

Segunda Validação do CalcMadeira: Estimativa de Peças Serradas de Desdobros Empíricos



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
214**

**Segunda Validação do CalcMadeira: Estimativa
de Peças Serradas de Desdobros Empíricos**

Thomaz Correa e Castro da Costa
Luiz Fernando França
Tiago Henrique Prates dos Santos

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2020*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretária-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
Maria Cristina Dias Paes*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Thomaz Correa e Castro da Costa

1ª edição
Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Costa, Thomaz Correa e Castro da.

Segunda validação do CalcMadeira: estimativa de peças serradas de desdobros empíricos / Thomaz Correa e Castro da Costa, Luiz Fernando França, Tiago Henrique Prates dos Santos. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

31 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 214).

1. Madeira. 2. Produto florestal. 3. Software. 4. Extração da madeira. I. França, Luiz Fernando. II. Santos, Tiago Henrique Prates dos. III. Série.

Sumário

Resumo	05
Abstract	06
Introdução.....	07
Material e Métodos	09
Resultados e Discussão	14
Conclusões.....	28
Referências	29

Segunda Validação do CalcMadeira: Estimativa de Peças Serradas de Desdobros Empíricos

Thomaz Correa e Castro da Costa¹

Luiz Fernando França²

Tiago Henrique Prates dos Santos³

Resumo – Na cadeia produtiva de madeira serrada, uma informação não usual, mas relevante para avaliação econômica e de aproveitamento da madeira, é a quantificação de peças serradas a priori. As poucas aplicações que oferecem solução para este problema abordam a tora individualmente e usam geralmente técnicas de otimização ao invés de modelos para padrões de corte. Além disso, muitas serrarias não adotam padrões de corte, usam a experiência e a intuição do operador, que executa cortes por um procedimento empírico. Com o objetivo de estimar resultados de desdobro empíricos, foi desenvolvido e testado um algoritmo que simula giros da tora. Os melhores resultados foram obtidos com ângulo médio da costaneira de 30° e proporção do raio de 0,60, com exatidões de 2,2 e -5,4% para número e volume de peças, respectivamente, e com rendimento de 53% comparado ao de 56% obtido no desdobro empírico de toras entre 20 e 40 cm de diâmetro.

Termos para indexação: madeira, serraria, toras, software.

¹ Eng.Florestal, DSc. em Ciência Florestal, Embrapa Milho e Sorgo;

² SIG Soluções Ltda, Sete Lagoas, MG;

³ Analista desenvolvedor, SIG Soluções Ltda.

Second CalcMadeira Validation: Estimate of Sawn Pieces from Empirical Developments

Abstract – In the chain of sawn wood production, one information that is not usual but important to economic evaluation and wood yield is the quantification of lumber a priori. The few software with a solution to this problem work the one log at a time and generally use optimization technics instead cut pattern models. And many sawmills do not apply a cut pattern. They use the experience of the operator, who cuts through an empirical procedure. In order to estimate empiric results of saw wood, an algorithm that simulates log turns was developed and tested. The best accuracy was obtained with a 30° average angle of the slab (waste wood) and 0.60 to the proportion of the radius, with 2.2 and -5.4% of accuracy to number and volume of lumber piece. The estimated yield was 53% and real yield was 56% for logs between 20 and 40 centimeters in diameter.

Index terms: timber, sawmill, lumber, log cut, sawn wood, software.

Introdução

A oferta de florestas plantadas, com padronização das suas dimensões, favorece a construção de regras de negócio para solucionar problemas dos manejadores e processadores de madeira. Desta forma, com as informações de peças serradas por árvores ou por toras, o atributo “volume” para a comercialização de madeira pode ser discriminado em produtos serrados. Esta avaliação advém de um mercado que valora a madeira em metros cúbicos ou estéreo. O vendedor, pela dificuldade em estimar produtos madeireiros, ao vender a madeira, não sabe quantas peças poderão ser beneficiadas. Esta situação favorece uma relação comercial desvantajosa, pois, sem saber a quantidade de peças de madeira que sua floresta poderia render, dá ao comprador uma vantagem de aferir um lucro muito maior após seu processamento (Costa et al., 2016).

Direcionado às florestas nativas, o Brasil vem fazendo concessões para planos de manejo em Florestas Nacionais desde 2014, que, através do SINAFLO e sistemas estaduais de monitoramento e fiscalização, rastreiam o produto da árvore até a venda, garantindo a legalização de produtos madeireiros. Uma variável importante neste processo é o rendimento de madeira serrada, que depende do diâmetro das toras, da combinação do padrão de corte com dimensões das peças, e da ocorrência de defeitos, como nó, tortuosidade e rachadura, além de sanidade (Bonato Júnior et al., 2017; Cunha et al., 2015; Juízo et al., 2014; Manhiça et al., 2013; Rocha; Tomaselli, 2002).

Os sistemas de monitoramento e fiscalização utilizam o CRV (Coeficiente de Rendimento Volumétrico), que é a razão entre o volume serrado e o volume de toras, atualmente fixado em 45% (Brasil, 2018). Com a aplicação desta norma, se a serraria obtiver rendimento menor que o CRV, terá autorização para retirar madeira da floresta acima do permitido. Já se obtiver rendimento maior, o concessionário fica com madeira imobilizada no pátio, sem nota de comercialização.

Visto que estudos de rendimento volumétrico são caros para informar ao órgão ambiental o real rendimento na serragem, e podem variar conforme a demanda de produtos serrados e qualidade da madeira em estoque, seria providencial a utilização de um software para realizar esta estimativa. Outra

função seria de planejamento da produção, de forma que a serraria pudesse ter previamente uma previsão de estoque e receita de peças serradas, considerando as toras adquiridas.

Ferramentas computacionais para estimar multiprodutos de árvores não são recentes. Em sua maioria, buscam a otimização entre madeira para energia, serraria e celulose, baseada em volume (Leite, 1994; Soares et al., 2003; Chichorro et al., 2003; Oliveira, 2011; Oliveira et al., 2011; Binoti, 2012), ou modelam e/ou simulam crescimento, produção florestal e desdobro de madeira, como o DynaTree, SawModel, SigmaE (Leite, 1994; Nunes, 2013), SisEucalipto (Oliveira, 2011), e RPF (Binoti, 2012). E existem experiências que avaliam ou simulam processos em serraria (Vergara et al., 2015; Heinrich, 2010; Maturana et al., 2010).

Mas soluções computacionais para o desdobro da madeira, que calculam sua conversão em peças serradas, não estão disponíveis gratuitamente, ou foram desenvolvidas com objetivo técnico-científico somente. Dentre as aplicações comerciais estão o MaxTora, da empresa OpTimber, e o CutLog da empresa Tekl Studio (Tekl Studio, 2018), TimberLOG (TimberVisionOy), PitagoOptimizers, dentre outras.

