

# AValiação DA USINAGEM E CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis* A. Chev.)

Alexandre Monteiro de Carvalho, Bruno Torres Braga da Silva,  
João Vicente de Figueiredo Latorraca

**RESUMO:** Este trabalho foi realizado com os objetivos de caracterizar as propriedades físicas e avaliar a usinagem da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) proveniente do bairro Ecologia em Seropédica, RJ. Para a confecção dos corpos-de-prova foram utilizadas três toras de aproximadamente 1 m de comprimento e 30 cm de diâmetro de três diferentes árvores. Os corpos-de-prova produzidos tinham dimensões de 30 cm x 12 cm x 2,3 cm, para os testes de usinagem e de 2 cm x 3 cm x 5 cm, para as propriedades físicas, densidade aparente, densidade básica e contração volumétrica. Os testes de usinagem realizados foram: teste de plaina, teste de lixa, teste de furação para cavilha e dobradiça, teste de rasgo e fendilhamento por pregos. As avaliações dos testes de usinagem foram feitas seguindo a norma ASTM-D 1666-87. A madeira apresentou densidade média e baixa correlação entre suas densidades e sua contração volumétrica. Nos testes de usinagem, a madeira apresentou boa qualidade no acabamento, tendo mostrado grande potencial para utilização na indústria de movelaria e para acabamento interno de construções.

Palavras-chave: Mogno africano, propriedades da madeira, processamento da madeira, usinagem da madeira.

## EVALUATION OF MACHINABILITY AND CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF AFRICAN MAHOGANY (*Khaya ivorensis* A. Chev.) WOOD

**ABSTRACT:** The objective of this work was to characterize the physical properties and evaluate the machinability of african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) wood from the city of Seropédica – Rio de Janeiro State. To produce the specimens three logs of about 1 m of length and 30 cm of diameter were used from three different trees. The specimens produced measured 30 cm x 12 cm x 2.3 cm for machinability tests, and 2 cm x 3 cm x 5 cm for physical properties, apparent density, basic density and volumetric shrinkage. The machinability tests were: planing, sanding; boring, tear test and nails application. The machinability tests were made following the ASTM-D 1666-87 standard. The wood presented a medium density and low relationships between its density and volumetric shrinkage. In the machinability tests the wood showed good quality, showing great potential for use in the furniture industry and internal finishing of buildings.

Key words: African mahogany, wood properties, wood processing, wood workability.

### 1 INTRODUÇÃO

A madeira foi um dos primeiros materiais usados pelo homem na construção de sua habitação e de seus primeiros equipamentos de transporte. Atualmente, no mundo, ela tem extrema importância, pois é utilizada para diferentes fins, como construção civil, geração de energia, produção de polpa celulósica e papel, fabricação de móveis, etc.

A madeira, por ser um material heterogêneo e anisotrópico (apresenta propriedades físico/mecânicas

diferentes nos planos radial, tangencial e longitudinal), possui muitos fatores a serem considerados em processos de usinagem e beneficiamento, comumente chamados de “aparelhamento”.

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 ineficiente.

O mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) é natural de Costa do Marfim, Gana, Benin, Nigéria e sul de

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Professor Dr. em Ciência e Engenharia de Materiais – Departamento de Produtos Florestais/DPF – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ – Rodov. BR 465, km 07 – 23890-000 – Seropédica, RJ – amcarvalho@ufrj.br

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Florestal – Departamento de Produtos Florestais/DPF – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ – Rodov. BR 465, km 07 – 23890-000 – Seropédica, RJ – brunotbraga@hotmail.com

<sup>3</sup>Engenheiro Florestal, Professor Dr. em Ciências Florestais – Departamento de Produtos Florestais/DPF – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ – Rodov. BR 465, km 07 – 23890-000 – Seropédica, RJ – latorraca@ufrj.br

Camarões. Ocorre de 0 a 450 m de altitude, normalmente em vales úmidos. Seus indivíduos suportam inundações durante o período de chuvas, entretanto, são muito sensíveis ao período de estiagem (CONDE, 2006).

