

Influência da classe diamétrica no rendimento em madeira serrada de duas espécies nativas de Moçambique

Cláudio Gumane Francisco Juízo¹, Pedro Lício Loiola¹, Raquel Marchesan^{1*}, Celio Gregório Josséfa², Inoque João Chaóra², Márcio Pereira da Rocha¹, Ricardo Jorge Klitzke¹

¹Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil

²Instituto Superior Politécnico de Manica, Campus de Matsinho Distrito de Gondola, Estrada Nacional N6, desvio nas antenas Km 4,5, Manica, Moçambique

*Autor correspondente:
raquelmarchesan@yahoo.com.br

Termos para indexação:

Combretum imberbe
Pterocarpus angolensis
Desdobro da madeira
Serraria

Index terms:

Combretum imberbe
Pterocarpus angolensis
Wood unfolding
Sawmill

Histórico do artigo:

Recebido em 20 set 2014
Aprovado em 03 set 2015
Publicado em 30 set 2015

doi: 10.4336/2015.pfb.35.83.785

Resumo - Em um boletim técnico idealizado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura foi ressaltada a importância de estudos em Moçambique para auxiliar as tomadas de decisões técnicas que visem à melhoria dos rendimentos nas serrarias do país. Em virtude das espécies utilizadas, bem como do baixo nível tecnológico do setor, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o rendimento em madeira serrada de duas espécies tropicais, em uma serraria localizada na Província de Manica, cidade de Chimoio na região central de Moçambique. Para tanto, foram utilizadas árvores de *Combretum imberbe* (mondzo) e *Pterocarpus angolensis* (umbila), sendo selecionadas 12 toras para cada espécie. As toras de cada espécie foram classificadas em três classes diamétricas (quatro toras em cada classe). O desdobro das toras foi efetuado com serra fita, em modelo de desdobro tangencial sucessivo. O rendimento em madeira serrada, para as duas espécies avaliadas, aumentou em função da classe diamétrica, tendo diferenças estatísticas no rendimento em madeira serrada entre as duas espécies nas três classes diamétricas. *C. imberbe* apresentou maior rendimento em comparação a *P. angolensis*, sendo que os resultados considerados satisfatórios para o desdobro destas duas espécies de madeira nativas de Moçambique.

Influence of diameter class on lumber yielding of two native species from Mozambique

Abstract - In a technical bulletin designed by the Food and Agriculture Organization, the importance of studies in Mozambique to assist in decision-making techniques that aim to improve incomes of sawmills in the country was emphasized. Because of the species used and the industry's low technological level, this study was carried out in order to assess the lumber yield of two tropical species, in a sawmill in Chimoio, Manica Province, in the central region of Mozambique. We used trees of *Combretum imberbe* (mondzo) and *Pterocarpus angolensis* (umbila), selecting 12 logs from each species. The logs were divided into three diameter classes (four logs in each class). Logs were sawed with band saw, in successive tangential unfolding model. Lumber yielding for both species increased depending on the diameter class, with statistical differences of lumber yielding between the two species and in the three diameter classes. *C. imberbe* had higher yield compared to *P. angolensis*, with results considered satisfactory for wood unfold of both native species from Mozambique.

Introdução

A indústria madeireira tradicionalmente possui características comuns, como a utilização intensiva da mão de obra, em relação a outros segmentos industriais e o predomínio de pequenas e médias empresas. Não obstante, essa indústria é caracterizada por várias etapas no processo produtivo, bem como o envolvimento de outras atividades pertinentes à sua cadeia produtiva para o processamento primário e secundário de madeira (Leão & Naveiro, 1998).

É neste contexto que se destacam as serrarias, por serem as principais indústrias no setor madeireiro em função da sua simplicidade, podendo ser constituídas ao nível do setor familiar. Nestas empresas, os produtos obtidos são muito dependentes da estrutura produtiva, assim como das espécies utilizadas e, principalmente, em função das necessidades e exigências do mercado, podendo ser influenciadas também pelos rendimentos obtidos durante o processamento das toras. Vale ressaltar que esses rendimentos são fortemente influenciados pelo maquinário empregado na linha produção (Rodrigues de Aro, 2010).

