



CalcMadeira – Rotinas para estimativa de peças de madeira roliça e serrada de povoamentos de eucalipto, com dados de inventário florestal

Thomaz Correa e Castro da Costa¹; Monica Matoso Campanha²; Luiz Fernando França³;
Miguel Marques Gontijo Neto⁴

¹Dr. em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, thomaz.costa@embrapa.br; ²Dra em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, monica.matoso@embrapa.br; ³Engenheiro de Software da Empresa SIG Informática, Sete Lagoas, MG, luiz@siginformatica.com.br; ⁴Dr. em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, miguel.gontijo@embrapa.br

Resumo: O mercado valoriza a madeira em volume (metros cúbicos ou estéreo), pela dificuldade em estimar produtos madeireiros, e o produtor, ao vender a madeira em pé, não sabe quantas peças podem ser beneficiadas de suas árvores. Para obter esta informação foram desenvolvidas rotinas para estimar a quantidade de peças de madeira roliça e de madeira serrada que um conjunto de árvores pode fornecer. O desenvolvimento foi em Visual Basic for Applications (VBA) e Python, para peças de madeira roliça mais vendidas no mercado, e peças de madeira serrada informadas na NBR. Para madeira serrada foram simulados três métodos de desdobro. A lógica adotada é a prioridade da maior dimensão em largura e espessura, usando funções dendrométricas e relações trigonométricas. As rotinas visam facilitar ao usuário o cálculo da receita de sua madeira de acordo com os produtos que serão gerados de um povoamento florestal a ser explorado. Os potenciais usuários são produtores rurais e empresas que plantam florestas, e empresas de desdobro da madeira de eucalipto (serrarias) que vendem, compram madeira em pé.

Palavras-chave: Florestas plantadas; Mensuração florestal; Serrarias.

Introdução e objetivos

Aplicações para estimar multiprodutos de árvores não são recentes, em sua maioria buscando a otimização entre madeira para energia, serraria e celulose, baseada em volume. Um exemplo está em Soares et al. (2003), que indicaram comprimentos ótimos de toras para reduzir a quantidade de madeira não aproveitada na árvore. Já Chichorro et al. (2003) trabalharam a quantificação de toras para madeira serrada, compartimentando a árvore por meio de dois parâmetros: diâmetro mínimo e comprimento da tora.

Dentre as aplicações que agregam mais funcionalidades, está o *SisEucalipto* de modelagem e simulação para manejo florestal, que inclui desbastes, multiprodutos, projeções futuras e pretéritas (OLIVEIRA, 2011; OLIVEIRA et al., 2011), exigindo poucos parâmetros, e assumindo distribuições de modelos conhecidos. As aplicações comerciais ou desenvolvidas em Universidades Brasileiras, que propõem o desdobramento da madeira com fins industriais, mais divulgadas são: MaxTora da OpTimber, Absolut Sistemas e Romaneio Madeiras, e o SigmaE, desenvolvido pelo prof. Hélio Garcia Leite (NUNES, 2013). A lógica de solução na

maioria é por pesquisa operacional, técnica aplicada para otimização das dimensões de peças selecionadas em uma seção do tronco.

Quando se pensa na modelagem dos povoamentos, com intenção de simplificar o trabalho de campo, sem a mensuração de árvores por meio de amostragem, esbarra-se em casos que divergem das distribuições esperadas, como os povoamentos mal manejados, com ataque de formiga, alta mortalidade, retirada não sistemática de árvores etc. Neste caso é provável que modelos não consigam simulá-los com precisão.

A rotina proposta neste trabalho tem lógica diferente, comparada às apresentadas, pois usa a amostragem do povoamento para quantificar número e volume de peças, selecionando as peças pela divisão da árvore usando uma ordem de maiores dimensões para menores dimensões (diâmetros e comprimento para madeira roliça, e comprimento, largura e espessura para madeira serrada), aplicando métodos de desdobro convencionais mais usuais nas serrarias a partir de relações trigonométricas.

Existem nichos diferentes para cada aplicação, que vai do planejamento até a quantificação mais exata de multiprodutos, da complexidade até a praticidade do



acesso à informação, e do custo benefício para se obtê-la. Nesta perspectiva as rotinas desenvolvidas têm o objetivo de suprir uma lacuna na quantificação de multiprodutos da madeira, de maneira que as mesmas serão lançadas na forma de um software.