Ele foi introduzido no Brasil visando substituir o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), devido à sua alta resistência ao microlepidóptero *Hypsiphyla grandella*, a principal praga do mogno nativo. O comércio do mogno africano é extraordinário, devido às características tecnológicas e à beleza de sua madeira; é utilizado na indústria moveleira, na construção naval e em sofisticadas construções de interiores. O mercado europeu é o principal consumidor dessa madeira (AUBREVILLE, 1959 apud CONDE, 2006).

O conceito de qualidade da usinagem é apresentado diferentemente por dois grupos de pesquisadores. O primeiro grupo conceitua a qualidade apenas por meio dos valores normativos da usinagem, através do cálculo do avanço por dente (fz) ou da profundidade do arco cicloide (t), enquanto o segundo grupo considera não somente os parâmetros indicados acima, como também a presença de falhas na superfície, que são geradas em função da estrutura da madeira pela presença dos diferentes tipos de células, de suas diferentes dimensões e orientações (SILVA, 2002).

O entendimento sobre o correto modo de se usinar a madeira de uma determinada espécie é importante, pois influencia economicamente a produção, reduzindo perdas com a necessidade da adição de mais uma etapa de usinagem e melhorando o acabamento superficial da madeira, aumentando, assim, seu valor agregado.

A madeira é um material heterogêneo que possui diferentes tipos de células, adaptadas ao desempenho de funções específicas; as variações na sua composição química, física e anatômica são grandes entre espécies. Dentro da mesma espécie, elas também ocorrem conforme a idade, a posição na árvore, os fatores genéticos e ambientais, etc. A densidade aparente é medida relacionando-se volume e massa, medidos com a madeira em 12% de umidade, enquanto a densidade básica é medida com a madeira após secagem em estufa. A densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas que caracterizam diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO, 1971).

Este trabalho foi realizado com o objetivo principal de avaliar o processo de usinagem da madeira do mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.), além de caracterizar as propriedades físicas por meio de ensaios de densidade e contração volumétrica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada no estudo foi obtida de árvores localizadas no bairro Ecologia, em Seropédica, RJ, com diâmetro aproximado de 30 cm, 8 m de altura da primeira ramificação e idade em torno de 10 anos. Foram coletados três toretes de 1 m de comprimento de três diferentes indivíduos. Os toretes foram levados para o Laboratório de Usinagem e Beneficiamento da Madeira do Departamento de Produtos Florestais (DPF)/Instituto de Florestas (IF)/Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), onde, posteriormente, foram realizados o desdobro e a confecção de amostras.

Foram confeccionadas 30 amostras de 30 cm x 12 cm x 2,3 cm para os ensaios de usinagem. Para a determinação da densidade aparente, da densidade básica e a contração volumétrica, foram confeccionadas 30 amostras de 3 cm x 2 cm x 5 cm.

### 2.1 Caracterização física da madeira

Para a avaliação das propriedades físicas da madeira foram realizados os ensaios de densidade aparente, densidade básica e contração volumétrica.

Para a determinação da densidade básica, os corpos-de-prova foram imersos em água, até estarem completamente saturados. Após saturação, os corpos-de-prova foram medidos nas suas três dimensões, para a obtenção do volume saturado. Logo a seguir, foram levados à estufa para a obtenção da massa seca, sob temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , sendo medidos a cada 6 horas, até que a diferença entre as medições fosse menor que 0,5% da última medição.

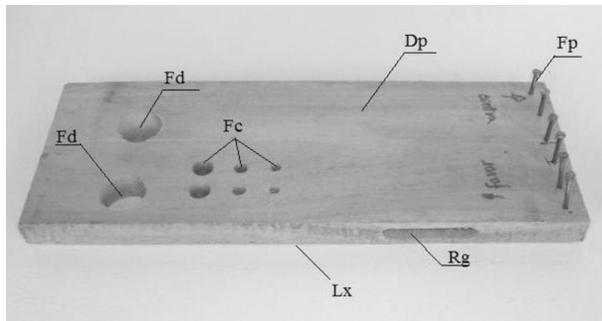
A estabilidade dimensional da madeira é caracterizada pelas propriedades de contração e inchamento de uma peça ou amostra. (ABNT NBR 7190, 1997)

### 2.2 Testes de usinagem

As amostras para a realização dos testes de usinagem foram confeccionadas no Laboratório de

Usinagem e Beneficiamento da Madeira/DPF/IF/UFRRJ, com dimensões de 30 cm x 12 cm x 2,3 cm (Figura 1), seguindo o procedimento utilizado em Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama (1997), o qual descreve uma adaptação da norma ASTM D 1666-87 “Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials”.