Marchesan (2012) em seu estudo relatou que em serrarias que utilizam madeiras oriundas de florestas tropicais é notório toras de maiores volumes, conseqüentemente, de árvores mais velhas, podendo ocorrer defeitos. A presença de ocos e ataque por organismos xilófagos afetam significativamente o rendimento, em resultado da redução do volume de madeira utilizável para obtenção de produtos sólidos. Murara Júnior et al. (2015) e Marchesan (2012) afirmaram que uma forma de minimizar estas perdas seria levar em consideração a variedade de produtos que se pretende obter das toras, pois algumas classes diamétricas podem não ser adequadas para determinados produtos que se deseja obter das mesmas. É importante observar que a qualidade da matéria prima retirada para a produção de madeira serrada influencia diretamente o rendimento e a qualidade final da madeira serrada, sendo que defeitos como podridão de toras, rachaduras e tortuosidade afetam de forma mais intensa o rendimento que outros, como a conicidade, encurvamentos e ataque de organismos xilófagos.

Sendo assim, devem ser empregadas técnicas para selecionar árvores, obtendo toras de qualidade superior. Além dos fatores relacionados à matéria

prima, outros também são importantes, como o método de desdobro ou modelo de corte utilizado, nível tecnológico e treinamento constante da mão de obra que afetam os parâmetros técnicos de avaliação, afetando negativamente o rendimento (Manhiça, 2010; Pedro et al. 2014).

As serrarias de Moçambique são em sua totalidade de pequeno e médio porte, em virtude dos baixos níveis tecnológicos disponíveis no país. Nestas indústrias, os rendimentos em madeira serrada dependem principalmente dos métodos de desdobro, qualidade e dimensões das toras, tipo de produto, além do tipo de maquinário e ferramentas de corte. Em resultado da carência de apoio tecnológico para que a atividade madeireira possa obter melhor aproveitamento da matéria prima, foi idealizado um boletim técnico pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (Cuidado..., 1989), onde é ressaltada a importância de estudos em Moçambique, objetivando tomadas de decisão com suporte técnico para a melhoria do rendimento nas serrarias.

Essa pesquisa teve por objetivo avaliar a influência das classes diamétricas de toras no rendimento em madeira serrada de duas espécies tropicais de Moçambique: *Pterocarpus angolensis* (umbila) e *Cumbretum imberbe* (mondzo).

Material e métodos

Descrição da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma serraria da empresa Inchope Madeiras, que se localiza na zona industrial do município de Chimoio, capital da província de Manica, na região central de Moçambique. A serraria é de pequeno porte e as operações de desdobro foram efetuadas com serra de fita simples, dotada de um carro porta toras. O destopo das toras foi previamente efetuado em uma serra circular de bancada.

No pátio da serraria foram selecionadas, aleatoriamente, 12 toras de *Combretum imberbe* Wawra (mondzo) e 12 de *Pterocarpus angolensis* DC. (umbila), duas espécies produtoras de madeira mais utilizadas em Moçambique. Para cada espécie foram selecionadas três classes diamétricas com quatro toras, correspondendo às amplitudes de 40 a 45 cm, 45,1 a 50 cm e 50,1 a 55 cm de diâmetro.

Determinação do rendimento

Para a determinação do volume das toras foi utilizado o método da cubagem de Smallian (Thiersch, 2002). Em seguida, as toras foram desdobradas empregando-se para as duas espécies o modelo tangencial sucessivo, obtendo-se peças com espessura de 22 mm e larguras variando de 288 mm a 780 mm, de acordo com o diâmetro da tora e posição na qual foi retirada a peça.