Em sua maioria, o fundamento da solução é por pesquisa operacional, técnica aplicada para otimização das dimensões de peças selecionadas em uma seção do tronco.

Uma outra solução é o CalcMadeira, desenvolvido para simular padrões de corte. Seus algoritmos utilizam regras trigonométricas (conceitos de flecha, corda, seno, cosseno) ao invés de técnicas de otimização. O usuário escolhe as peças com as dimensões desejadas (comprimento, amplitudes de largura e espessura para madeira serrada), e seleciona o padrão de corte que será adotado na serraria, além de parâmetros gerais e específicos conforme o modelo de desdobro.

Para estimar produtos serrados de árvores, o sistema faz ajuste de funções de afilamento (modelo de Kozak et al., 1969), e de volumetria (modelo de Schumacher citado por Silva et al., 2009), a partir de dados de forma das árvores.

Considerando que boa parte das serrarias não adota um padrão de corte, confiando o rendimento à experiência do operador da serra, foi proposto um

padrão de corte que simulasse o procedimento empírico executado pelo operador. Este modelo de corte usa os seguintes parâmetros: ângulo médio da costaneira, proporção média do raio que limita o corte longitudinal, e a espessura da peça na medula, para reduzir a incidência de rachadura na peça central (no diâmetro).

Sua execução consiste em um corte longitudinal até o limite da proporção do raio, com a tora sendo girada posteriormente 180° , para repetir este padrão do lado oposto. Com a sobra do bloco central, a tora é girada 90° para execução do corte similar ao do bloco, descartando-se as costaneiras.

Neste trabalho, objetivou-se validar o modelo que simula o desdobro empírico (Gira 180° 90°), comparando a exatidão entre a quantidade de peças de madeira calculada pelo software e a obtida pela serraria.

Material e Métodos

Os dados foram obtidos em uma serraria que opera serra fita com carro, para corte e movimentação da tora, e uma refiladeira para subdivisão padronizada das peças. As peças são tábuas maiores ou iguais a 50 mm de largura, variando de 50 em 50 mm, até a largura máxima permitida pelo diâmetro da tora. A espessura é fixa, de 27 mm. Do centro da tora é retirada uma prancha de 40 mm de espessura, para evitar rachadura na área da medula.

O método empírico começa com a retirada da costaneira lateral e tábuas até um limite definido pelo operador, girando a tora, que pode ser em ângulos de 180° ou 90° , não seguindo, exatamente, o modelo do 1° giro de 180° , e após 90° , e podendo variar de tora a tora. Esta operação reduz a tora a um retângulo mais duas costaneiras, onde são retiradas tábuas e a prancha na região central com mesmas larguras.

Foram medidas 51 toras, anotadas a largura e a espessura das peças provenientes de cada tora e os defeitos (rachaduras).

O modelo implementado

O modelo é uma combinação de dois padrões de corte, o quadrado circunscrito e o longitudinal (Figura 1).

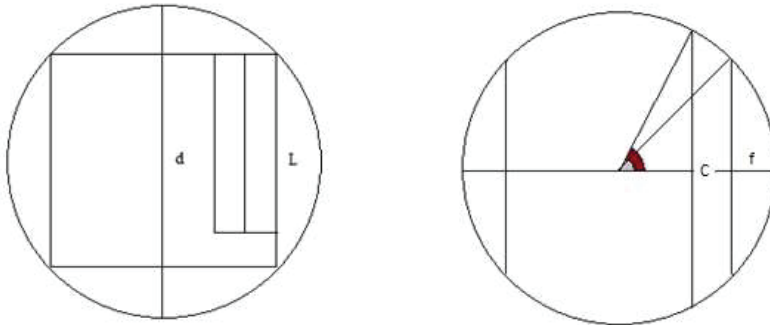


Figura 1. Padrões de corte do quadrado circunscrito (a esquerda) e longitudinal (a direita).

Os cortes iniciam a partir do 1º ângulo formado (hachurado de cinza), que é o ângulo da costaneira lateral, com a corda (C). A corda é a largura (L) disponível para enquadramento de peças, calculada pelas fórmulas 1, 2 e 3, sendo d o diâmetro da tora, f a flecha, parâmetro que é incrementado à medida que as peças vão sendo selecionadas, e α o ângulo formado para a espessura da peça.

$$\cos(180 - \alpha) = (f - d/2) / (\frac{d}{2}) \quad (1)$$

$$\alpha = 180 - \arccos [(f - d/2) / (\frac{d}{2})] \quad (2)$$

$$L = C = d * \sin \alpha \quad (3)$$

Quando a flecha alcança o limite estabelecido pela proporção do raio, parâmetro que define a máxima flecha para o corte longitudinal, o corte é interrompido para repetir o mesmo procedimento no lado oposto (giro de 180° da tora). Com a segunda interrupção, a sobra (retângulo mais duas costaneiras) é girada em 90° para executar o procedimento pelo modelo do quadrado circunscrito, sendo $L = \frac{d}{\sqrt{2}}$.

Como no desdobro o ângulo aplicado à costaneira é inversamente proporcional ao diâmetro da tora, e a costaneira pode ser definida para atender a menor largura de peças, considerou-se, na primeira versão, o parâmetro “ângulo médio para a costaneira”. Por este ângulo, toras com diâmetros menores terão a largura inicial subdimensionada, o que não resultará em erros, por causa do limite pela menor largura de peças. Por outro lado, toras com diâmetros maiores poderão ter perda na seleção de peças na largura inicial.

Uma forma de definir este ângulo é observar a retirada da primeira costaneira em toras com diferentes diâmetros, para selecionar o ângulo mais próximo dos usados na operação de desdobro.

Casos de uso do software para o desdobro por toras individuais

Na Figura 2 são apresentados os casos de uso dos algoritmos de padrões de corte. O cálculo de desdobro de toras individuais aplicado neste trabalho usa o modelo apresentado anteriormente.