Para a avaliação dos defeitos e sua intensidade foram dadas notas, que variaram de 1 a 5, em que 1 significou amostra sem defeitos e as demais notas foram dadas em função da intensidade dos mesmos. A avaliação dos ensaios de usinagem pode ser observada na Tabela 1.



**Figura 1** – Corpo-de-prova dos ensaios de usinagem. Dp= desempenho; Fd= furação para dobradiça; Fc= furação para cavilha; Rg= rasgo; Fd= fendilhamento por pregos; Lx= lixamento.

**Figure 1** – Specimen of the machinability tests. Dp = planing; Fd = boring for hinge; Fc = boring for wood connector; Rg = tear; Fd = nails application; Lx = sanding.

**Tabela 1** – Notas aplicadas nas avaliações da peças nos ensaios de usinagem.

**Table 1** – Notes applied in the evaluations of the pieces in the machinability tests.

Nota	Classificação	Defeitos (%)
1	Excelente	Sem defeitos
2	Boa	menos de 50
3	Regular	50
4	Ruim	mais de 50
5	Muito ruim	100 (cem)

No teste de plaina, as amostras foram avaliadas quanto à presença de quatro diferentes defeitos: marcas de cavaco (“chip marks”), grã arrancada (“torn grain”), grã felpuda (“fuzzy grain”) e grã levantada (“raised grain”), após a passagem das amostras em uma plaina desempenadeira, de duas facas, com a velocidade de avanço da peça determinada pelo operador, que foi de, aproximadamente, 18 m\*min<sup>-1</sup> e frequência de rotação do eixo de 2.600 min<sup>-1</sup>. A espessura de corte foi de, aproximadamente, 1,6 mm. O avanço por dente (Figura 2) foi calculado pela equação 1.

$$f_z = (V_f \times 1000) / (n \times z) \quad \text{Equação 1.}$$

em que

$f_z$  = avanço do dente, em mm;

$V_f$  = velocidade de avanço da peça, em m\*min<sup>-1</sup>;

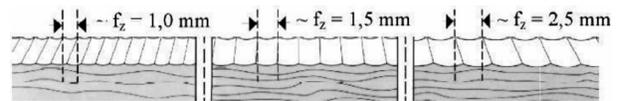
$n$  = frequência de rotação do eixo porta ferramenta em min<sup>-1</sup>;

$z$  = número de gumes ativos da ferramenta.

Para esse ensaio específico, as notas descritas na Tabela 1 foram ainda detalhadas segundo as informações a seguir.

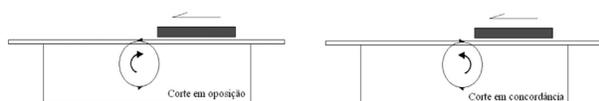
- Nota 1 (excelente) – superfície isenta de quaisquer defeitos;
- Nota 2 (boa) – defeitos leves a até metade da peça;
- Nota 3 (regular) – defeitos médios, ou leves na maior parte da peça;
- Nota 4 (ruim) – defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes;
- Nota 5 (muito ruim) – defeitos fortes na maior parte da peça.

Ao longo do teste de plaina, foram realizadas duas operações de desempenho, uma em “oposição” e outra em “concordância” (Figura 3).



**Figura 2** – Esquemática do avanço por dente ( $f_z$ ), em três situações.

**Figure 2** – Three situations of each tooth progress ( $f_z$ ).



**Figura 3** – Esquema dos cortes de desempenho em oposição e concordância.

*Figure 3* – *Opposition and concordance planning.*

O teste de lixa foi feito em lixadeira de esteira do Laboratório de Usinagem e Beneficiamento da Madeira/DPF/IF/UFRRJ que tem extensão de 2,70 m entre a roda motriz e a roda guia, com uma lixa de grão 100. O teste de lixa foi feito na face oposta à que foi utilizada no teste de plaina, sendo a superfície da madeira lixada por aproximadamente 20 segundos. Neste teste foi avaliado o riscamento de superfície e grã felpuda, em que foram dadas notas, conforme os seguintes critérios:

- Nota 1 (excelente) – superfície sem defeitos;
- Nota 2 (boa) – superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça;
- Nota 3 (regular) – presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça;
- Nota 4 (ruim) – presença de riscamento ou grã felpuda na maior parte da peça;
- Nota 5 (muito ruim) – presença de riscamento ou grã felpuda em quase que a totalidade da peça.