Material e métodos

O sistema tem internamente funções de Taper (KOZAK et al., 1969), de volumetria e relações trigonométricas considerando a tora como um círculo. A sequência de passos para gerar os resultados de quantificação de peças de madeira roliça e serrada são apresentados a seguir: (1) O usuário realiza um inventário florestal do povoamento, e alimenta a planilha com os dados básicos da amostra, que correspondem as medidas de DAP em cm e altura total em metros; (2) Escolhe uma das rotinas de cálculo de subprodutos: 1- Calcula Peças Roliças, 2- Calcula Peças Madeira Serrada (Quadrado Circunscrito), 3- Calcula Peças Madeira Serrada (1/4D Costaneiras), 4- Calcula Peças Madeira Serrada (Radial). No caso da rotina 1 os parâmetros são: diâmetro menor, diâmetro maior da seção da tora, comprimento da

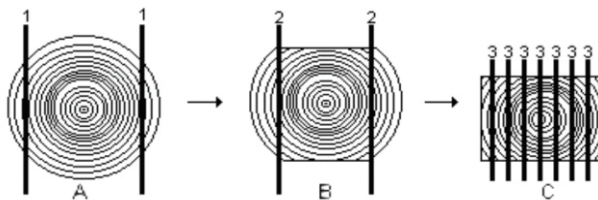
peça. No caso das rotinas 2, 3 e 4, os parâmetros são: comprimento, amplitudes da largura e espessura da peça.

Ao executar cada rotina, os campos são preenchidos: para a rotina 1 – número de peças (na amostra e por hectare), volume por tipo de peça; para as rotinas 2, 3, 4 – número de toras por tipo de peça, volume de toras por tipo de peça (vr), número de peças (n), volume de peças por tipo (v), volume total da amostra (vt), resíduo da madeira serrada (vr-v), resíduo das pontas das árvores (vt-vr), resíduo total (vt-v). O resíduo (madeira não transformada nas peças selecionadas) pode ser destinado para lenha, cavaco etc. Assim, o usuário pode utilizar os dados gerados e preços de mercado para avaliar a receita da colheita.

Resultados e discussão

Usando-se um ensaio de ILPF, a partir dos dados de DAP e altura de 40 árvores com 78 meses, mensuradas em 6 renques de 15 m x 2 m, com 333 árvores/ha (Tabela 1), são apresentados os resultados para peças de madeira roliça na Tabela 2.

A Tabela 2 informa que, com 333 árvores aos 6 anos de idade atingindo 180 m³, foi possível extrair 2.789 peças de madeira roliça, com boa distribuição entre os produtos selecionados. O produto de maior valor, poste, pode chegar a 92 peças, considerando este resultado como potencial, sem perdas de peças defeituosas. A sua valoração, simulando que o produtor irá cortar, beneficiar e vender as peças, pode



Modelo do quadrado circunscrito.
Fonte: Rocha & Tomaselli (2001)

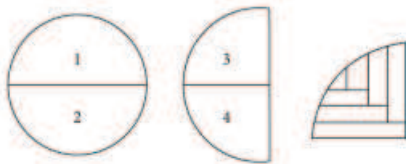


Figura 2. Modelo de desdobro radial utilizado.
Figure 2. Radial unfolding pattern used.

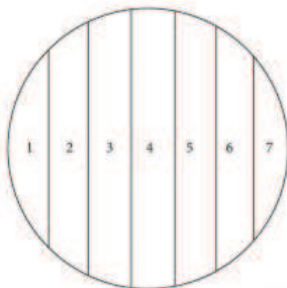


Figura 3. Modelo de desdobro tangencial utilizado.
Figure 3. Tangential unfolding pattern used.

Figura 1. Métodos de desdobro implementados: Quadrado Circunscrito, Tangencial ou longitudinal e Radial.

Tabela 1. Dados amostrados por árvore.

Linha	Arvore	DAP (cm)	H_m
1	1	29.35	27.8
1	2	22.75	27.1
1	3	23.95	28.7
1	4	21.95	29.2
1	5	21.60	31.0
1	6	24.40	32.4
2	1	24.00	31.8
...
5	7	26.85	28.4
6	1	26.25	29.1
6	2	22.40	27.9
6	3	24.65	27.0
6	4	23.45	23.1
6	5	22.35	22.8
6	6	25.60	23.4
6	7	28.70	24.5

**Tabela 2.** Estimativa de peças de madeira roliça de eucalipto, dimensionadas por seção (altura – hi) e diâmetro (di).

Peças	di (cm)	hi (m)	n	Amostra		Povoam.	
				v (m ³)	n	v (m ³)	n
Cercas	6	8	2.2	53	0.58	441	5
Escoramento para fruticultura	8	10	2.2	54	0.99	450	8
Esticador para fruticultura/instalação de telas	10	12	3.2	48	1.94	400	16
Esticador intermediário	12	14	3.2	50	2.92	416	24
Esticador para cerca	14	16	3.2	47	3.72	391	31
Esticador para cerca/ curral intermediário	16	18	3.2	50	5.15	416	43
Esticador para cerca, curral canto, cancela	18	20	3.2	22	2.78	183	23
Postes	20	30	7	11	3.59	92	30
Total				335	21.68	2789	180

chegar a um valor 8 vezes maior do que o da venda da madeira em pé, para beneficiamento (COSTA et al., 2016).