O volume de cada peça serrada foi determinado pelo método estereométrico, utilizando os dados de espessura, largura e comprimento. Após a determinação do volume de todas as peças procedentes de cada tora, foi possível calcular o rendimento médio em madeira serrada de cada classe diamétrica (Equações 1 e 2).

$$R_i = \frac{V_{Si}}{V_{Ti}} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

R_i: rendimento em madeira serrada da tora i (%);

V_{Si}: volume de madeira serrada da tora i (m³);

V_{Ti}: volume da tora i (m³).

$$RCD_i = \sum \frac{R_i}{10} \quad (2)$$

Em que:

RCD_i: rendimento médio em madeira serrada da classe diamétrica i (%);

R_i: rendimento em madeira serrada de cada tora i da classe diamétrica i (%).

Análise e avaliação dos resultados

Para comparação dos resultados de rendimento em madeira serrada, empregou-se delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial, sendo analisados os fatores: espécie (dois níveis), classe diamétrica (três níveis) e a interação entre estes fatores. Quando detectada diferença significativa entre os tratamentos, foi empregado o teste de Tukey, em nível de 5% de significância. Foram também realizadas análises de regressão linear para a variável rendimento, sendo ajustados modelos que possibilitam prever o rendimento em função do diâmetro das toras para cada espécie.

Resultados e discussão

O resumo da análise de variância do experimento fatorial para o rendimento em função das duas espécies, nas diferentes classes diamétricas estudadas estão apresentados na tabela 1. Observa-se que as variáveis

espécie e classe diamétrica tiveram efeito significativo sobre o rendimento em madeira serrada. No entanto, a interação entre os dois fatores não foi significativo.

Tabela 1. Análise de variância do fator espécie, classe diamétrica, e a interação entre os fatores.

Variável	F
Espécie	8,90*
Diâmetro	14,86*
Espécie x diâmetro	0,07 ^{ns}

F: Fator de significância. *Significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05), ^{ns} não significativo (p >= 0,05).

Em estudos de desdobro com madeira tropical, Marchesan (2012) também obteve efeito significativo das espécies quando avaliou o rendimento em madeira serrada e de subprodutos para as espécies *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Astronium lecontei* Ducke (muiracatiara) e *Brosimum rubescens* Taub (muirapiranga). Resultado semelhante também foi observado por Biasi & Rocha (2007) no desdobro comparativo de *Erismia uncianatum* (cedrinho), *Qualea albiflora* Warm (cambará) e *Mezilaurus itauba* (itaúba).

Pedro et al. (2014), em estudo de desdobro em serraria portátil de madeiras de *Eucalyptus* spp. oriundas de reflorestamento em Moçambique, também detectaram a influência da espécie sobre o rendimento em madeira serrada, semelhante aos resultados obtidos por Müller (2013), com desdobro de madeiras de *Eucalyptus benthamii*.

A classificação diamétrica das toras influenciou o rendimento em madeira serrada, como também observado por Piovesan et al. (2013), em que relataram a influência da classe diamétrica no rendimento dependente do tipo de produto que se pretende obter. Garcia et al. (2012), estudando o rendimento da madeira de *Qualea albiflora* Warm. (cambará), observaram que não só a classe diamétrica influencia o rendimento, mas também, o produto final da serraria, em função da quantidade de cortes internos efetuados durante o processo de beneficiamento da tora. Esta argumentação pode ser sustentada por Gerwing et al. (2001), que trabalharam com produção de madeira para o mercado doméstico e de exportação de *Handroanthus* sp. (ipê) e Biasi & Rocha (2007) produzindo vigas e tábuas de *Mezilaurus itauba* (itaúba) e *Erismia uncianatum* (cedrinho).

São quase inexistentes os estudos disponíveis que tratam do efeito da interação entre os fatores espécie e classe diamétrica com espécies nativas de Moçambique,

Pedro et al. (2014), avaliando madeira de *Eucalyptus* sp. provenientes de Moçambique, também observaram que esta interação não teve efeito significativo sobre o rendimento.

