

Nota Técnica/Technical Note

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO E DOS RESÍDUOS GERADOS NO DESDOBRAMENTO DE TORAS DE *Araucária angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze

Alvaro Felipe Valerio¹, Vinícius Vitale², Luciano Farinha Watzlawick³, Marcos Aurélio Mathias de Souza⁴

(recebido: 24 de novembro de 2006; aceito: 26 de outubro de 2007)

RESUMO: O maior aproveitamento no processo produtivo dos recursos florestais garante a redução de custos da matéria prima, agregando valor aos produtos gerados. Este procedimento também faz com que a parte ambiental seja significativamente contemplada. Objetivou-se neste estudo a determinação do rendimento e do volume de resíduos gerados no desdobro de toras de *Araucaria angustifolia*. Utilizou-se para tanto a determinação do rendimento no desdobro de 175 toras em sete diferentes classes de diâmetro, em uma serraria de pequeno porte. Observou-se que 27,7% do volume total das toras é representado por casca, que não pode ser aproveitada na industrialização, sendo considerada como biomassa e comercializada como subproduto para a produção de energia. O maior rendimento foi obtido na classe de diâmetro entre 40 e 44,9 cm, com 63,9% para toras com casca, e o menor rendimento ocorreu na classe de diâmetro até 19,9 cm, com 40,6%, assim o rendimento médio encontrado foi de 56,3%, sendo necessário, portanto o desdobro de 1,776 m³ de toras para se obter um metro cúbico de madeira serrada. Pôde-se concluir que o desdobro de toras de *Araucaria angustifolia* proporcionou bom rendimento, sendo em geral, superior ao encontrado na literatura, para outras espécies nativas.

Palavras-chave: *Araucaria angustifolia*, desdobro de toras, rendimento, resíduos.

DETERMINATION OF YIELD AND THE BY PRODUCTS GENERATED IN BLACK-DOWN OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze LOGS

ABSTRACT: This study determined the yield and the volume of wasted wood generated in the black-down of logs of *Araucaria angustifolia*. For the determination of the yield in black-down 175 logs in seven different classes of diameter obtained in a small sawmill were used. It was observed that 27.7% of the total volume of logs is represented by bark, which cannot be used in industrialization, being considered as biomass and to energy production. A major yield was obtained in class of diameter between 40 and 44.9 cm, with 63.9% to logs with bark and the smallest yield occurred in class of diameter below 19.9 cm, with 40.6%, thus the average yield found was 56.3%, being necessary, therefore the black-down of 1.776 m³ of logs to obtain one cubic meter of sawn wood. It could be concluded that the black-down process of logs of *Araucaria angustifolia* provided a larger yield than that found in literature for other native species.

Key words: *Araucaria angustifolia*, black-down of logs, yield, wasting wood.

1 INTRODUÇÃO

O maior aproveitamento no processo produtivo quando empregado o uso múltiplo dos recursos naturais garante a redução de custos da matéria-prima, agregando-se valores aos multiprodutos gerados pela utilização alternativa dos resíduos, além de que, dessa forma, a parte ambiental também é significativamente contemplada, pois segundo Yuba (2001) algumas das soluções adotadas entre

aquelas serrarias que não têm consumidores para os resíduos produzidos, é a queima e a deposição irregular, o que resulta em poluição do ar, solo e água pelo desequilíbrio gerado.

A geração de resíduos nas indústrias de base florestal é uma consequência natural do processo de transformação da madeira, e se não tratada corretamente, em proporções médias ou elevadas pode comprometer os ecossistemas locais e regionais, causando grande impacto

¹Engenheiro Florestal, Mestrando em Manejo Florestal na Universidade Estadual do Centro Oeste/UNICENTRO – Rua Presidente Zacarias de Goes, 875 – Cx. P. 3010 – 85015-430 – Guarapuava, PR – alvarofvalerio@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Mestrando em Manejo Florestal na Universidade Estadual do Centro Oeste/UNICENTRO – Rua Presidente Zacarias de Goes, 875 – Cx. P. 3010 – 85015-430 – Guarapuava, PR – viniflorestal@yahoo.com.br

³Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro Oeste/UNICENTRO – Rua Presidente Zacarias de Goes, 875 – Cx. P. 3010 – 85015-430 – Guarapuava, PR – lwatzlawick@yahoo.com.br

⁴Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro Oeste/UNICENTRO – Rua Presidente Zacarias de Goes, 875 – Cx. P. 3010 – 85015-430 – Guarapuava, PR – mamsfloresta@gmail.com

ao meio ambiente e danos de difícil reparação (ANUÁRIO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1957).