A Tabela 3 mostra a estimativa das peças serradas pelo método do Quadrado Circunscrito, com o aproveitamento potencial de 5.228 peças, com maior

proporção para tábuas, que alcançou 2.781 peças. Nesta faixa de idade do eucalipto pranchões e pranchas não foram possíveis de serem extraídos. E sarrafos e caibros, embora sejam peças de pequenas dimensões, não ocorreram na amostra pelo critério da prioridade. Como ainda não está implementada a escolha de peças,

Tabela 3. Estimativa de peças de madeira serrada de eucalipto pelo método do Quadrado Circunscrito, dimensionadas por seções de 3 metros de comprimento, com variações de espessura (E (cm)) e largura (L (cm)).

Peças	E min	E max	L min	L max	n toras	vr (m ³)	n (peças)	v (peças)	vt	vr-v (m ³)	vt-vr (m ³)	resid(m ³) =vt-v
Sarrafo	2	4	2	10	0	0.00	0	0.00		0.00		
Ripão	1.5	2	5	7	0	0.00	0	0.00		0.00		
Caibro	4	8	5	8	69	2.24	69	0.69		1.55		
Pontalete	7	8	7	8	34	1.64	34	0.54		1.11		
Ripa	1	2	2	5	62	0.95	116	0.22		0.73		
Viga	4	8	8	16	75	5.12	75	1.63		3.48		
Tabua	1	4	10	10	106	11.84	334	3.69		8.15		
Prancha	4	7	16	16	0	0.00	0	0.00		0.00		
Pranchao	7	7	16	16	0	0.00	0	0.00		0.00		
Total					346	21.78	628	6.77	21.34	15.02	-0.44	14.57
Povoamento												
Sarrafo					0	0.0	0	0.0		0.0		
Ripão					0	0.0	0	0.0		0.0		
Caibro					574	18.6	574	5.8		12.9		
Pontalete					283	13.7	283	4.5		9.2		
Ripa					516	7.9	966	1.8		6.1		
Viga					624	42.6	624	13.6		29.0		
Tabua					882	98.5	2781	30.7		67.9		
Prancha					0	0.0	0	0.0		0.0		
Pranchao					0	0.0	0	0.0		0.0		
Total					2880	181.4	5228	56.3	177.68	125.0	-3.7	121.3



as rotinas rodam com a lista completa. Observou-se também um valor muito baixo de aproveitamento, de aproximadamente 32% do volume total para madeira serrada. Um dos motivos está na última seção do tronco, pois toras com menos de 3 metros de comprimento, foram desconsideradas para desdobro.

Os resultados do método de desdobro tangencial são mostrados na Tabela 4, com o aproveitamento potencial de 7.526 peças, também com maior proporção de tábuas, alcançando 3.530 peças. Este método selecionou sarrafos e ripões, mas caibros e pontaletes não entraram, algo que precisa ser explorado nas fases de validação. O aproveitamento aumentou um pouco

na faixa de 34% do volume total para madeira serrada.

O método de desdobro Radial gerou um aproveitamento potencial de 26.507 peças, com boa distribuição entre sarrafos, ripas, caibros e ripões (Tabela 5). Foram geradas 67 tábuas, pois o método é limitante para peças de maior largura. Seu rendimento em volume de peças ficou na faixa de 72% do volume total. São notadas algumas inconsistências no cálculo de resíduos entre volume total e volume de toras, ou seja, em alguns casos o volume de toras é maior que o total. Isto vai ocorrer devido aos erros residuais nas fórmulas empregadas: equação de volume, equação de Taper e fórmula de Smalian.

Tabela 4. Estimativa de peças de madeira serrada de eucalipto pelo método Tangencial, dimensionadas por seções de 3 metros de comprimento, com variações de espessura (E (cm)) e largura (L (cm)).