Para a realização do teste de furação para cavilha, foi utilizada uma furadeira vertical de coluna, com velocidade de avanço manual e frequência de rotação do motor de  $3.100 \text{ min}^{-1}$ .

Na furação para cavilha, a furadeira foi equipada com brocas do tipo helicoidal de aço, com 6, 8 e 12 mm de largura, sendo realizados seis furos passantes por amostra, dois para cada broca. Os furos foram distribuídos com uma distância mínima de 25 mm entre eles e também das bordas (Figura 4).

No teste de furação para dobradiça, foi utilizada a mesma furadeira, equipada com uma broca chata de 26 mm. Foram confeccionados dois furos, sendo um passante e outro não passante. Na furação para cavilha foi avaliada a presença de grã felpuda, arrancamento de grã e queima da madeira. Na furação para dobradiça, foi avaliada a presença de grã felpuda, arrancamento de grã, queima e esmagamento de grã.

Para avaliação da furação em cavilha foram dadas notas de um a cinco, sendo:

- Nota 1 (excelente) – ausência de defeito em qualquer um dos furos;
- Nota 2 (boa) – superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos;
- Nota 3 (regular) – presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio;
- Nota 4 (ruim) – presença de defeito severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior parte dos furos;
- Nota 5 (muito ruim) – presença de defeito severo em mais de um furo.

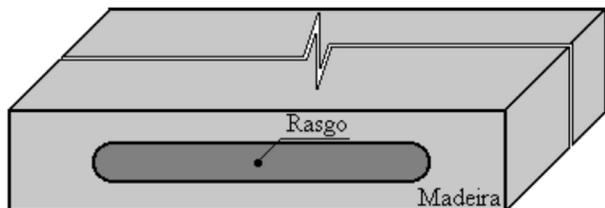
O rasgo foi feito na lateral da peça, com a utilização de uma furadeira horizontal acoplada a um equipamento de múltiplas funções (serra circular, tupia e furadeira), com uma broca helicoidal de 8 mm. Para avaliação, foram atribuídas notas de 1 a 5, em função do levantamento de fibras presente nas superfícies do rasgo, como esquematizado na Figura 5, sendo:

- Nota 1 (excelente) – ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo;



**Figura 4** – Operação de furação para cavilha dos corpos-de-prova.

*Figure 4* – *Boring for wood connector operation.*



**Figura 5** – Ilustração do rasgo produzido na lateral das amostras.

*Figure 5* – Illustration of the tear produced in the samples.

- Nota 2 (boa) – presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer;
- Nota 3 (regular) – presença de levantamento forte em uma e leve em outra;
- Nota 4 (ruim) – presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento;
- Nota 5 (muito ruim) – presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo.

Para a realização desse teste, foram utilizados pregos 15 x 15 com 30 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro.

Os pregos foram inseridos com espaçamento de 20 mm entre si e a 10 mm das bordas das peças, com a utilização de um martelo de 250 g. As avaliações foram feitas levando-se em consideração a presença de rachas ou trincas, tendo os resultados sido classificados como: peça que aceita pregos: amostra sem trincas ou dimensões insignificantes destes, não alcançando o topo das amostras e peça que não aceita pregos: com trincas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Densidade aparente, densidade básica e contração volumétrica

Na Tabela 2 foram inseridos os resultados médios das 30 amostras, para a densidade aparente, densidade básica e contração volumétrica, encontrados para as amostras analisadas.