Segundo Miyazaki (1989) o resíduo gerado em serrarias é uma importante matéria-prima em forma de partículas para a produção de polpa e produtos como chapas de partículas, sendo efetivamente usado como matéria-prima em plantas de produção de energia, em cama para cultivo de cogumelos, e o restante é consumido em queima direta.

O processo de desdobro deve ser cuidadosamente analisado, sendo de grande importância que cada operário tenha sua função bem definida, pois em processos não otimizados a produtividade e o rendimento irão depender de seu nível de especialização. Estudos sobre o aproveitamento da serraria demonstram que decisões sobre o ótimo aproveitamento das toras e o processamento de madeira, podem levar ao aumento de 10 a 25%, no rendimento da madeira processada (REGALADO et al., 1992; STEELE, 1984).

Em serrarias, os métodos utilizados no desdobro da madeira podem comprometer os lucros desejados, devendo portanto, serem cuidadosamente analisados e operados, buscando-se sempre melhores resultados em sua dinâmica e desempenho. Assim, no que diz respeito às sobras e resíduos do processamento de madeira em serrarias, existe a possibilidade de melhor utilização da matéria-prima madeireira por meio da utilização de melhores técnicas, equipamentos e processos (FAGUNDES, 2003). A utilização da madeira deve ser feita da forma mais racional possível, buscando sempre o máximo rendimento e desenvolvendo novos produtos como alternativa para os resíduos, pois apesar de ser um recurso natural renovável, a reposição florestal acarreta custos significativos.

Estudos realizados pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – Sudam (1981) ao analisar o rendimento de trinta espécies de madeiras amazônicas no desdobro em serrarias, verificou que o comportamento dos rendimentos variaram sensivelmente, de espécie para espécie, chegando ao mínimo de 43% e a um máximo de 65%, apesar das classes diamétricas analisadas terem sido as mesmas.

Para Guerra (1983), o rendimento no desdobro varia de 55 a 65% para coníferas e entre 45 e 55% para folhosas, considerando que não somente a espécie afeta o rendimento, mas será maior ou menor em função da qualidade dos povoamentos, dos equipamentos, técnicas de desdobro e da qualificação profissional dos operários.

Brand et al. (2002) estudando o rendimento em uma serraria de grande porte e com alto nível de automação, descreveu um rendimento médio no desdobro de toras de *Pinus* sp. próximo a 35%, evidenciando assim, a obtenção de um baixo aproveitamento da matéria-prima em madeira serrada no processo.

Geralmente, o rendimento em madeira serrada aumenta com o incremento do diâmetro das toras, porque o volume de toras perdido com costaneiras e aparas representa menor porcentagem em relação ao volume das toras (WADE et al., 1992). Segundo Ferreira et al. (1989). O aproveitamento quantitativo da transformação de uma tora em tábuas, considerando-se uma tora com casca, se dá na ordem de 40% de madeira processada, e os 60% restantes são assim alocados: 10% de aparas de plaina, 26% de aparas do corte, 13% de pó de serra e 11% cascas.

A redução da disponibilidade de florestas com *Araucaria angustifolia* vem sendo estudada nas mais diferentes áreas da ciência florestal, pois há um grande interesse comercial, e com isso, é de grande importância que sejam desenvolvidos nas indústrias, métodos de otimização para o melhor aproveitamento da matéria-prima, oriunda dessa espécie.

Levando-se em consideração as informações acima apresentadas, o presente estudo objetivou a quantificação *in loco* do rendimento de produtos serrados e dos resíduos gerados no desdobro de toras de *Araucaria angustifolia*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na Madeireira Perazoli Ltda., localizada no município de São Lourenço do Oeste, estado de Santa Catarina. Conforme a classificação de Rocha (2002), em função do consumo de toras ser inferior a $50 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, a mesma é classificada como de pequeno porte, fazendo parte hoje dos 60% das serrarias brasileiras.

O fluxograma do sistema produtivo é simples e comumente encontrado nas serrarias de pequeno porte, e apresenta-se na Figura 1. O processo de desdobro principal realizado com uma serra fita simples vertical, de lâmina larga, possuindo um carrinho como sistema de alimentação até o corte, sendo posteriormente feito seu refilamento com uma serra circular simples e seu destopamento com uma serra circular pendular. Essas técnicas e as características das máquinas possibilitam o desdobro de toras com grande amplitude diamétrica, sendo dispensado um tratamento individualizado para cada tora, que apesar de mais lento, obtém maior rendimento no processo de conversão da tora.