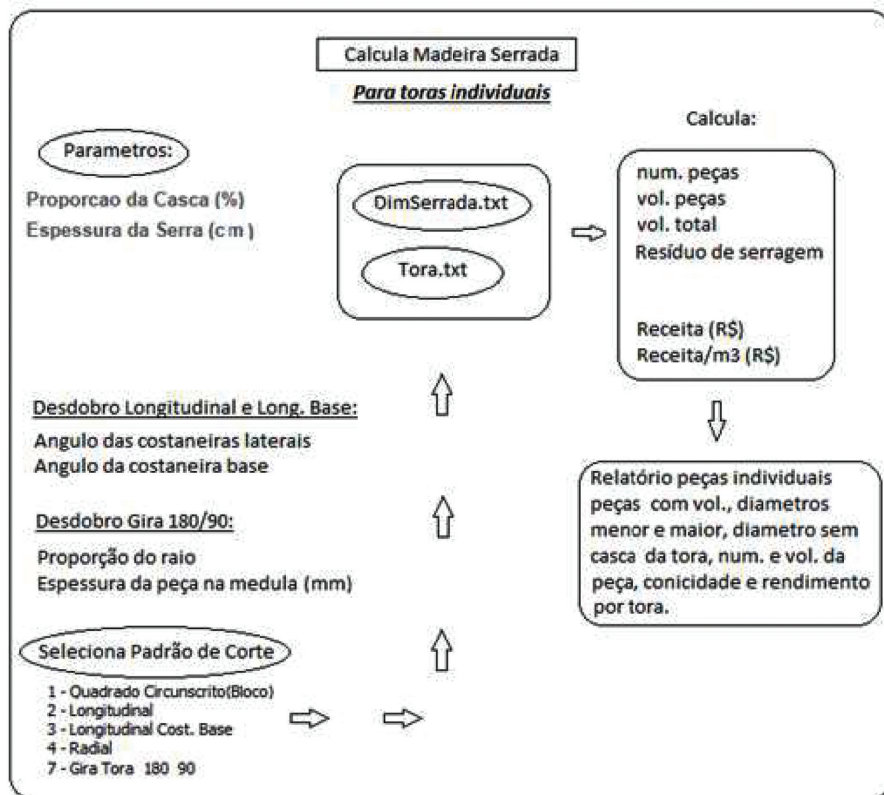


Figura 2. Diagrama de casos de uso para relatório sintético e detalhado do cálculo de peças serradas.

Para o cálculo do desdobro são necessárias as dimensões das toras (diâmetros menor, maior e comprimento) e dimensões das peças (larguras e espessuras definidas por intervalo). Na operação avaliada, as larguras foram estabelecidas na faixa de 50 a 500 mm (o diâmetro menor das toras não ultrapassou 400 mm), com espessura fixa de 27 mm para tábuas, e de 40 mm para pranchas na região da medula. O parâmetro de casca foi 0%, pois a maioria das toras chega sem casca no pátio, e a espessura da serra foi de 5 mm (informação fornecida pelo operador).

Foram simulados três ângulos médios para as costaneiras laterais (10, 20 e 30°), e três proporções do raio (0,55; 0,60 e 0,65), após acompanhamento do procedimento do desdobro empírico.

Para avaliar a exatidão do cálculo, foram comparadas as distribuições de frequência do número de peças serradas e calculadas, com intervalo de classe de 25 mm de largura da peça, por ângulo médio da costaneira e proporção do raio.

Foi aplicado o teste de normalidade (Shapiro–Wilk) às distribuições de peças calculadas e serradas com nível de significância de 5%.

A correlação de Spearman foi aplicada aos erros do número e volume de peças em função do diâmetro da tora, para verificar possível associação entre estas variáveis. As diferenças foram convertidas em módulo para atribuição dos postos, para avaliar somente a magnitude do erro em função do diâmetro da tora. Adotou-se o nível de significância de 5%. A sua tendência foi avaliada graficamente. Para os valores (quantidade de peças e volume) totais foram calculadas exatidões para o número e volume de peças.

$$Ex\% = \left(\frac{\text{total calculado} - \text{total serrado}}{\text{total serrado}} \right) \times 100$$

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os atributos das toras amostradas e o resultado do desdobro. Foram amostradas 51 toras com volume total de 10,943 m³, e serrados 6,149 m³ em peças. Observa-se grande variação da conicidade, com toras muito próximas da forma cilíndrica e outras com mais de 2 cm/m. O mesmo ocorre com os rendimentos, variando de 24 a 72%. Na Figura 3 é apresentado um conjunto de toras encaminhadas para a serra. A com diâmetro de 42 cm (maior) tem base irregular, e a de 27 cm tem protuberâncias de galhos, mostrando a heterogeneidade do material amostrado.

Em média, a conicidade ficou em 0,95 cm/m e o rendimento final em 56%. Rendimentos altos, próximos de 70%, podem ser por causa da habilidade do operador, nas rotações da tora, e a especificação, que permite peças pequenas, como tábuas a partir de 50 mm de largura.

Tabela 1. Diâmetros menor e maior (d_{men}, d_{mai}), volume por tora (vr) e total, conicidade por tora e média, número (np) e volume de peças serradas (vp) por tora e total, e rendimento por tora e médio.

Tora	d _{men} (cm)	d _{mai} (cm)	vr (m ³)	Conic. (cm/m)	np	vp (m ³)	Rend. (vp/vr)
1	19	20	0,1016	0,29	5	0,0338	0,45
2	19	21	0,1071	0,59	4	0,0457	0,43
3	19	21	0,1071	0,59	4	0,0464	0,45
4	19	23	0,1188	1,18	4	0,0480	0,28
5	20	22	0,1180	0,59	5	0,0681	0,58
6	20	22	0,1180	0,59	7	0,0605	0,51
7	20	23	0,1240	0,88	4	0,0525	0,42
8	21	22	0,1235	0,29	6	0,0844	0,43
9	21	23	0,1295	0,59	5	0,0357	0,58
10	21	23	0,1295	0,59	6	0,0752	0,39
11	21	25	0,1423	1,18	6	0,0528	0,59

Continua

Tabela 1. Diâmetros menor e maior (d_men, d_mai), volume por tora (vr) e total, conicidade por tora e média, número (np) e volume de peças serradas (vp) por tora e total, e rendimento por tora e médio.

Tora	d_men (cm)	d_mai (cm)	vr (m ³)	Conic. (cm/m)	np	vp (m ³)	Rend. (vp/vr)
12	21	26	0,1491	1,47	5	0,0503	0,24
13	22	23	0,1353	0,29	6	0,0753	0,56
14	22	23	0,1353	0,29	6	0,0693	0,51
15	22	25	0,1481	0,88	7	0,0709	0,57
16	22	26	0,1549	1,18	7	0,0941	0,61
17	22	27	0,1620	1,47	9	0,0779	0,44
18	22	31	0,1929	2,65	6	0,0844	0,40
19	23	24	0,1475	0,29	6	0,0725	0,52
20	23	25	0,1541	0,59	7	0,1009	0,47
21	23	27	0,1680	1,18	7	0,1089	0,60
22	23	27	0,1680	1,18	6	0,0764	0,65
23	24	26	0,1672	0,59	7	0,0998	0,60
24	24	27	0,1742	0,88	8	0,1047	0,60
25	25	26	0,1737	0,29	9	0,1159	0,57
26	25	26	0,1737	0,29	7	0,0996	0,64
27	25	28	0,1881	0,88	7	0,1109	0,47
28	25	29	0,1957	1,18	7	0,1060	0,54
29	25	32	0,2202	2,06	8	0,0876	0,53
30	26	28	0,1949	0,59	9	0,0889	0,50
31	26	29	0,2025	0,88	7	0,0977	0,56
32	26	33	0,2357	2,06	8	0,1131	0,38
33	27	30	0,2175	0,88	9	0,1375	0,69
34	27	33	0,2427	1,76	11	0,1494	0,57
35	28	29	0,2170	0,29	9	0,1382	0,63

Continua

Tabela 1. Diâmetros menor e maior (d_men, d_mai), volume por tora (vr) e total, conicidade por tora e média, número (np) e volume de peças serradas (vp) por tora e total, e rendimento por tora e médio.