A densidade básica apresentou média de 0,471 g/cm<sup>3</sup>, próxima a de algumas espécies de eucalipto. Tomazello Filho (1985) encontrou densidade básica de 0,43 g/cm<sup>3</sup> para *E. saligna* e 0,385 g/cm<sup>3</sup> para *E. grandis*,

aos 10 anos de idade. Tomazello Filho (1987) encontrou, para árvores com 10 anos de idade, densidade básica de 0,48 g/cm<sup>3</sup> para *E. globulus*, 0,51 g/cm<sup>3</sup> para *E. pellita* e 0,53 g/cm<sup>3</sup> para *E. acmenioides*.

Para a contração volumétrica, a média obtida foi de 16,85%, valor próximo ao relatado por Santos, Sebbenn e Florsheim (2009) para *Eucalyptus camaldulensis* (15,47%). De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1985), madeira com retração volumétrica entre 12,33% e 19,39% é considerada de média contração. Os gráficos de correlação entre a densidade aparente e básica e os valores de contração volumétrica encontram-se na Figura 6.

A correlação entre a densidade básica e retração volumétrica, apesar de baixa ( $R= 0,08$ ), foi positiva, conforme esperado, enquanto a correlação entre a densidade aparente e a retração volumétrica foi maior ( $R= 0,18$ ), e também positiva.

#### 3.2 Testes de usinagem

O avanço do dente calculado foi de 3,46 mm, resultado próximo aos 3,4 mm encontrados por Silva et al. (2009) para velocidade de avanço de 15 m\*min<sup>-1</sup>. O percentual das peças, por nota e defeito, foi inserido na Tabela 3.

A madeira de mogno africano apresentou bom desempenho nesta avaliação, tendo recebido quase todas as notas 1 ou 2, equivalentes aos conceitos excelente e bom, em todos os defeitos avaliados, indicando bom comportamento da madeira nesse tipo de processamento e também que o aparelho está adequado tanto para o desempenho em concordância quanto em oposição ou discordância.

Na avaliação do desempenho em concordância foi observada maior presença de grã arrancada, logo após grã felpuda, marcas de cavaco e, por fim, grã levantada. Mesmo assim, a avaliação foi considerada boa, já que a maior parte das amostras teve nota 1 em todos os testes.

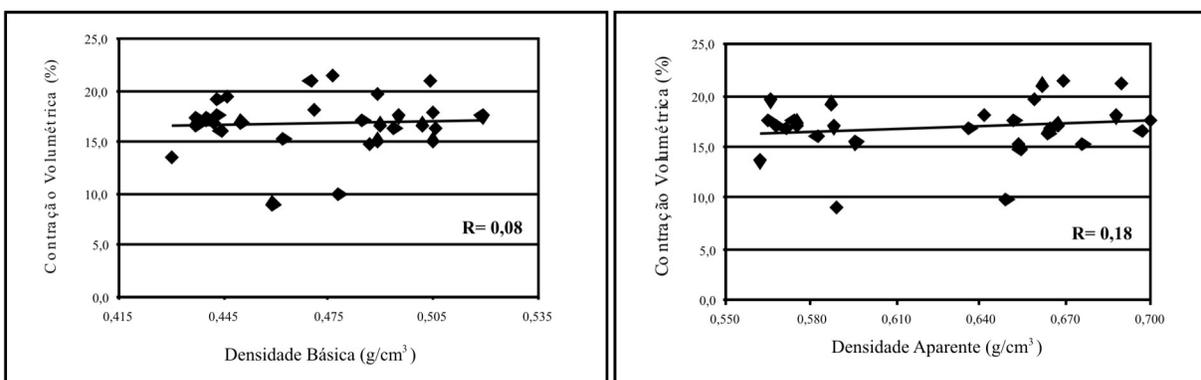
Em relação aos defeitos observados em oposição ou discordância, verificaram-se maior presença de peças com presença de grã felpuda e grã levantada e menor frequência de presença na avaliação de grã arrancada, e quase não se observou a presença de marcas de cavaco.

No teste de lixa, os resultados foram calculados como porcentagem (Tabela 4).

**Tabela 2** – Valores médios de densidade aparente, densidade básica e contração volumétrica das amostras de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.).

**Table 2** – Medium values of apparent density, basic density and contraction of the samples of african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.).

Amostra	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	Contração volumétrica (%)
Média	0,627	0,471	16,845
Desvio padrão	0,048	0,027	2,706
C.V. (%)	7,585	5,694	16,062



**Figura 6** – Correlações entre a densidade básica e aparente e a contração volumétrica da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.).