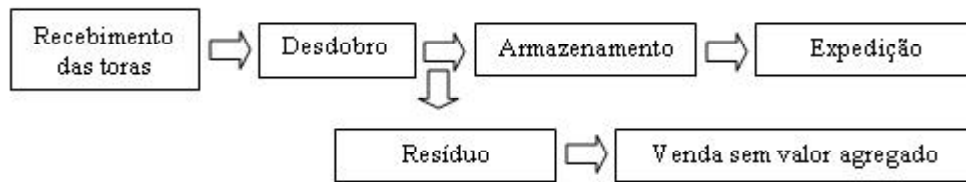


Figura 1 – Fluxograma do sistema produtivo da Madeireira Perazoli Ltda.

Picture 1 – Flowchart of productive system in the Perazoli sawmill Inc.

Para definição do número de classes de diâmetro foi utilizada a fórmula de Sturges, apresentada e discutida por Koheler (1994) e que de acordo com Machado & Figueiredo Filho (2003) é uma das maneiras mais conhecidas para estabelecer o número de classes para um conjunto de dados.

$$N^{\circ} \text{ de Classes} = 1 + 3,3 \text{ Log} (n) \quad (1)$$

Em que:

n é o número de observações disponíveis.

As toras são oriundas de árvores plantadas, apresentavam comprimentos entre 2,5 e 3 metros e foram escolhidas de forma aleatória no pátio da empresa e posteriormente classificadas em classes diamétricas, considerando a ponta de menor diâmetro, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de toras amostradas por classe de diâmetro.

Table 1 – Logs sampled by class of diameter.

| Classes Diamétricas (cm) | Numero de Toras |
|--------------------------|-----------------|
| < 19,99 | 25 |
| 20 - 24 | 25 |
| 25 - 29 | 25 |
| 30 - 34 | 25 |
| 35 - 39 | 25 |
| 40 - 44 | 25 |
| > 45 | 25 |
| Total | 175 |

O próximo passo foi a marcação dos pontos para a coleta dos diâmetros, empregando a metodologia proposta por Smalian, que toma medidas à comprimentos relativos ao longo da tora. A marcação foi realizada em quatorze posições relativas ao comprimento total da tora, sendo elas a 0,0%, 1%, 5%, 10%, 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%,

75%, 85%, 95% e a 100% do comprimento, segundo esquema de cubagem apresentado na Figura 2.

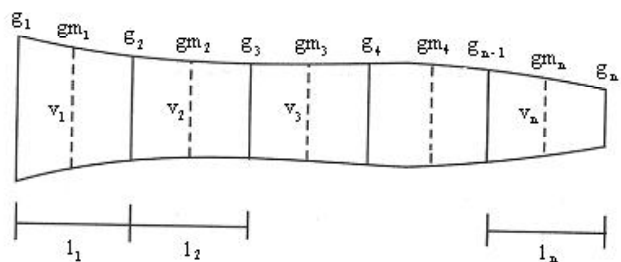


Figura 2 – Esquema genérico para cubagem de uma tora por Smalian, utilizando comprimentos diferentes.

Picture 2 – Generic scheme for scaling logs using for Smalian method, using different logs length.

Após todos os comprimentos relativos calculados e marcados, com o auxílio de uma suta foi realizada a dupla medição dos diâmetros em cada ponto, e com paquímetro a medição da espessura de casca.

Os volumes de cada tora medida, foram calculados pelo método de Smalian, como segue:

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \left[\left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) * l_1 \right] + \left[\left(\frac{g_2 + g_3}{2} \right) * l_2 \right] + \dots + \left[\left(\frac{g_{n-1} + g_n}{2} \right) * l_n \right] \quad (2)$$

Em que:

$$g_i = \frac{\pi \cdot d_i^2}{40000} \quad (3)$$

g_i = área transversal na altura relativa correspondente;
 d_i = diâmetro médio na altura relativa correspondente (cm);
 l_i = comprimento da seção relativa correspondente (m).

No processo de desdobro, as dimensões das peças obtidas foram definidas no processo de acordo com as características de cada tora, que variavam em diâmetro, conicidade, porcentagem de casca e comprimento.