Peças	E min	E max	L min	L max	n toras	vr (m ³)	n (peças)	v (peças)	vt	vr-v (m ³)	vt-vr (m ³)	resid(m ³) =vt-v
..... Amostra												
Sarrafo	2	4	2	10	34	1.64	68	0.46		1.18		
Ripão	1.5	2	5	7	69	2.24	138	0.50		1.74		
Caibro	4	8	5	8	0	0.00	0	0.00		0.00		
Pontalete	7	8	7	8	0	0.00	0	0.00		0.00		
Ripa	1	2	2	5	62	0.95	124	0.21		0.74		
Viga	4	8	8	16	75	5.12	150	1.63		3.48		
Tabua	1	4	10	10	106	11.84	424	4.42		7.42		
Prancha	4	7	16	16	0	0.00	0	0.00		0.00		
Pranchao	7	7	16	16	0	0.00	0	0.00		0.00		
Total					346	21.78	904	7.21	21.34	14.57	-0.44	14.13
..... Povoamento												
Sarrafo					283	13.7	566	3.8		9.8		
Ripão					574	18.6	1149	4.1		14.5		
Caibro					0	0.0	0	0.0		0.0		
Pontalete					0	0.0	0	0.0		0.0		
Ripa					516	7.9	1032	1.7		6.2		
Viga					624	42.6	1249	13.6		29.0		
Tabua					882	98.5	3530	36.8		61.8		
Prancha					0	0.0	0	0.0		0.0		
Pranchao					0	0.0	0	0.0		0.0		
Total					2880	181.4	7526	60.1	177.68	121.3	-3.7	117.6



Tabela 5. Estimativa de peças de madeira serrada de eucalipto pelo método Radial, dimensionadas por seções de 3 metros de comprimento, com variações de espessura (E (cm)) e largura (L (cm)).

Peças	E min	E max	L min	L max	n toras	vr (m ³)	n (peças)	v (peças)	vt	vr-v (m ³)	vt-vr (m ³)	resid(m ³) =vt-v
..... Amostra												
Sarrafo	2	4	2	10	0	0.00	1096	5.88		-5.88		
Ripão	1.5	2	5	7	0	0.00	440	1.51		-1.51		
Caibro	4	8	5	8	69	2.24	672	5.94		-3.71		
Pontalete	7	8	7	8	34	1.64	0	0.00		1.64		
Ripa	1	2	2	5	62	0.95	960	1.83		-0.88		
Viga	4	8	8	16	75	5.12	8	0.16		4.96		
Tabua	1	4	10	10	106	11.84	8	0.10		11.74		
Prancha	4	7	16	16	0	0.00	0	0.00		0.00		
Pranchao	7	7	16	16	0	0.00	0	0.00		0.00		
Total					346	21.77	3184	15.43	21.34	6.36	-0.43	5.91
..... Povoamento												
Sarrafo					0	0.0	9124	49.0		-49.0		
Ripão					0	0.0	3663	12.6		-12.6		
Caibro					574	18.6	5594	49.5		-30.8		
Pontalete					283	13.7	0	0.0		13.7		
Ripa					516	7.9	7992	15.2		-7.4		
Viga					624	42.6	67	1.3		41.3		
Tabua					882	98.5	67	0.9		97.7		
Prancha					0	0.0	0	0.0		0.0		
Pranchao					0	0.0	0	0.0		0.0		
Total					2880	181.4	26507	128.4	177.68	52.9	-3.7	49.2

Conclusões

A proposição deste protótipo para o cálculo de peças de madeira roliça e serrada é agregar valor à madeira de florestas plantadas, no caso, de eucalipto, auxiliando na sua valoração na fase da comercialização. Desta forma, produtores rurais podem aumentar suas oportunidades de negociação, ofertando produtos e não somente metros cúbicos. Ao mesmo tempo as indústrias podem planejar a compra da madeira bruta conforme sua expectativa de demanda em serrarias, na construção civil ou moveleira. A ferramenta está na fase de validações e desenvolvimento, para transformar-se em software para melhor difusão e utilização na forma de um ativo.

Agradecimentos

Ao projeto “SisCerrado - Produtividade madeireira no SIs e em sistemas de referência de modelos físicos de longa duração”, que forneceu o ambiente,

os recursos e despertou para o problema, à José Heitor de Vasconcellos, Vanderley Porfirio da Silva e Renato Castro, nosso agradecimento por nos situar sobre sua importância, pela parceria e por darem visibilidade, aumentando o estímulo para transforma-lo em produto para a sociedade, a Natalia Santos Fois e sua equipe, pelo planejamento iniciado, e a todos que continuam nos ajudando no operacional e nos trâmites burocráticos para sua continuidade.

Referências

- 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).



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. DOI: 10.1590/2179-8087.062213.

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.

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

SOARES, T. S.; VALE, A. B.; LEITE, H. G.; MACHADO, C. C. Otimização de multiproduto sem povoamentos florestais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 811-820, 2003. DOI: 10.1590/S0100-67622003000600007.