**Figure 6** – Correlations between the basic and apparent density and the contraction of the african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) wood.

**Tabela 3** – Resultados para o mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) na avaliação do desempenho.

**Table 3** – Results for the african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) in the planning evaluation.

Nota	Tipo de defeito							
	Marcas de cavaco		Grã arrancada		Grã felpuda		Grã levantada	
	C	D	C	D	C	D	C	D
1	83%	97%	60%	77%	77%	53%	90%	50%
2	17%	3%	33%	23%	23%	47%	10%	47%
3	0%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	3%
4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

C: desempenho em concordância; D: desempenho em discordância;

Nota 1 – superfície isenta de quaisquer defeitos; Nota 2 – presença de defeitos de leve em até metade da peça; Nota 3 – presença de defeitos médios, ou leves na maior parte da peça; Nota 4 – presença de defeitos médios na maior parte da peça, ou presença de defeitos fortes; Nota 5 – presença de defeitos fortes na maior parte da peça.

**Tabela 4** – Resultado obtido para o mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no teste de lixa.

**Table 4** – Result obtained for the african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) in the sanding test.

Nota	Tipo de defeito	
	Riscamento	Grã felpuda
1	87%	70%
2	13%	30%
3	0%	0%
4	0%	0%
5	0%	0%

Nota 1 – superfície sem defeitos; nota 2 – superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da peça; nota 3 – presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da peça; nota 4 – presença de riscamento ou grã felpuda na maior parte da peça; nota 5 – presença de riscamento ou grã felpuda em quase que a totalidade da peça.

No teste de lixa, as amostras demonstraram acabamento superficial excelente, com 87% das peças sem riscamento e 70% das peças sem grã felpuda. Além disso, todas as peças que apresentaram defeitos foram avaliadas com a nota 2 (bom). Este resultado mostra que esse equipamento é adequado para trabalhar com esta espécie e que a madeira se comporta muito satisfatoriamente na operação de lixamento.

Na furação em cavilha e para dobradiça, os resultados obtidos foram os apresentados na Tabela 5 e 6, respectivamente, na forma de percentagem.

A madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. apresentou desempenho regular na furação para cavilha, tendo como pior resultado a avaliação do arrancamento de grã, em que 50% das amostras obtiveram notas 3 e 7% receberam nota 4. Em 67% das amostras não foi observada grã felpuda, o que demonstra bom resultado para esse defeito. Não foi observada, em nenhuma amostra, queima da madeira.

Na avaliação para furação para dobradiça, a madeira de mogno africano teve bom desempenho, pois não foram observadas presenças de queima da madeira e de esmagamento de grã em nenhuma das amostras. Nas avaliações de grã felpuda e arrancamento de grã, as amostras receberam notas 1 e 2, quase que na totalidade.

Na furação para cavilha, a furadeira empregada mostrou-se pouco eficiente, sendo necessário um

**Tabela 5** – Resultados obtidos para a madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) na furação em cavilha.

**Table 5** – Results obtained for the wood of african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) in the boring for wood connector test.

Nota	Tipo de defeito		
	Grã felpuda	Arrancamento de grã	Queima da madeira
1	67%	0%	100%
2	27%	43%	0%
3	7%	50%	0%
4	0%	7%	0%
5	0%	0%	0%

nota 1 – ausência de defeito em qualquer um dos furos; nota 2 – superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos; nota 3 – presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio; nota 4 – presença de defeito severos em um furo, ou presença de defeito médio na maior deles; nota 5 – presença de defeito severo em mais de um furo.

provável aumento na rotação do aparelho. Já na furação para dobradiça observaram-se notas melhores, mostrando uma provável adequação desse aparelho para esse procedimento.

No teste de rasgo em furadeira horizontal, foi avaliado o levantamento de fibras provocado por este processo. As porcentagens de peças por nota recebida encontram-se na Tabela 7.

A madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. apresentou desempenho bom para o levantamento de fibras no teste de rasgo, tendo 63% de suas amostras recebido nota 2 (boa) e 23% nota 3 (regular), além de ter recebido 7% de notas 1 (excelente) e 7% de notas 4 (ruim). Este resultado mostra que a madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. teve desempenho bom para neste teste.