Após o desdobro da tora, o produto resultante foi separado, sendo realizada a medição com o auxílio de trena

e paquímetro, e posteriormente a cubagem de cada peça do material processado, essas obtidas com seções de formatos prismáticos, o que facilitou o trabalho e aumentou a acuracidade na obtenção do volume total do material processado. Com a soma das cubagens obteve-se o volume caracterizado como rendimento, dado em $\text{m}^3 \cdot \text{tora}^{-1}$, por meio da Equação 4 apresentada abaixo o rendimento em percentual.

$$\text{Rendimento}(\%) = \frac{\text{VM}}{\text{VT}} * 100 \quad (4)$$

Em que:

R = Rendimento (%);

VM = Volume de madeira (m^3);

VT = Volume total da tora com casca (m^3).

A homogeneidade das variâncias do rendimento para as toras com e sem casca foi testada aplicando-se o teste de Bartlett. A seguir foi realizada a análise de variância, considerando como tratamentos as classes diamétricas. As médias de cada classe de diâmetro foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O rendimento percentual de aproveitamento variou entre toras e entre classes de diâmetro, sendo os resultados basicamente crescentes da menor para a maior classe, na Tabela 2 apresenta-se o percentual de madeira serrada por classe de diâmetro, em função da tora com casca. Segundo Rocha (2000), é normal em serrarias, as toras de menores diâmetros apresentarem menores rendimentos. Porém o autor ao desdobrar *Eucalyptus grandis* em duas classes diamétricas (19 a 25 e 25 a 30

cm), obteve para a classe de menores diâmetros um rendimento médio superior.

A porcentagem média do rendimento para toras com casca foi de 56,28%, conseqüentemente, ocorreu uma perda média de 44,72%, necessitando, portanto, do desdobro de 1,776 m^3 de toras de *Araucaria angustifolia* para obtenção de 1 m^3 de madeira serrada, sendo gerado 0,776 m^3 de resíduos, o que resulta num gasto significativo com matéria-prima, pois grande parte do material processado não foi transformado em madeira serrada. Nesse sentido, segundo Miranda et al. (2002a) isso também representa um problema econômico para as empresas na colheita e no transporte, uma vez que esse volume implica em um aumento dos custos nessas etapas. Esse percentual de rendimento apresenta-se superior ao encontrado no desdobro de outras espécies florestais por Polzl et al. (2003) entre 40-45 %, Souza (1997) com 35 a 45% e Borges et al. (1993) de 52,27%, entre outros.

Estudo desenvolvido por Olandoski et al. (1997), em uma serraria com as mesmas técnicas convencionais de desdobro de toras, apresentou para o gênero *Pinus* sp rendimento médio de 49%, sendo esse, também inferior ao observado para *Araucaria angustifolia*, nesse estudo.

Brand et al. (2002) estudando o rendimento no processo de desdobro de toras de *Pinus* sp., em uma serraria com auto nível de automação constatou que são necessários 2,62 m^3 de toras com casca para a produção de um metro cúbico de madeira serrada seca e classificada e gerando, portanto um volume de resíduos de 1,62 m^3 , superior ao encontrado no desdobro de *Araucaria angustifolia* por meio de métodos convencionais no presente estudo.

Tabela 2 – Rendimento percentual de aproveitamento de madeira serrada de *Araucaria angustifolia* em função da tora com casca.

Table 2 – Percentage of *Araucaria angustifolia* sawn wood, in function of log with bark.

| Classe (cm) | Porcentagem de Casca | Desvio Padrão (%) | Rendimento (%) |
|-------------|----------------------|-------------------|----------------|
| < 19,99 | 25,21 | 14,70 | 40,66 |
| 20 - 24 | 28,53 | 15,71 | 49,52 |
| 25 - 29 | 28,10 | 9,33 | 58,63 |
| 30 - 34 | 28,76 | 11,59 | 59,83 |
| 35 - 39 | 29,90 | 7,03 | 61,87 |
| 40 - 44 | 27,44 | 12,72 | 63,92 |
| > 45 | 26,32 | 10,20 | 59,55 |
| Média | 27,75 | 11,61 | 56,28 |

Considerando que a aquisição das toras é feita com casca, isso representa um maior custo no processo, pois em média, foi encontrado 27,75% de casca em relação ao volume total. Esse valor foi superior ao encontrado por Miranda et al. (2002a,b) e Paula Neto et al. (1991) em estudos com o gênero *Eucalypto* sp., de 10,1 e 16,94%, respectivamente. A casca pode ser comercializada como biomassa para geração de energia, porém com valor reduzido.