Tora	d_men (cm)	d_mai (cm)	vr (m ³)	Conic. (cm/m)	np	vp (m ³)	Rend. (vp/vr)
36	28	31	0,2330	0,88	8	0,1367	0,59
37	29	33	0,2577	1,18	10	0,1606	0,62
38	29	34	0,2666	1,47	9	0,1327	0,50
39	30	34	0,2745	1,18	9	0,1486	0,54
40	31	33	0,2737	0,59	12	0,1975	0,72
41	32	36	0,3098	1,18	10	0,1926	0,62
42	33	36	0,3184	0,88	11	0,1967	0,62
43	33	36	0,3184	0,88	13	0,2231	0,70
44	34	35	0,3179	0,29	11	0,2187	0,54
45	34	37	0,3371	0,88	13	0,2472	0,65
46	35	37	0,3463	0,59	13	0,2334	0,67
47	35	37	0,3463	0,59	11	0,1834	0,53
48	36	36	0,3461	0,00	14	0,2908	0,59
49	36	47	0,4680	3,24	11	0,2053	0,62
50	38	42	0,4283	1,18	13	0,2660	0,60
51	38	45	0,4632	2,06	12	0,2589	0,57
			10,9432	0,95	414	6,1491	0,56



Foto: Thomaz C.C. Costa.

Figura 3. Toras em fila para a serra fita.

Peças calculadas x peças serradas

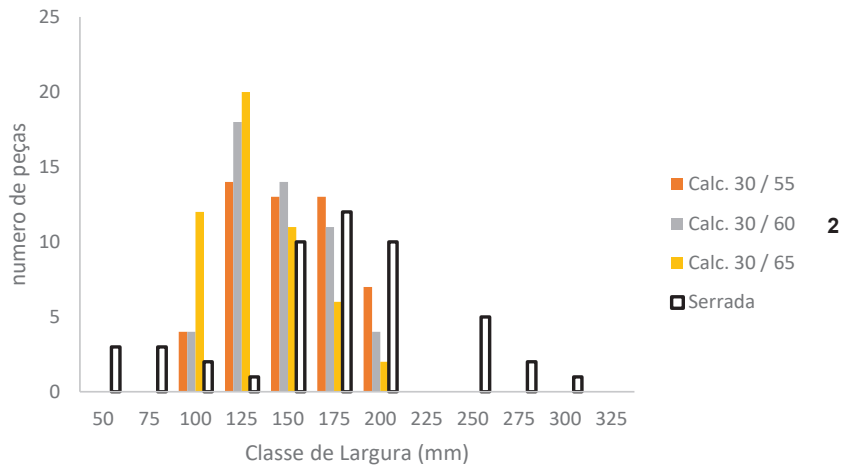
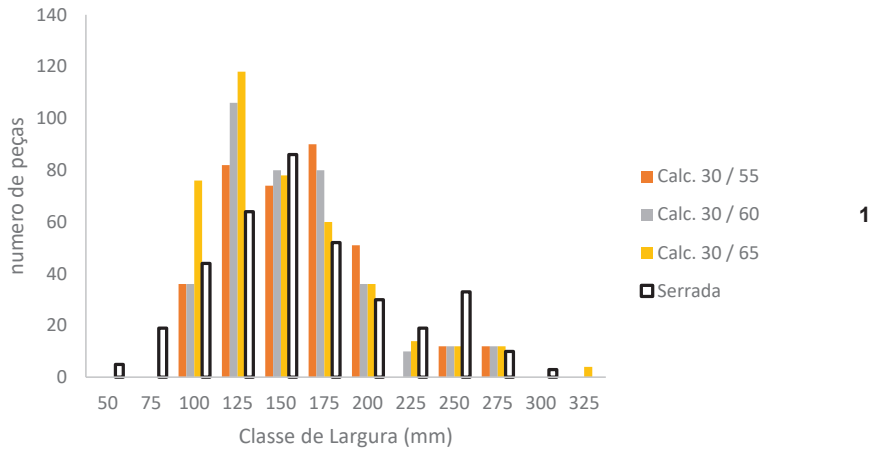
As Figuras 4, 5 e 6 mostram a distribuição do número de tábuas e pranchas serradas e calculadas por classe de 25 mm de largura, conforme o ângulo médio da costaneira e a proporção do raio. As distribuições de frequência do número de peças calculadas e serradas não seguiram a distribuição normal, pelo teste de Shapiro-Wilk.

A frequência de tábuas calculadas aumenta na primeira classe de largura, afastando-se da frequência esperada com a redução do ângulo da costaneira.

Independentemente da proporção do raio, as distribuições de tábuas calculadas com 30° para a costaneira foram mais próximas da de tábuas serradas (Gráfico 3 das Figuras 4, 5 e 6).

Para o corte da prancha, que é realizado na região central da tora (retângulo com duas costaneiras), a melhor aproximação entre a distribuição serrada e calculada de pranchas ocorreu para a proporção do raio de 0,55. A prancha é mais afetada pela proporção do raio, que define altura do retângulo.

Na combinação dos parâmetros, a melhor aproximação entre as distribuições para tábua foi alcançada com ângulo de 30° da costaneira e proporção do raio entre 0,55 e 0,60. E para prancha a melhor aproximação ocorreu para ângulo de 20° e proporção de 0,55.