Os resultados para o teste de fendilhamento por pregos foram inseridos na Tabela 8. Na Figura 7, há um exemplo de uma amostra com racha.

No teste de fendilhamento por pregos, das trinta peças de madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. analisadas, 24, ou seja, 80% não apresentaram rachas, enquanto as demais apresentaram. Portanto, o resultado mostra que a madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. aceita prego.

**Tabela 6** – Resultados obtidos para a madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) na furação para dobradiça.

**Table 6** – Results obtained for the wood of african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) in the boring for hinge test.

Nota	Tipo de defeito			
	Grã felpuda	Arrancamento de grã	Queima da madeira	Esmagamento de grã
1	40%	47%	100%	100%
2	57%	53%	0%	0%
3	3%	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%	0%

nota 1 – ausência de defeito em qualquer um dos furos; nota 2 – superfície defeito leve em apenas um, ou dois dos furos; nota 3 – presença de defeito leve em metade dos furos, ou presença de defeito médio; nota 4 – presença de defeito severos em um furo, ou presença de defeito médio na maioria deles; nota 5 – presença de defeito severo em mais de um furo.

**Tabela 7** – Resultados obtidos para a madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em relação ao levantamento de fibras no teste de rasgo.

**Table 7** – Results obtained for the wood of african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) in the tear test.

Nota	Levantamento de fibras
1	7%
2	63%
3	23%
4	7%
5	0%

Nota 1 – ausência de levantamentos de fibras em qualquer das quatro bordas e no fundo; nota 2 – presença de levantamento leve em uma ou duas faces quaisquer; nota 3 – presença de levantamento forte em uma e leve em outra; nota 4 – presença de levantamento forte em duas a quatro faces quaisquer e fundo isento de levantamento; nota 5 – presença de levantamento forte nas quatro faces e no fundo.

**Tabela 8** – Resultados obtidos para a madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no fendilhamento por prego.

**Table 8** – Results obtained for the wood of african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) in the nails application test.

Avaliação	% das peças
Sem rachas	80%
Com rachas	20%



**Figura 7** – Exemplo do teste de fendilhamento por pregos.

**Figure 7** – Example of the nails application test.

## 4 CONCLUSÕES

A madeira de mogno africano apresentou densidades aparente e básica consideradas médias, comparáveis às apresentadas por algumas espécies de *Eucalyptus*. Este resultado foi, provavelmente, influenciado pela idade dos indivíduos.

Os resultados de usinagem de *Khaya ivorensis* A. Chev. foram bons, tendo sido observada avaliação regular apenas para a furação para cavilha.

Os equipamentos do Laboratório Usinagem e Beneficiamento da Madeira empregados na madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. mostraram-se adequados para a usinagem desta espécie.

A madeira de *Khaya ivorensis* A. Chev. apresentou bom comportamento para ser utilizada na indústria moveleira ou para fins de acabamento superficial em construção civil.

## 5 REFERÊNCIAS

- 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.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- AUBREVILLE, A. **La flore forestière de la Cota d'Ivoire**. Nogent-sur-Marne: Centre Technique Forestier Tropical, 1959. 341p.
- CONDE, R. A. R. **Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1948)(Lepdoptera; Pyralidae) em sistema agroflorestal**. 2006. 190p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. Piracicaba: IPEF, 1971. (IPEF, 2/3).
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Madeiras da Amazônia**: características e utilização - Amazônia Oriental. Brasília, 1997. v. 3.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira**: o que é e como pode ser processada e utilizada?. São Paulo, 1985. (Boletim ABPM, 36).
- SANTOS, F. W.; SEBBENN, A. M.; FLORSHEIM, S. M. B. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres físicos e mecânicos da madeira em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 3., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Federal, 2009. p. 2-8.
- SILVA, J. R. M. et al. Parâmetros de qualidade da usinagem para determinação dos diferentes usos da madeira de *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 75-83, jan./mar. 2009.
- SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* hill ex. maiden**. 2002. 179p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis***. Piracicaba: IPEF, 1985. (IPEF, 29).
- TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides***. Piracicaba: IPEF, 1987. (IPEF, 36).