O rendimento mostrou-se crescente até a sexta classe (40-44 cm), com uma redução na classe de maior diâmetro e isso pode ser explicado também, pela ação de outros fatores que influenciam no rendimento do desdobro de toras, como a conicidade (GROSSER, 1980), que segundo Purnell (1988) varia de espécie para espécie, diminui com a idade da planta, sofre pouca influência genética, e maior na primeira tora, isso é, na base da árvore. Deve-se observar que, algumas toras de diâmetros superiores a 45 cm, apresentavam grande porcentagem de seu volume interno atacado por biodegradadores, característica comum dessa espécie em árvores com idade avançada, o que pode explicar a diminuição do rendimento nessa classe de diâmetro.

Os percentuais de rendimento, resíduo e casca, em relação ao volume total de toras, em cada classe diamétrica, observam-se na Figura 3.

Verificou-se que a classe de diâmetro e a espessura de casca são características naturais da tora que influenciam diretamente ou de alguma forma no rendimento, durante o

processo de desdobro em serrarias, sendo esses fatores já descritos por Rocha (2002) e Scarnavaca Junior & Garcia (2003).

A homogeneidade das variâncias das toras, com casca, por classe de diâmetro foi testada pelo teste de Bartlett e apresentaram-se homogêneas. A análise de variância (ANOVA) revelou existirem diferenças estatisticamente significativas, a 95% de probabilidade entre as classes diamétricas analisadas. Os resultados do teste de Duncan são evidenciados na Tabela 3.

O rendimento das toras das classes com diâmetros superiores a 25 cm, não apresentam diferença estatística entre suas médias, dessa forma no processamento de toras em classes de pequenos diâmetros pode-se obter rendimento igual ao de toras de grandes diâmetros, assim, justifica-se a aquisição de toras de pequenos diâmetros, por essas apresentarem menor valor de mercado, reduzindo os custos com matéria-prima.

4 CONCLUSÕES

- O rendimento percentual em relação às toras com casca foi em média de 56,28%, sendo o maior rendimento de madeira serrada obtido na segunda maior classe de diâmetro, entre 40 e 44 centímetros, com 63,92%.

- Observou-se que, em média, 27,75% do volume total das toras é representado por casca, que não é aproveitada na industrialização.

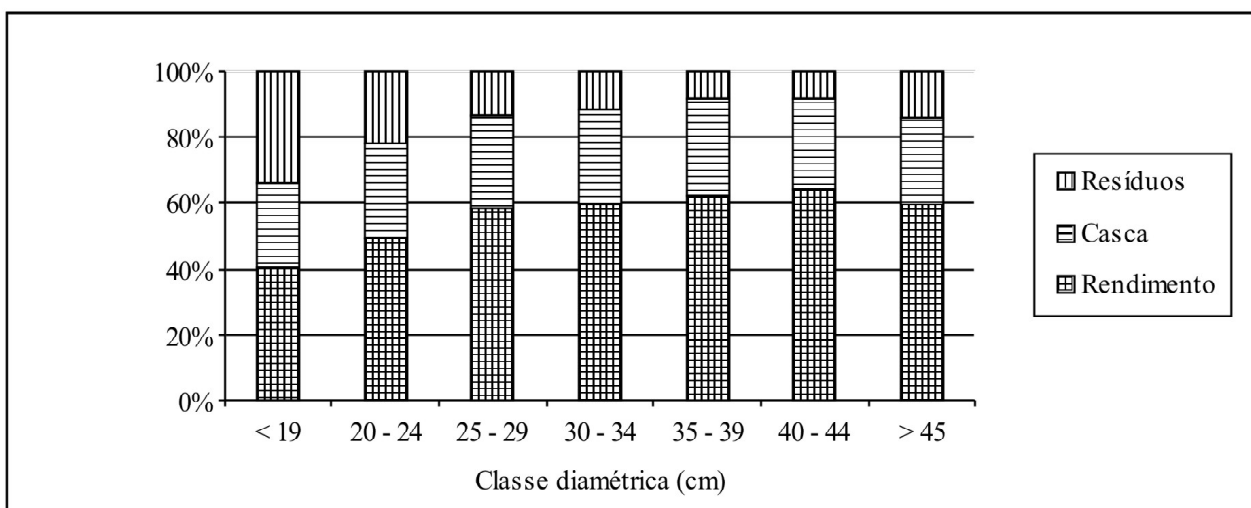


Figura 3 – Porcentuais de rendimento de madeira, resíduos e casca em relação ao volume total das toras.

Picture 3 – Percentage of wood, waste and bark in relation to the total volume of logs.

Tabela 3 – Comparação entre as medias de rendimento das classes de toras com casca.