O rendimento em madeira serrada (Tabela 2) para as duas espécies estudadas estão dentro do esperado e

considerados normais em função da variação das classes diamétricas avaliadas, podendo alcançar uma média próxima de 50% para madeira de espécies de folhosas (Sudam, 1981; Tonini & Ferreira, 2004; Garcia et al., 2012).

Tabela 2. Rendimento (%) por classe diamétrica para duas espécies nativas em Chimoio, Moçambique.

Espécie	Classe diamétrica (cm)			Média
	40 – 45	45,10 - 50	50,10 - 55	
<i>P. angolensis</i>	42,73 (10,87; 4,64)	48,15 (6,54; 3,15)	55,19 (16,78; 9,26)	48,69 A
<i>C. imberbe</i>	47,61 (3,08; 1,46)	54,75 (7,01; 3,84)	61,09 (2,19; 1,33)	54,48 B
Média	45,17 a	51,45 b	58,14 c	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (vertical) e minúscula (horizontal) não diferem entre si (Tukey, $p > 0,05$). Não foi aplicado o teste de comparação de médias para a interação porque o F não foi significativo. Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação e ao desvio padrão (%), respectivamente.

A variação do rendimento entre as classes diamétricas era esperada, pois, segundo Dobner Júnior et al. (2012), o rendimento de um determinado sortimento refere-se ao volume efetivamente aproveitado de uma tora em relação ao seu volume total. Toras com menores diâmetros normalmente têm menores volumes aproveitados em relação às toras maiores.

Nota-se que o maior rendimento em madeira serrada foi obtido para *C. imberbe* (mondzo) em relação a *P. angolensis* (umbila). Possivelmente isso se deve às toras de *C. imberbe* (mondzo) terem os maiores diâmetros médios, apesar das toras selecionadas para as duas espécies serem das mesmas classes diamétricas. Em se tratando de madeira nativa, é comum que se observe uma grande variabilidade entre toras dentro da classe diamétrica, o que pode ter influenciado no processo de desdobro. Outro fato que alterou os rendimentos entre as espécies foi que as toras de *C. imberbe* foram mais difíceis de serrar com serra de fita, por estas apresentarem densidades mais elevadas (até 1,220 g.cm⁻³) (The Wood Database, 2015). Por esse motivo, foram realizados poucos cortes, resultando menos produtos de maiores dimensões e, portanto, menos perdas em serragem e costaneiras. As toras de *P. angolensis* (umbila), por apresentarem densidades relativamente mais baixas (até 0,605 g.cm⁻³) (The Wood Database, 2015), receberam mais cortes, resultando em mais perdas de madeira aproveitável para serraria.

Os rendimentos obtidos corroboram com os descritos por Oliveira et al. (2003), em estudo conduzido com 15 espécies nativas no Estado de Rondônia, onde obtiveram rendimento de 49,66% para a madeira de *Hymenaea courbaril* (jatobá). Rendimentos mais elevados foram observados por Gerwing et al. (2001) no processamento mecânico de ipê (em torno de 55%), por Ângelo et al. (2004) no desdobro de *Dinizia excelsa* Ducke (angelim vermelho) (55,90%) e Biasi & Rocha (2007), com madeiras de *M. Itauba* (itaúba) (53,90%).

Para a classe diamétrica 2 (tabela 2), os rendimentos obtidos nesta pesquisa foram semelhantes aos observados por Piovesan et al. (2013), que relataram rendimentos de 52,73% para o desdobro de ipê com diâmetros entre 43,5 e 53,0 cm.

No desdobro de toras de 50,1 a 55,0 cm de diâmetro de *M. itauba* (itaúba), Biasi & Rocha (2007) observaram resultados semelhantes (57,21%), as quais tinham diâmetros de toras semelhantes aos da classe diamétrica 3 (tabela 2).