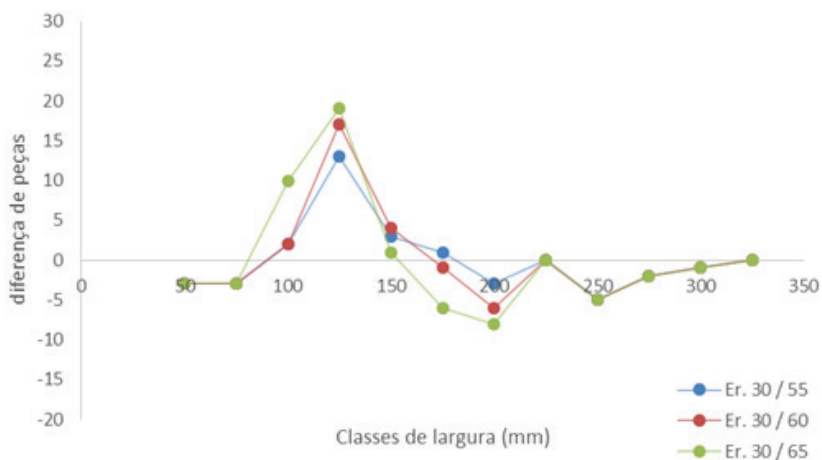
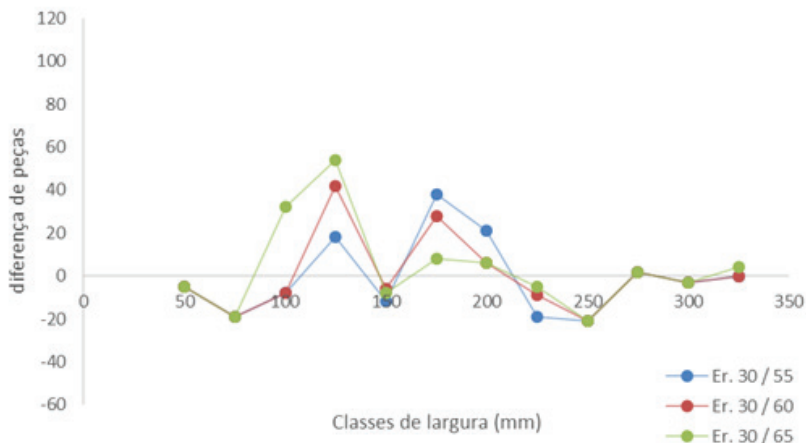
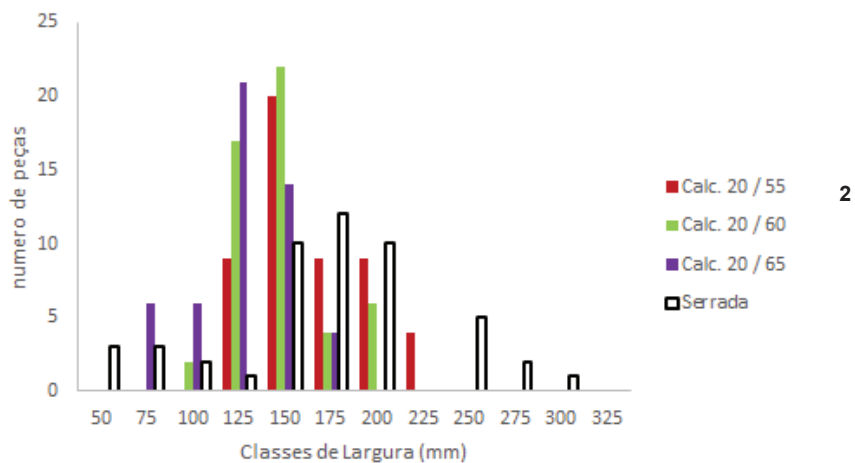
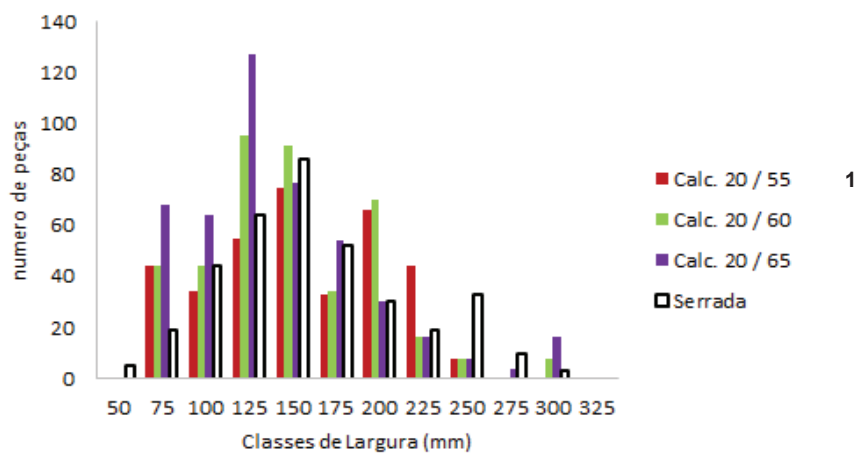
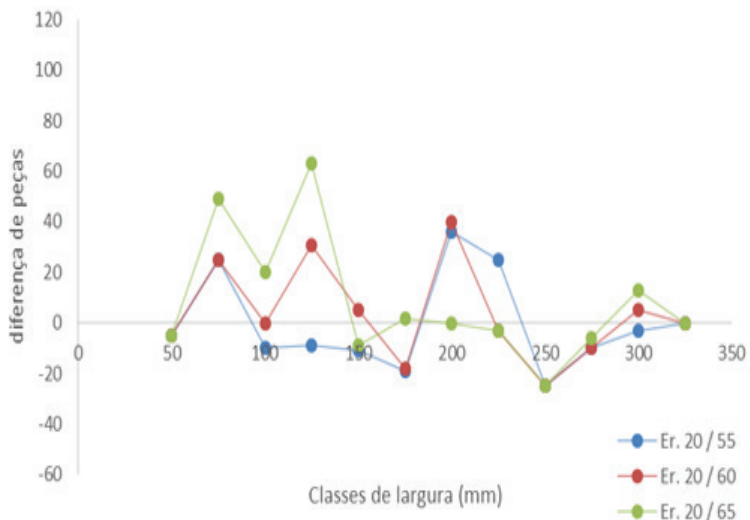
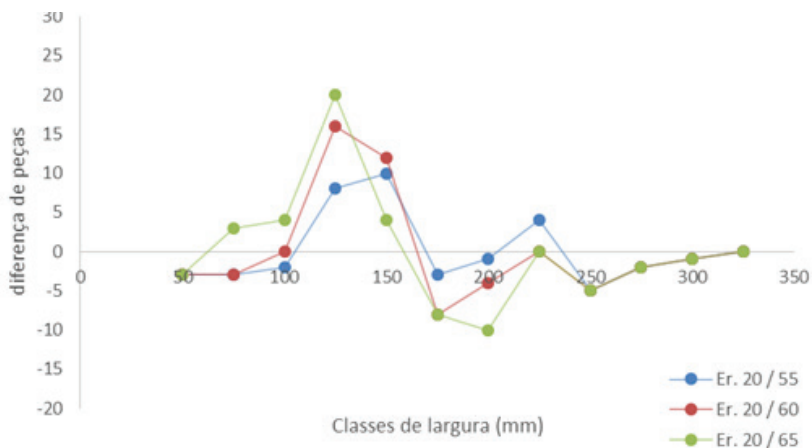


Figura 4. Número e diferença de tábuas (1, 3) e pranchas (2, 4) serradas e calculadas por classe de largura, com o ângulo médio da costaneira de 30°.