Table 3 – Comparison between yield averages of classes of logs with bark.

| Classes (cm) | Rendimento Médio (%) |
|--------------|----------------------|
| 40 - 44 | 63,92a |
| 35 - 39 | 61,87a |
| 30 - 34 | 59,83a |
| > 45 | 59,55a |
| 25 - 29 | 58,63a |
| 20 - 24 | 49,52 b |
| < 19,99 | 40,66 c |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 95 % de probabilidade.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUÁRIO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL. **Aproveitamento dos resíduos de serraria**. [S.l.], 1957. v. 9.
- BORGES, A. S.; GINIGLIO, G.; BRITO, J. O. Considerações energéticas e econômicas sobre resíduos de madeira processada em serraria. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1993. v. 3, p. 603-606.
- BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B.; SILVA, D. A. da; KLOCK, U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 247-259, 2002.
- FAGUNDES, H. A. V. **Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FERREIRA, C. E. M.; CARRASCO, E. V. M.; HELMEISTER, J. C. Tecnologia de adesivos poliuretanos: propriedades e aplicações em madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 3., 1989, São Carlos. **Anais...** São Carlos: LaMEM/EESC-USP, 1989. p. 39-74.
- GROSSER, D. **Defeitos da madeira**. [S.l.]: FUPEF, 1980. (Série técnica FUPEF, 2).
- GUERRA, F. **Serrarias: subsídios técnicos**. Belém: Sudam, 1983. 91 p.
- KOEHLER, H. S. **Estatística experimental**. Curitiba: UFPR, 1994. 124 p.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: UFPR, 2003. 309 p.
- MIRANDA, G. M.; SILVA, M. L. da; MACHADO, C. C.; LEITE, H. G. Contribuição da casca na composição do custo de transporte da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 145-148, 2002a.
- MIRANDA, G. M.; SILVA, M. L. da; MACHADO, C. C.; LEITE, H. G. Estimativa do custo de reposição dos nutrientes exportados pela colheita da casca da madeira em povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 149-156, 2002b.
- MIYAZAKI, M. **Forestry products and waste: biomass handbook**. New York: Gordon and Breach Science, 1989.
- OLANDOSKI, D. P.; BRAND, M. A.; GORNIK, E. Avaliação do rendimento, quantidade, qualidade e aproveitamento de resíduos no desdobro de Pinus spp. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPR, 1997, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: UFPR, 1997. p. 379.
- PAULA NETO, F.; NUNES, J. R. S.; CAMPOS, J. C. C.; VALE, A. B. do. Análise do volume de casca de reflorestamentos de eucalipto de diferentes idades, condições de local, espécies e métodos de regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 55-65, 1991.
- POLZL, W. B.; SANTOS, A. J. dos; TIMOFEICZYK JUNIOR, R.; POLZL, P. K. Cadeia produtiva do processamento mecânico da madeira: segmento da madeira serrada no Estado do Paraná. **Revista Floresta**, [S.l.], v. 33, n. 2, p. 127-134, 2003.
- PURNELL, R. C. Variation in wood properties of eucalyptus nitens in a provenance trial on the Eastern Transvaal Highveld in South Africa. **South African Forestry Journal**, [S.l.], n. 144, p. 10-22, 1988.
- REGALADO, C.; KLINE, D. E.; ARAMAS, P. A. Optimum edging and trimming of hardwood lumber. **Forest Products Journal**, [S.l.], v. 42, p. 8-14, 1992.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill wx Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: UFPR, 2002. 121 p.

SCARNAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, 2003.

SOUZA, M. R. de. Tecnologias para usos alternativos de resíduos florestais: experiências do laboratório de produtos florestais – IBAMA, na área de utilização de resíduos florestais e agrícolas. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE OS USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997. **Resumos...** [S.l.: s.n.], 1997. p. 49-70.

STEELE, P. H. **Factors determining lumber recovery in sawmilling**. Washington, DC: US. Forest Service, 1984. 8 p.

SUDAM. Centro de Tecnologia da Madeira. **Rendimento em serraria de trinta espécies de madeiras amazônicas**. Belém, 1981. 186 p.

WADE, M. W.; BULLARD, S. H.; STEELE, P. H.; ARAMAN, P. A. Estimating hardwood sawmill conversion efficiency based on sawing machine and log characteristics. **Forest Products Journal**, [S.l.], v. 42, n. 11/12, p. 21-26, 1992.

YUBA, A. N. **Cadeia produtiva da madeira serrada de eucalipto para produção sustentável de habitações**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.