Pode-se observar na figura 1 o aumento do rendimento em madeira serrada em função da classe diamétrica de *Combretum imberbe* (mondzo) e *Pterocarpus angolensis* (umbila). Tendência semelhante à observada por Biasi & Rocha (2007) e Garcia et al. (2012).

Segundo Garcia et al. (2012) o aumento gradativo do rendimento em função da classe diamétrica ocorre em função da espécie apresentar menos defeitos, como oco, e tortuosidade nas toras.

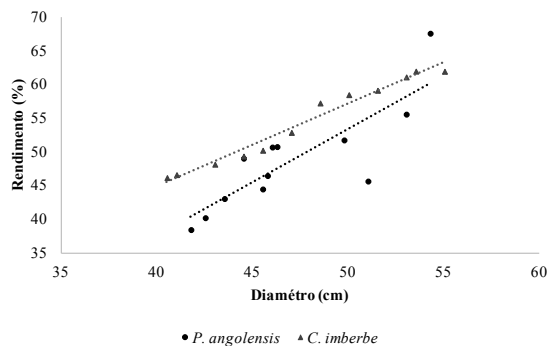


Figura 1. Rendimento de *P. angolensis* e *C. imberbe* em função dos diâmetros, em Chimoio, Moçambique.

Este fato pode ser sustentado por estudos feitos por Biasi & Rocha (2007), Marchesan (2012) e Murara Júnior et al. (2013), que relataram a redução do rendimento com o aumento da classe diamétrica, principalmente nas classes acima de 50 cm de diâmetro, em função da podridão das toras, que resulta em ocós, bem como ataque por xilófagos.

Essa tendência de variação dos rendimentos em madeira serrada em função dos diâmetros das toras está apresentada nos modelos ajustados (Tabela 3), onde foram obtidas duas equações de rendimento, sendo uma específica para o desdobro de *P. angolensis* (umbila) e outra para *C. imberbe* (mondzo).

Tabela 3. Modelos ajustados para o rendimento em madeira serrada de *P. angolensis* e *C. imberbe* em função do diâmetro da tora, em Chimoio, Moçambique.

Espécie	Modelos ajustados	R_{aj}^2 (%)	S_{yx} (%)	F
<i>P. angolensis</i>	$R = 1,5843*d - 25,737$	66,06	4,50	22,73**
<i>C. imberbe</i>	$R = 1,2292*d - 4,2095$	96,84	1,09	341,69**

R: rendimento; R_{aj}^2 : coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} : erro padrão da estimativa; F: fator de significância; **Significativo ao nível de 1% de significância ($p > 0,01$).

O modelo ajustado segue a tendência linear ($Y = a + bX$), sendo perfeitamente válido para os objetivos do estudo, assim como o obtido por Dobner Júnior et al. (2012) e Murara Júnior et al. (2013), pois serve de parâmetro para comparação entre os diâmetros das toras, proporcionando modelos de corte mais adequados em função do produto final. O menor coeficiente de determinação ajustado se encontra acima de 65%, tendo como erro padrão da estimativa de 4,5%, para o desdobro da madeira de *P. angolensis* (umbila), enquanto para madeiras de *C. imberbe* (mondzo) foi obtido coeficiente de determinação superior a 96%, com erro padrão da estimativa próximo a 1%.

Tais resultados evidenciam que os modelos estatísticos gerados através da análise da regressão dos rendimentos médios de madeira serrada podem estimar com precisão o rendimento médio que cada espécie estudada irá proporcionar, seguindo o mesmo modelo de desdobro ao desta pesquisa.

Conclusões

Para as duas espécies nativas estudadas (mondzo e umbila), houve uma tendência de aumento no rendimento em madeira serrada com o aumento da classe diamétrica.

As análises independentes da espécie mostraram efeito significativo sobre o rendimento em madeira serrada na serra fita, sendo que a maior média foi observada nas toras de *C. imberbe*.