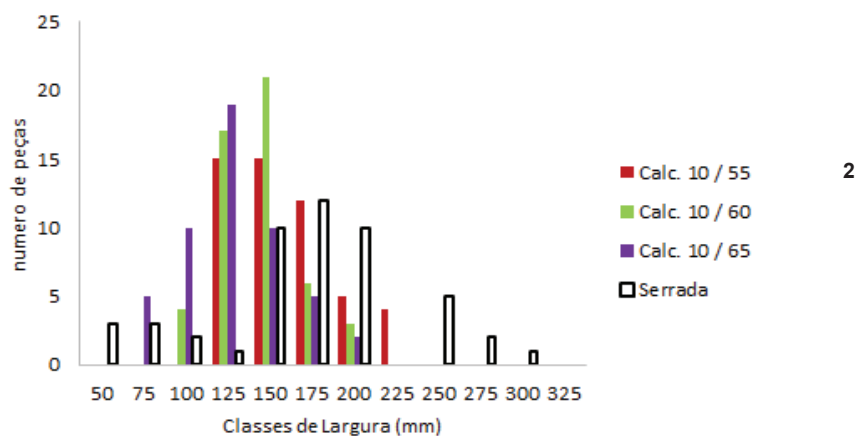
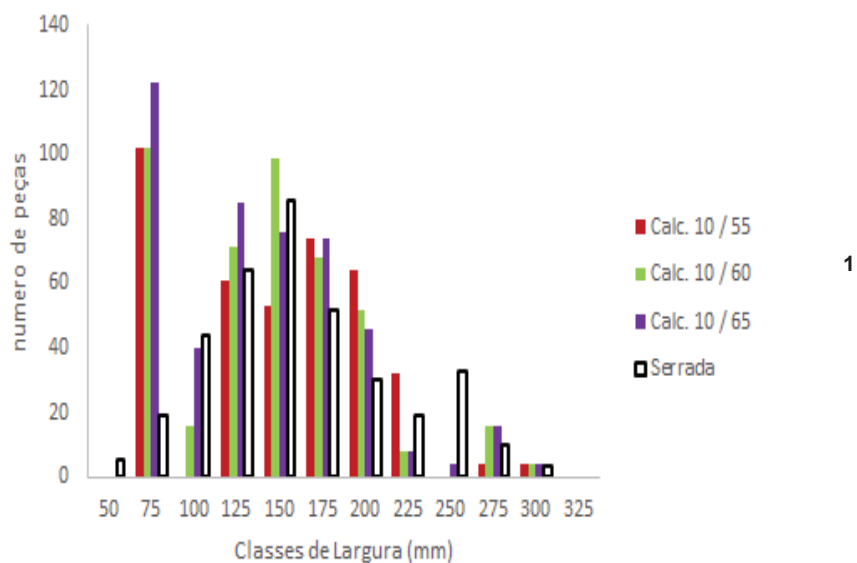


3



4

Figura 5. Número e diferença de tábuas (1, 3) e pranchas (2, 4) serradas e calculadas por classe de largura, com o ângulo médio da costaneira de 20°.



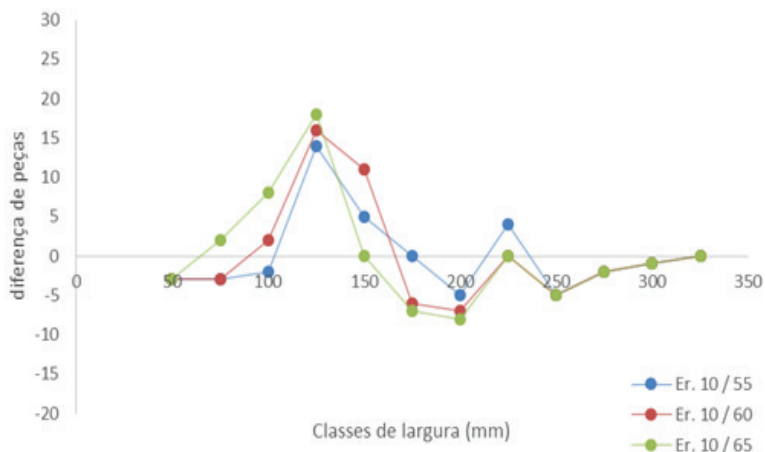
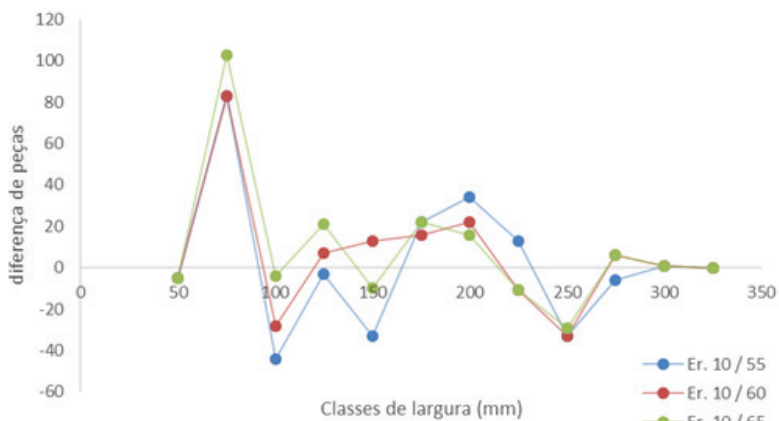


Figura 6. Número e diferença de tábuas (1, 3) e pranchas (2, 4) serradas e calculadas por classe de largura, com o ângulo médio da costaneira de 10°.

Erro em função da dimensão da tora

Na avaliação dos erros entre peças calculadas e serradas em função do diâmetro da tora e a ocorrência de tendências (Tabela 2 e Figuras 7-12), verificaram-se duas correlações significativas positivas para número de peças e cinco correlações significativas negativas para volume de peças, de um total de nove correlações.

Estes resultados indicam inconclusão de que o erro no número de peças irá aumentar com o tamanho da tora, mas indicam que existe uma tendência de reduzir o erro do volume de peças em toras com maior diâmetro, observando-se não só a significância, mas o sinal e a magnitude das correlações.

Existe também uma tendência na superestimação de peças com a redução do ângulo da costaneira (Figuras 7-12), indicando que a costaneira calculada foi menor do que a praticada para a maioria das toras. A alternância entre valores positivos e negativos nos resultados para volume de peças em função do tamanho das toras mostra que as estimativas sofrem pouco viés, que irá depender da acurácia dos parâmetros do ângulo da costaneira e da proporção do raio.

De fato, na prática, os parâmetros alteram os valores conforme o tamanho da tora, e não são simétricos. Assim, quanto maior for a aproximação da média destes valores atribuídos no sistema com a média das distribuições da proporção do raio e dos ângulos da costaneira praticados pelo operador nas toras, maior será a exatidão entre quantidade e volume de peças.

