em: 28 jan. 2007.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, v. 2, n. 14, p. 148-152, 1978.

GOES, E. *Eucalyptus microcorys* F. v. M. In: \_\_\_\_\_. **Os Eucalyptus em Portugal**: identificação e monografia de 90 espécies. Lisboa: Secretaria de Estado da Agricultura, 1960. v. 1, p. 198-200.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Ensaio físico e mecânico**: madeiras ensaiadas: agrupamento de propriedades físicas e mecânicas. São Paulo, [19--]. 15 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira**: o que é e como pode ser processada e utilizada. São Paulo, 1985. 189 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeiras utilizadas para confecção de pisos**. São Paulo: DIMAD/USP, 2008. Disponível em: <<http://www.indusparquet.com.br>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

JANKOWSKY, I. P.; LUIZ, M. G.; ANDRADE, A. Pisos de madeira maciça: agregando valor e qualidade ao produto. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 2004. p. 150-158.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

LIMA, T. G.; SILVA, M. D. D.; LELLES, J. G.; DELLA LUCIA, R. M. Ensaio de apodrecimento acelerado das madeiras de *Eucalyptus microcorys* e de *Eucalyptus pilularis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 42-47, jan. 1997.

LOBÃO, M. S.; DELLA-LÚCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 889-894, nov./dez. 2004.

MALAN, F. S. Wood properties and qualities of three South African grown eucalypt. In: SOUTHERN AFRICAN INSTITUTE OF FORESTRY. **Forestry handbook**. Pretoria, 2000. v. 2, p. 425-433.

MOURA, V. P. G.; MELO, J. T.; SILVA, M. A. Comportamento de procedências de *Eucalyptus clöziana* F. Muell: aos nove e meio anos de idade, em Planaltina, DF, área de cerrado. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 3, n. 46, p. 52-62, jan./dez. 1993.

NEVES, W. A. do A. (Coord.). **Chave de identificação de espécies florestais (CIEF): *Eucalyptus microcorys* F. Muell**. Piracicaba: IPEF, 2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/microcorys.asp>>. Acesso em: 13 jan. 2008.

NOGUEIRA, M. C. **Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil**. 1991. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

OBINO, C. R. Usos da madeira de eucalipto. In: SIMPÓSIO DO INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, 6., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1996. v. 4, p. 27-29.

PADILHA, C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 2, n. 71, p. 141-147, ago. 2006.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2000. 113 p.

PFEIL, W. **Estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: LTC, 1978. 252 p.

ROCHA, J. S. **A segurança de estruturas de madeira determinada a partir da variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras amazônicas.** 1994. 141 p. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

RUY, O. F. **Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE da ilha de Flores, Indonésia.** Piracicaba: SBS, 1998. 69 p. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acesso em: 3 mar. 2008.

SHEDLEY, P. **The cost benefits of small log processing:** laminated three-ply flooring: a case study in WA. Carine: RIRDC, 2002. 127 p. (RIRDC Publication, 2/120. Project PN99.2007).

SILVA, F. D.; BITTENCOURT, R. M. Estudo do desgaste à abrasão do eucalipto, madeira laminada e bambu gigante laminado utilizados como elemento de piso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002. 1 CD-ROM.

SIMULA, M. A evolução da indústria de madeira de produtos de maior valor agregado. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPENSADO E MADEIRA TROPICAL, 5., 2001, Belém. **Anais...** Belém: SBM, 2001. Disponível em: <<http://www.folha.uol.com.br/revista>>. Acesso em: 28 abr. 2008.

TRUGILHO, P. F.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; CARDOSO, D. P. Determinação do teor de taninos na casca de *Eucalyptus* spp: nota técnica. **Revista Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 246-254, jul./dez. 2003.

## ANEXOS

	<b>Página</b>
ANEXO 1A	Resumo da análise de variância para a densidade básica, em função das diferentes espécies de madeiras.....47
ANEXO 2A	Resumo da análise de variância para as contrações tangenciais, radiais e volumétricas, em função das diferentes espécies de madeiras.....47
ANEXO 3A	Resumo da análise de variância para a depressão causada pelo impacto da esfera de aço cadente, em função das diferentes espécies de madeiras.....47
ANEXO 4A	Resumo da análise de variância para a depressão causada pela carga rolante, em função das diferentes espécies de madeiras.....47
ANEXO 5A	Resumo da análise de variância para os atritos estático e dinâmico, em função das diferentes espécies de madeiras.....48
ANEXO 6A	Resumo da análise de variância para a endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, em função das diferentes espécies de madeiras.....48
ANEXO 7A	Resumo da análise de variância para a resistência à abrasão, em função das diferentes espécies de madeiras.....48

ANEXO 1A Resumo da análise de variância para a densidade básica, em função das diferentes espécies de madeiras.

Fonte de variação	G.L.	QM da densidade básica
Espécie	2	0,228849*
Resíduo	297	0,002766
Total	299	

\* - significativo, a 5% de significância.

ANEXO 2A Resumo da análise de variância para as contrações tangenciais, radiais e volumétricas, em função das diferentes espécies de madeiras.

Fonte de variação	GL	QM das contrações		
		Tangencial	Radial	Volumétrica
Espécie	2	112,35876*	97,611229*	192,5547623*
Resíduo	114	0,789875	0,763232	2,333426
Total	116			

\* - significativo, a 5% de significância.

ANEXO 3A Resumo da análise de variância para a depressão causada pelo impacto da esfera de aço cadente, em função das diferentes espécies de madeiras.

Fonte de variação	G.L.	QM da depressão
Espécie	2	0,056468 <sup>n.s.</sup>
Resíduo	15	0,014286
Total	17	

n.s. – não significativo, a 5% de significância.

ANEXO 4A Resumo da análise de variância para a depressão causada pela carga rolante, em função das diferentes espécies de madeiras.

Fonte de variação	GL	QM das depressões		
		10ª viagem	25ª viagem	50ª viagem
Espécie	2	0,197535*	0,227356*	0,212546*
Resíduo	204	0,007938	0,007693	0,006765
Total	206			

\* - significativo, a 5% de significância.

ANEXO 5A Resumo da análise de variância para os atritos estático e dinâmico, em função das diferentes espécies de madeiras.

Fonte de variação	GL	QM dos atritos	
		Estático	Dinâmico
Espécie	2	0,100251*	0,13264*
Resíduo	158	0,002537	0,004128
Total	161		

\* - significativo, a 5% de significância.

ANEXO 6A Resumo da análise de variância para a endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, em função das diferentes espécies de madeiras.

Fonte de variação	G.L.	QM da endentação
Espécie	2	0,042251*
Resíduo	1041	0,000314
Total	1043	

\* - significativo, a 5% de significância.

ANEXO 7A Resumo da análise de variância para a resistência à abrasão, em função das diferentes espécies de madeiras.

Fonte de variação	G.L.	QM da endentação
Espécie	2	0,002126 <sup>n.s.</sup>
Resíduo	21	0,000124
Total	23	

n.s. – não significativo, a 5% de significância.