Em relação às classes diamétricas, observou-se também efeito significativo sobre o rendimento sendo que a maior classe diamétrica obteve maior rendimento em madeira serrada na serra fita.

Referências

- ANGELO, H.; SILVA, G. F.; SILVA, V. S. M. Análise econômica da indústria de madeiras tropicais: o caso do polo de Sinop, MT. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 14. n. 2, p. 91-101, 2004.
- BIASI, C. P.; ROCHA, M. P. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 1, p. 95-108, 2007. DOI: 10.5380/rf.v37i1.7845
- CUIDADO y mantenimiento de sierras. Roma: FAO, 1989. 117 p. (Estudio FAO Montes, 58).
- DOBNER JÚNIOR, M.; HIGA, A. R.; ROCHA, M. P. Rendimento em serraria de toras de *Pinus taeda*: sortimentos de grandes dimensões. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 3, p. 385-392, 2012. DOI: 10.4322/loram.2012.053
- GARCIA, F. M.; MANFIO, D. R.; SANSÍGOLO, C. A.; MAGALHÃES, P. A. D. Rendimento no desdobro de toras de itaúba (*Mezilaurusitauba*) e tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 468-474, 2012. DOI: 10.4322/loram.2012.059
- GERWING, J.; VIDAL, E.; VERÍSSIMO, A.; UHL, C. **Rendimento no processamento de madeira no Estado do Pará**. Belém: IMAZON, 2001. 35 p. (IMAZON. Amazônia, 18).
- LEÃO, S. M.; NAVEIRO, M. R. Fatores de competitividade da indústria de móveis de madeira no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28. 1998, Niterói. **A engenharia de produção e o futuro do trabalho**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 1998. 8 p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART466.pdf>. Acesso em: 14 set. 2015.

- MANHIÇA, A. A. **Rendimento e eficiência no desdobro de Pinus sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte.** 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MARCHESAN, R. **Rendimento e qualidade de madeira serrada de três espécies tropicais.** 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MÜLLER, B. V. **Efeito de sistemas de desdobro na qualidade e rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus Benthamii* maiden et cambage.** 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MURARA JUNIOR, M. I.; ROCHA M. P.; TRUGILHO, P. F. Estimativa do rendimento em madeira serrada de pinus para duas metodologias de desdobro. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 4, p. 556-563, 2013. DOI: 10.4322/foram.2013.037
- OLIVEIRA, A. D.; MARTINS, E. P.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; SOUZA, A. N. Viabilidade econômica de serrarias que processam madeira de florestas nativas: o caso do município de Jarú, estado de Rondônia. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2003.
- PEDRO, F. S.; JUÍZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; BILA, N. F.; UETIMANE, E. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014. DOI: 10.1590/2179-8087.062213
- PIOVESAN, P. R. R.; REIS, A. R. S.; SOUZA, D. V. Rendimento na produção de madeira serrada de ipê (*Handroanthus* sp). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17; p. 2315-2329, 2013.
- RODRIGUES DE ARO, E. Competitividade no sistema agroindustrial (sag) da madeira serrada: um estudo no estado de Mato Grosso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos, SP. **Maturidade e desafios da engenharia de produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente.** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2010. 14 p.
- SUDAM. **Rendimento em serraria de trinta espécies de madeiras amazônicas.** Belém, 1981. 186 p.
- THE WOOD DATABASE. **Leadwood.** Disponível em: <<http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/leadwood/>>. Acesso em: 14 set. 2015.
- THIERSCH, C. R. **Modelagem da densidade básica, do volume e do peso seco para plantios de clones de *Eucalyptus spp.*** 2002. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- TONINI, H.; FERREIRA, L. M. M. **Rendimento em madeira serrada de cupiuba (*Goupia glabra*), caferana (*Erisma uncinatum*) e angelim-pedra (*Dinizia excelsa*).** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 6 p. (Embrapa Roraima. Comunicado técnico, 7).