Tabela 2. Correlação de Spearman entre o erro do número (np) e volume % entre peças calculadas e serradas, por ângulos médios da costaneira e proporções do raio.

		np			Vol. peças (m3)		
	Ang.	0,55	0,60	0,65	0,55	0,60	0,65
Cor.	30	0,020	0,087	0,242	-0,362 *	-0,389 *	-0,434 *
Cor.	20	0,053	0,257	0,331 *	-0,233	-0,210	-0,249
Cor.	10	0,211	0,355 *	0,041	-0,292 *	-0,280 *	-0,216

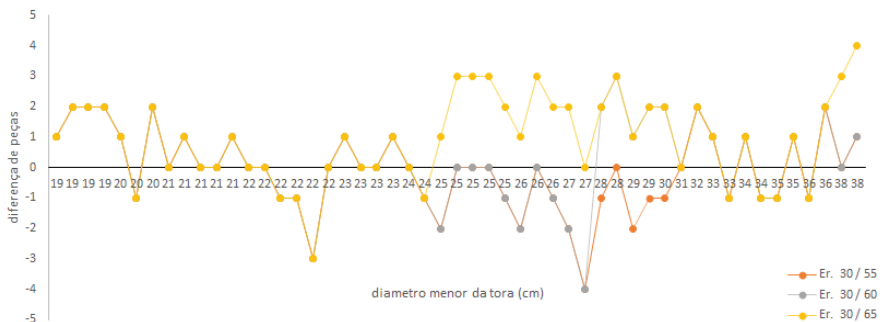


Figura 7. Diferença entre peças calculadas e serradas por tora para o ângulo de costaneira de 30°.

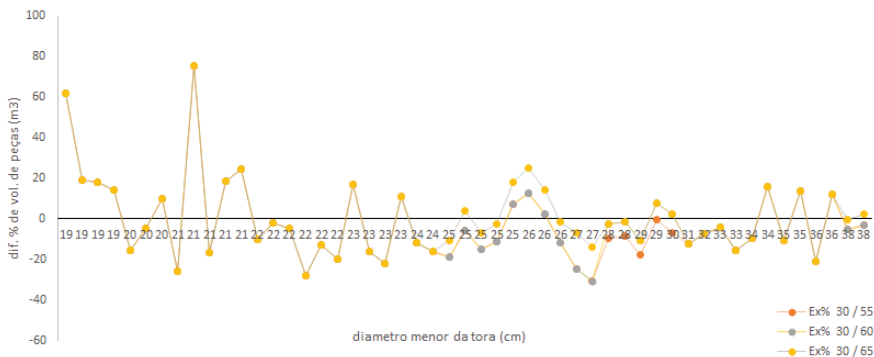


Figura 8. Exatidão% entre volume de peças calculadas e serradas por tora para o ângulo de costaneira de 30°.

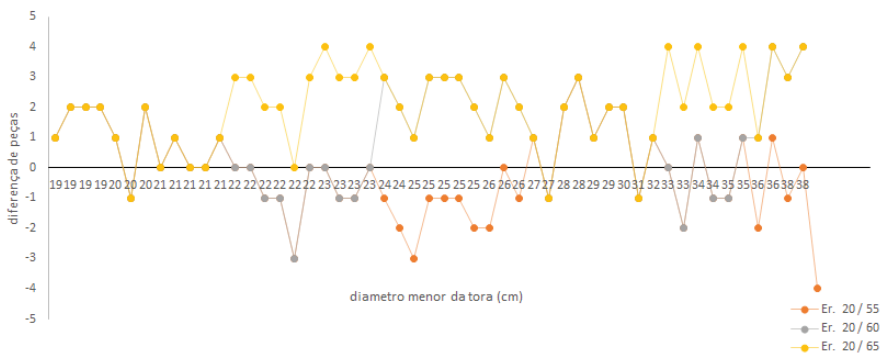


Figura 9. Diferença entre peças calculadas e serradas por tora para o ângulo de costaneira de 20°.

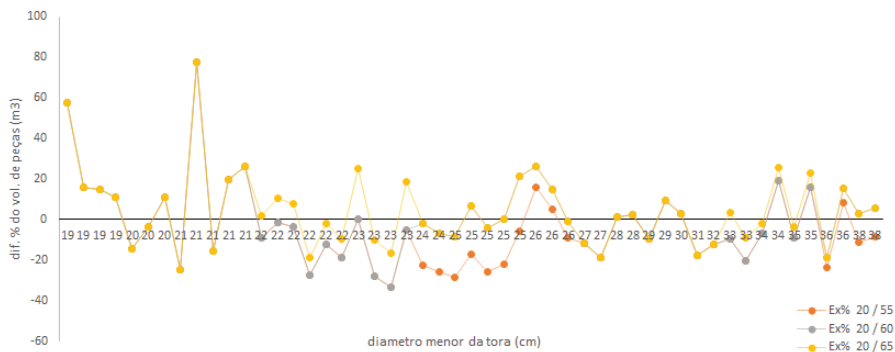


Figura 10. Exatidão % entre volume de peças calculadas e serradas por tora para o ângulo de costaneira de 20°.

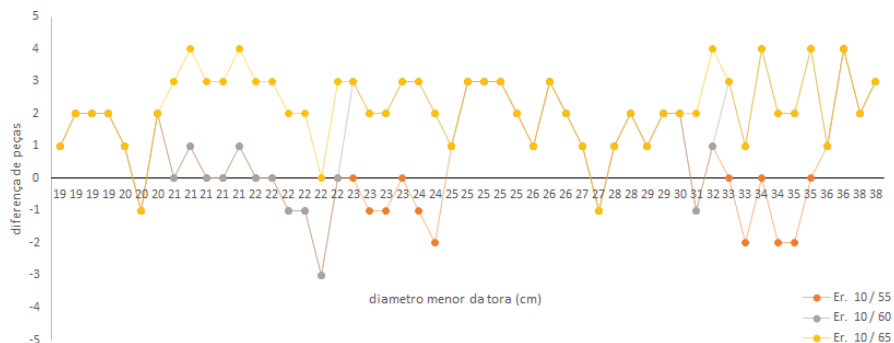


Figura 11. Diferença entre peças calculadas e serradas por tora para o ângulo de costaneira de 10°.

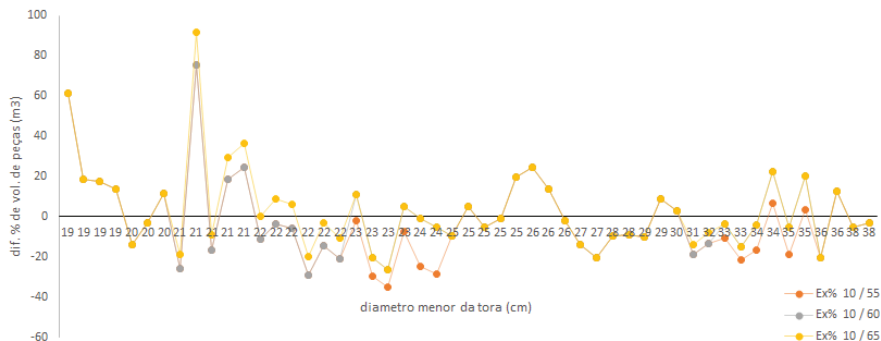


Figura 12. Exatidão % entre volume de peças calculadas e serradas por tora para o ângulo de costaneira de 10°.

Erros totais da amostra

Na Tabela 3 são apresentados os totais calculados e a exatidão em relação ao total de peças serradas. Pranchas e toras foram somadas, porque é calculada uma prancha por tora, ou seja, o valor constante de 51 pranchas. No material serrado foram obtidas 49 pranchas, ou seja, em duas toras não foi possível sua extração.

As exatidões variaram de -1,4 a 27,1% para o número de peças, e de -7,6 a -0,7% para o volume de peças. Notam-se superestimativas para o número de peças e subestimativas para o volume de peças, evidenciando que existe uma combinação ótima entre o ângulo definido para a costaneira e o limite ao corte longitudinal pela proporção do raio, porque os erros do número e volume de peças são inversamente proporcionais.

Para o cálculo do número de peças, a melhor combinação foi com ângulo da costaneira de 20° e proporção do raio de 0,55. E para volume a maior exatidão ocorreu para o ângulo de 20° e proporção do raio de 0,65, com exatidão de 0,7%.

Analisando ambos os resultados, a melhor combinação seria o ângulo de 30° para a costaneira com proporção do raio de 0,60, com respectivas exatidões de 2,2 e -5,4%, e rendimento de 53% estimado, sendo de 56% o obtido na serraria.

Tabela 3. Número (np), volume (vol) e rendimento de peças calculadas pela proporção do raio e ângulo da costaneira, e suas exatidões, comparadas aos valores reais serrados.

	np			vol			Rend.		
	0,55	0,60	0,65	0,55	0,60	0,65	0,55	0,60	0,65
10	445	487	526	5,71	5,94	6,04	0,52	0,54	0,55
20	410	461	515	5,68	5,97	6,19	0,52	0,55	0,57
30	408	423	461	5,76	5,82	5,97	0,53	0,53	0,55
Serrado	414			6,15			0,56		
Ex%									
10	7,5	17,6	27,1	-7,1	-3,4	-1,7			
20	-1,0	11,4	24,4	-7,6	-2,9	0,7			
30	-1,4	2,2	11,4	-6,3	-5,4	-2,8			
vol(toras)				10,94					

Embora a operação de desdobro praticada na serraria seja empírica, como a descrita em Anjos e Fonte (2017), não seguindo exatamente um padrão de desdobro com parâmetros pré-estabelecidos, o modelo obteve razoável exatidão na produção de peças desdobradas por toras, mas exigindo uma pequena simulação entre ângulo da costaneira e proporção do raio.

O cálculo com operações trigonométricas é exato para obter número e volume de peças em um círculo. Os erros obtidos são referentes às variações dos ângulos das costaneiras, da porção do raio que limita o corte para rotacionar a tora e reiniciar o corte, defeitos da madeira no processo (rachaduras, lascas, madeira oca, etc.), de não acertar o parâmetro de consumo de madeira pelas serras, e a variação entre o modelo de desdobro teórico e o praticado na serraria.

Conclusões

O modelo de girar a tora 180 e 90°, combinando dois padrões de corte, o longitudinal e o quadrado circunscrito, obteve boa exatidão para algumas combinações entre ângulo da costaneira e proporção do raio, ao estimar procedimento de desdobro empírico. Sua aplicação para obter os melhores resultados exige uma observação na operação de desdobro, monitorando ambos os parâmetros em uma amostra heterogênea de toras.

Agradecimentos

Ao Projeto Nº 20.18.03.015.00.00 “Estratégia ILPF para inovação agropecuária na região do Cerrado Mineiro e áreas limítrofes – SisGerais”. À Serraria S&D Madeiras pelo apoio nas informações da operação, e suporte na coleta de dados, que permitiram o desenvolvimento deste trabalho. À Chefia da Embrapa Milho e Sorgo, facilitadora do contato com a empresa citada.

Referências

ANJOS, R. A. M. dos; FONTE, A. P. N. Rendimento de madeira serrada de espécies de *Eucalyptus*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 26-32, 2017.

BINOTI, D. H. B. **Sistemas computacionais aplicados ao manejo florestal**. 2012. 113 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

BONATO JÚNIOR, A. I.; ROCHA, M. P. da; JUIZO, C. G. F.; KLITZKE, R. J. Efeito do sistema de desdobro e das classes diamétricas no rendimento em madeira serrada de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e00100414, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872017000100166&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 484, de 22 de março de 2018. Altera a Resolução nº 474, de 6 de abril de 2016, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de coeficientes de rendimento volumétricos de madeira serrada. **Diário Oficial da União**, n. 61, p. 252, 2018. Seção 1.

CHICHORRO, J. F.; RESENDE, J. L. P.; LEITE, H. G. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta atlântica. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 799-809, 2003.

COSTA, T. C. e C. da; CAMPANHA, M. M.; GONTIJO NETO, M. M. **Quantificação de madeira roliça de eucalipto comparada a valoração em metro cúbico e lenha: opções de renda em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 224).

CUNHA, A. B. da; FRANÇA, M. C.; ALMEIDA, C. C. F. de; GORSKI, L.; CRUZ, R. C. da; SANTOS, D. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 241-250, abr./ jun. 2015.

HEINRICH, D. **Simulação da produção da madeira serrada**. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

JUÍZO, C. G.; ROCH, M. P.; BILA, N. F. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. G. H. Taper functions and their applications in forest inventory. **Forest Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

LEITE, H. G. **Conversão de troncos em multiprodutos de madeira, utilizando programação dinâmica**. 1994. 230 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

MATURANA, S.; PIZANI, E.; VERA, J. Scheduling production for a sawmill: a comparison of a mathematical model versus a heuristic. **Computers & Industrial Engineering**, v. 59, n. 4, p. 667-674, 2010.

MANHICA, A. A.; ROCHA, M. P. da; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. Eficiência operacional no desdobro de Pinus utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 339-346, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602013000200019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 set. 2020.

NUNES, G. V. P. **Algoritmos para geração de padrões de corte paralelo e radial no processo de toras de madeira**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

OLIVEIRA, E. B. de; HALISKI, M.; NAKAJIMA, N. Y.; CHANG, M. **Determinação da quantidade de madeira, carbono e renda da plantação florestal**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 37 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 220).

OLIVEIRA, E. B. **Softwares para manejo e análise econômica de plantações florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 70 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 216).

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 70-83, 2002.

SILVA, M. L. M.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1133-1139, 2009.

SOARES, T. S.; VALE, A. B.; LEITE, H. G.; MACHADO, C. C. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 811-820, 2003.

TEKL STUDIO. **CultLog software**. Detva, 2018. Disponível em: <<https://www.cutlog.com/index.php/downloads>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

VERGARA, F. P.; PALMA, C. D.; SEPULVEDA, H. A comparison of optimization models for lumber production planning. **Bosque**, v. 36, n. 2, p. 239-246, 2015. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002015000200009&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 18 set. 2020.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL