



Eucalyptus Online Book & Newsletter

Eucalyptus Newsletter nº 48 – Outubro de 2015

Uma realização:



Autoria: **Celso Foelkel**

Organizações facilitadoras:



ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel



IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores



IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

Empresas e organizações patrocinadoras:



Fibria



ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel



ArborGen Tecnologia Florestal



Celulose Irani S.A.

Celulose Irani



CENIBRA – Celulose Nipo Brasileira



CMPC Celulose Riograndense



indústria brasileira de árvores

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores



Klabin



Lwarcel Celulose



Pöyry



Solenis



Stora Enso Brasil



Suzano Papel e Celulose





Artigo Técnico por Celso Foelkel



Medição da Madeira na Forma de Toras Empilhadas

Um dos processos operacionais mais importantes e ao mesmo tempo dos mais complexos e conflituosos no setor de base florestal é o que trata da medição de toras roliças de madeira, em especial as de médio a pequeno diâmetro (abaixo de 30 cm), que são destinadas ao abastecimento de fábricas de celulose e papel, painéis de madeira, produção de carvão vegetal e usuários de bioenergia. Em geral, sempre se encontram questionamentos e até certo nível de desconfiança em alguns casos, já que essas medições afetam diretamente as partes interessadas na

comercialização desse tipo de madeira, bem como os cálculos de consumo específico de madeira por unidade de produto sendo fabricado nas unidades industriais.

O problema existe porque existem diversos métodos de medição, bem como uma série de fatores humanos e metodológicos que afetam os resultados de todos esses sistemas de medição.

Quando se tratam de toras mais grossas e valiosas, destinadas às serrarias ou laminadoras, o problema não é tão grave porque cada tora é cubada rigorosa e individualmente, valendo-se de fórmulas conhecidas e consagradas de mensuração de volume de toras roliças volumosas, como as de Smalian, Huber ou Newton.

Entretanto, para as toras de menores diâmetros e de madeira comoditizada comercializada em enormes volumes, torna-se vital se dispor de métodos confiáveis e justos, bem como procedimentos de mensuração rastreáveis, replicáveis, auditáveis, seguros e confiáveis, inclusive metrologicamente.

Imaginem que uma fábrica de celulose de mercado que produza 1,5 milhões de toneladas de celulose por ano, consome no mínimo 15.000 metros cúbicos sólidos de madeira por dia, somente para o processo de fabricação de celulose, podendo ainda consumir madeira energética. Estamos falando de 250 a 300 caminhões de madeira transferindo essa matéria-prima, tendo que ser carregados, acompanhados e mensurados em termos de peso e volume de suas cargas madeireiras.

As operações para recebimento e medição de madeira precisam antes de tudo incutirem em todas as partes interessadas o sentimento de confiabilidade, credibilidade, precisão, justeza e rapidez nas operações para que todos se sintam confortáveis e não se acumulem caminhões na porta das empresas a espera de processos trabalhosos de medição de suas cargas.

A medição do volume de toras é de vital importância nas unidades industriais de base florestal, pois elas são os alicerces para estudos, cálculos, projeções e desempenhos, tais como:

- Aferição dos inventários florestais, que fazem as estimativas de produção de madeira nos diversos hortos e talhões florestais;
- Pagamentos de serviços florestais de manuseio, colheita e transporte;
- Pagamentos por madeiras compradas;
- Cálculos de rendimentos, indicadores de desempenho, consumos específicos de madeira, etc.;
- Cálculos e projeções de consumos, produções e aquisições de madeira;
- Planejamentos de abastecimento e suprimento de madeira;
- Etc.

A madeira produzida pelas florestas pode ser medida conforme distintos momentos ou fases ao longo da rede florestal de valor, por exemplo:

1. Medição ou estimativa de volume sólido da "madeira em pé", na forma de tronco de árvores antes da colheita. Pode ser obtido pelo trabalho de inventariantes florestais e baseados em cálculos dendrométricos com grande

utilização de ferramentas estatísticas para minimizar erros e trabalhar com amostragens adequadas.

Na floresta viva, a madeira e a casca dos troncos estão bastante úmidas, próximas à sua plena saturação. Por essa razão, os volumes das toras estão praticamente no valor máximo que se pode atingir para essas toras, pois estão saturadas e inchadas devido à alta umidade (volume verde ou saturado das toras).

Pelo fato das árvores estarem ainda em pé, não estão ainda acontecendo as conhecidas "perdas de madeira na colheita florestal", quando porções significativas de madeira se perdem pelo abate e traçamento das árvores em toras, pelo descascamento, pela perda em cepas altas deixadas no campo, pela perda de toretes de pequenas dimensões, etc., etc.

2. Medição da madeira logo após a colheita, imediatamente após o abate das árvores, com as toras ainda bastante úmidas.

As toras perdem bastante água nos primeiros dias após o abate das árvores, mas começam a perder volume por contração da madeira e casca após uns poucos dias desse momento, dependendo muito das condições climáticas e da forma como deixadas no campo.

Por isso, essas medições de volume de toras úmidas, quando realizadas rapidamente, corresponderiam aos volumes das árvores em pé menos as perdas de madeira da colheita florestal, já mencionadas.

3. Medição das toras nas fábricas consumidoras, após secagem parcial no campo para redução do peso de água a ser transportado.

Com a secagem das toras se consegue reduzir bastante o peso tal qual das mesmas, mas também se observa um fenômeno de retração ou contração volumétrica tanto da casca como da madeira. Em condições normais, essa contração pode variar entre 4 a 6% em relação ao volume verde, mas pode ser bem maior (acima de 10%, ou ainda maior), caso as toras fiquem demasiado tempo no campo ou em pátios de estocagem intermediários na floresta.

A partir de 45 a 60 dias de secagem, as toras de eucalipto começam a sofrer rachaduras naturais, que levam a um falso aumento do volume das toras, pois as rachaduras e fendilamentos causam um aumento dos seus diâmetros.

Por esse motivo, pode-se facilmente entender que dificilmente os valores de volume de madeira estimados pelo inventário florestal de árvores em pé serão atingidos no momento da medição das toras resultantes dessa floresta na área de recepção de toras nas fábricas. Isso porque as árvores foram abatidas, traçadas, parcialmente secadas e trazidas para as fábricas incorrendo em perdas de colheita e transporte e em perdas de volume por contração volumétrica.

Por todas essas razões mencionadas, há que se ter pleno conhecimento dos pontos-chaves causadores de mudanças do volume das toras para se tomarem decisões consensuadas de quando e onde medir as toras nos processos de comercialização e cálculos de consumo de madeira.

Tendo em vista as dificuldades para se obter consenso sobre os melhores pontos e métodos para se medir volumes de toras de madeira, algumas empresas preferem fazer todo o processo de mensuração e comercialização com base em peso de madeira, ao invés de volume. Apesar de se conseguir com isso algumas vantagens, principalmente em termos de simplificações dos procedimentos, a comercialização e

a medição apenas do peso das cargas de madeira também tem pontos críticos e gargalos, quais sejam:

- O peso varia bastante com o tempo de secagem, não permitindo que se consiga rastrear o processo por repesagens das cargas. O peso pode mudar bastante poucos momentos depois – basta chover sobre as toras e os valores mudam em minutos.
- O processo de medição por peso incentiva fraudes, com práticas não recomendáveis de se molhar as toras antes das pesagens por parte de alguns.
- O processo desmotiva o transporte das cargas de madeira mais seca, pois se entende que ao se secar as toras os compradores estarão “pagando menos pela madeira”. Isso acaba resultando em maiores custos em transporte de cargas florestais.
- Enormes variações passarão a serem reportadas entre peso úmido, volume e densidade aparente tal qual das toras e cargas. Esses valores variáveis de madeira e casca com teores variados de umidade acabam impedindo uma gestão eficaz e efetiva no suprimento de madeira.
- Premente necessidade de se medirem os teores de umidade das cargas de toras de madeira para trazer os valores de peso úmido a uma base fixa de peso seco. Entretanto, medir umidade demandaria grandes volumes de amostras e enormes esforços de medições para que se possam obter valores representativos e com adequado grau de acerto.
- Incerteza constante sobre a fidelidade dos valores de teor de umidade, pois eles são muito dependentes de: densidade da madeira, espécie, diâmetro e comprimento das toras, forma de estocagem e empilhamento, condições climáticas, etc.
- Impossibilidade de geração de indicadores úteis de qualidade da madeira, como aqueles que relacionam peso e volume – isso porque o sistema só medirá pesos úmidos e quando muito, teores de umidade.

Talvez por isso e pela própria tradição cultural, as medições volumétricas são as mais comumente utilizadas em nosso País. Em relação à medição de volumes de toras de madeira, existem duas formas consagradas para se expressarem os resultados de volumes:

Estéreo (st): é o volume que se obtém pela medição da pilha de toras de madeira, incluindo os volumes de espaços vazios entre as toras.

A portaria 130 (dezembro de 1999) do INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial relatou o seguinte:

“Entende-se como estéreo o volume de uma pilha de madeira roliça, contida num cubo cujas arestas meçam um metro, nele incluídos os espaços vazios normais entre as toras ou toretas, sendo estes espaços os presentes numa pilha de toras ou toretas acomodadas umas às outras longitudinalmente”.

Costuma-se medir o volume em estéreos pela cubagem de uma pilha de toras multiplicando-se: largura da pilha, comprimento médio das toras e altura média da pilha, sendo o resultado expresso em estéreos ou metros cúbicos de madeira empilhada.

Metro cúbico sólido (m³): consiste na medição apenas do volume de madeira sólida com ou sem casca, sem incluir espaços vazios entre as peças de madeira da pilha (seja no campo, nos pátios ou nas carrocerias de caminhões ou vagões de trens).

Além dos espaços vazios que ficam entre as toras, existem também espaços vazios nas próprias toras causados que são por rachaduras, fendilhamentos, etc. Alguns métodos de medição de madeira em toras não conseguem separar esse falso volume intrínseco das toras, enquanto o método de imersão em água pelo Princípio de Arquimedes consegue muito bem evitar que esse espaço vazio seja incluído como madeira sólida.



"Gaiolas" de vazios – muitas vezes criadas como forma de aumentar os valores volumétricos em estéreos sendo medidos

A determinação do volume empilhado e expresso em estéreos é a forma mais fácil e rápida para se medir e comercializar madeira no Brasil.

Por outro lado, as árvores produzem troncos constituídos de madeira e casca. Elas não produzem e tampouco são medidas em termos de produtividade florestal pelos espaços vazios deixados entre as toras nas pilhas de madeira. Logo, os clientes e usuários de madeira querem pagar pela madeira sólida, pela efetiva madeira disponível nas pilhas. Logo, o estéreo é um volume prático de medida, mas o consumidor quer na verdade o volume de madeira sólida e ponto final. Espaços vazios entre toras não alimentam máquinas e não se convertem em produtos.

Quaisquer que sejam os preços estabelecidos para a comercialização de um estéreo de madeira, quem compra e usa a madeira sempre quer saber quanto está na verdade pagando pela madeira real, ou pela madeira sólida contida nesse estéreo.

Deve ficar muito claro então que um metro cúbico de madeira sólida não é igual a um estéreo em termos de efetivo conteúdo de madeira/casca.

Para converter um tipo de volume em outro, existem fatores que precisam ser também medidos e calculados, como veremos mais adiante.

A medição da madeira empilhada e expressa em estéreo surgiu na França como uma unidade de medida, em 1798. A palavra estéreo vem do grego (*stereos* =

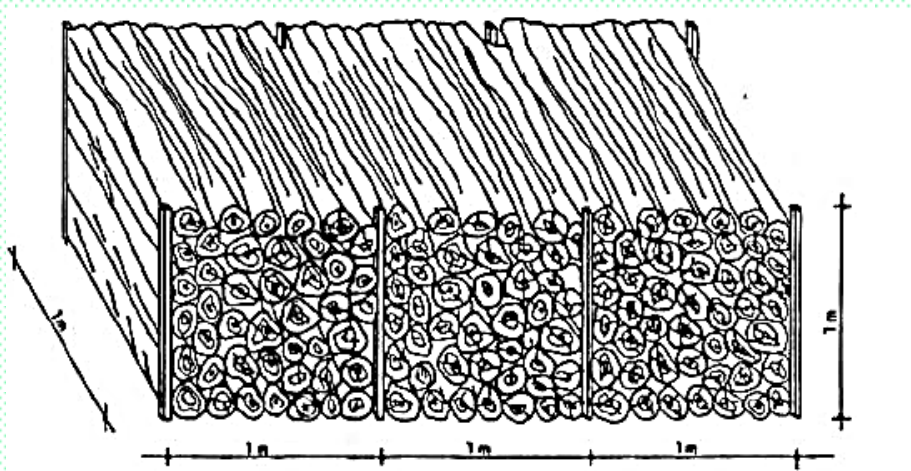
sólido), sendo que em alguns locais ou países se refere ao estéreo também como estere.

Apesar de sua enorme popularidade no Brasil, essa medição não é mais recomendada pelo INMETRO como forma de medir produção e na comercialização de madeira. A razão única para isso é o fato que st não é uma unidade constante do Sistema Internacional de Medidas, do qual o Brasil é signatário. O próprio INMETRO reconhece as vantagens do estéreo como forma simples e rápida de medir madeira, mas não pode incluí-lo em nosso sistema de medidas, pois o st não é uma unidade SI.

Esse processo de "descredenciamento" do st como unidade de medida já vem acontecendo há alguns anos. Em 1999, o INMETRO lançou sua portaria de número 130, que previa a eliminação do st do nosso sistema de medidas a partir de 2009. Foi dado um prazo de 10 anos para que empresas usuárias e produtores de madeira pudessem se adequar com outras formas de medir madeira roliça. O objetivo é que a madeira seja comercializada com base em metro cúbico (ou *metro cúbico sólido*, como costuma ser referido no setor).

Após o vencimento do prazo, passou a valer o que determinou o INMETRO em 1999: "A partir de 01 de janeiro 2010, só serão admitidas as unidades do SI nas operações envolvendo produção, colheita, baldeio, transporte e comercialização da madeira roliça, utilizada como combustível ou como matéria prima industrial".

Dessa forma, as notas fiscais, os laudos técnicos e toda correspondência oficial não deve mais conter valores de medições de madeira em toras roliças expressos em estéreo.



Fonte: Araújo, 2010

A madeira empilhada e medida como estéreo pode ser convertida em volume sólido de madeira ou de toras sólidas de madeira/casca segundo dois tipos de fatores:

Fator de empilhamento (Fe) = (Volume Empilhado) / (Volume Sólido)

(valores maiores ou iguais a 1 st/m³)

Fator de cubicação (Fc) = (Volume Sólido) / (Volume Empilhado)

(valores menores ou iguais a 1 m³/st)

O fator de empilhamento costuma mostrar valores para toras de eucalipto que variam entre 1,3 a 2,2 st/m³. Inversamente, os valores de fator de cubicação variam entre 0,45 a 0,77 m³/st.

Dessa maneira, através de um ou outro desses dois fatores, pode-se facilmente transformar um volume de madeira empilhada em volume de madeira sólida e vice-versa.

O fator de cubicação é muito mais frequentemente utilizado pelas áreas de inventário florestal, que estimam a produção ou produtividade florestal em metros cúbicos sólidos de tronco de árvores e depois o convertem em volume de madeira empilhada para facilitar o planejamento de suprimento e de logística.

Já o fator de empilhamento é amplamente utilizado nos processos de pagamento de serviços florestais para empreiteiros ou para converter a madeira empilhada em volume de madeira sólida para atendimento das exigências legais de se expressar madeira em metros cúbicos e não em estéreos para sua comercialização.

Inúmeros parâmetros técnicos e humanos podem influenciar nos valores desses dois fatores de conversão de volumes de madeira. Por isso, não se recomenda de maneira alguma se trabalhar com valores fixos, pois isso pode resultar em prejuízos a uma ou até mesmo às duas partes envolvidas.

Para fins de apresentação das principais causas de variações nesses fatores, vamos nos fixar nas tendências que elas afetam o fator de empilhamento, apenas recordando que as tendências que ocorreriam no fator de cubicação seriam justamente em direções opostas.

Os valores do fator de empilhamento (Fe) dependem basicamente de inúmeros fatores tais como:

Fatores devidos à própria madeira ou toras:

- Espécie florestal;
- Idade das árvores;
- Diâmetro ou superfície das toras (maiores diâmetros reduzem o Fe)
- Comprimento das toras (maiores comprimentos aumentam o Fe)
- Conicidade ou cilíndricidade das toras (toras mais cilíndricas podem ter Fe menor do que toras mais cônicas)
- Presença de casca (casca aumenta o Fe)
- Retidão das toras (retidão reduz o Fe)

- Variabilidade dos diâmetros (maior variabilidade aumenta Fe)
- Rachaduras, fendilhamentos, empenamentos, defeitos, tortuosidades (todos aumentam Fe)
- Teor de umidade das toras (afeta a contração das toras e pode ter efeito variável, dependendo das toras)
- Número de toras por área - em geral usando um gabarito ou grade de um metro quadrado (maior número de toras aumenta o Fe)

Fatores humanos e outros relacionados a processos operacionais:

- Homogeneidade da altura das pilhas (maior uniformidade reduz Fe)
- Qualidade no empilhamento das toras (a presença de gaiolas, toras atravessadas, toras irregularmente dispostas, etc. causam aumento do Fe)
- Sistema de empilhamento (empilhamento mecanizado costuma aumentar Fe)
- Acomodação das toras devido transporte (maior acomodação reduz Fe)
- Número de vezes que se manuseia o material (quantos mais tombos forem dados em uma carga de madeira maior será a tendência de aumentar Fe)
- Tempo de estocagem das toras (maior tempo causa acomodação das pilhas e reduz Fe)
- Fraudes no sentido de se ganhar volume pelo aumento proposital do Fe

Tendo em vista o grande número de causas que podem afetar o fator de empilhamento, é fundamental que ele seja novamente calculado em consenso com as partes interessadas toda vez que ocorrer alguma mudança significativa nos processos florestais (por exemplo: mudança de colheita de um clone por outro de maior produtividade, mudança no sistema de colheita mecanizada, mudança no comprimento médio das toras, mudança no tipo de transporte ou de caminhões, mudança na distância e tipo de estradas florestais que serão utilizadas no transporte das toras empilhadas na carroceria dos caminhões, etc.).

Outro problema crítico que surgiu com a mecanização da colheita florestal para toras longas (acima de 3,5 metros e mais usualmente acima de 5,5 metros) tem sido a variação que passou a acontecer no comprimento das toras. Isso porque se torna mais difícil se conseguirem valores múltiplos para cortes e traçamentos de toras mais longas. Assim, quando se busca colher toras com 6 metros, temos na realidade comprimentos de toras que podem variar entre 2 a 6 metros, já que o último traçamento de uma árvore raramente reproduz o comprimento de 6 metros, ficando normalmente abaixo disso.

Seja por exemplo um caso prático de mudança no comprimento médio das toras, já que se sabe que as toras mais longas dificultam a qualidade do empilhamento, conduzindo a aumentos do fator de empilhamento:

Comprimento das toras	Fe	Fc
1 metro	1,4	0,714
2 metros	1,6	0,625
3,5 metros	1,75	0,571
5,5 metros	2,0	0,5

Fe = Fator de empilhamento, em st/m³ (permite converter o volume empilhado em volume sólido)

Fc = Fator de cubicação, em m³/st (permite converter o volume sólido de toras em volume empilhado)

Caso 01:

O inventário florestal estima uma produção florestal de 300 metros cúbicos sólidos de madeira com casca aos 7 anos por hectare de efetivo plantio. Se essa floresta for cortada em toras de 5,5 metros de comprimento, qual será a possível quantidade de madeira na forma empilhada que gerará?

Solução: $(300 \text{ m}^3/\text{ha}) : (0,5 \text{ m}^3/\text{st}) = 600 \text{ st}/\text{ha}$

Caso 02:

A colheita florestal colhe um talhão de floresta de eucalipto com 7 anos e que possuía 10 hectares. A medição das toras empilhadas à beira do talhão atinge 6.500 estéreos de toras cortadas com 3,5 metros de comprimento médio. Qual a produtividade estimada em m³ sólidos/hectare.ano desse talhão?

Solução: $\{[(6.500 \text{ st}) : (1,75 \text{ st}/\text{m}^3)] : (10 \text{ ha})\} : (7 \text{ anos}) = 53 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$

Por outro lado, a determinação do fator de empilhamento não é algo tão simples, pois requer amostragens em número, qualidade e representatividade. Também requer cubagem rigorosa das toras das amostras para se calcular o volume sólido contido por volume de toras empilhadas.

A cubagem rigorosa de toras pode ser realizada utilizando fórmulas de cálculo de volumes sólidos de toras (Huber, Smalian e Newton) e quase sempre estão baseadas em medições médias de áreas transversais e comprimento das toras ou

toretas. Em todos os casos, o operador dos ensaios deve buscar calcular valores médios de áreas transversais para os toretas e não de médias de diâmetros. Isso porque o volume do torete é calculado pela multiplicação da área média de pelo menos duas faces da tora pelo comprimento da mesma, lembrando que área é calculada com base no valor do diâmetro ao quadrado e não em valores simples de diâmetro médio.

$$\text{Área} = [\pi \cdot (\text{Diâmetro})^2] / 4$$

$$\text{Volume} = \text{Área} \cdot \text{Comprimento}$$

O cálculo do volume sólido das toras é algo trabalhoso, porém necessário para se obter dados confiáveis de fatores de empilhamento e de cubicação. Esse cálculo também ajuda no controle de qualidade e nas aferições de diversos equipamentos que medem rotineiramente os volumes sólidos e/ou empilhados das toras recebidas por empresas consumidoras desse tipo de matéria-prima.

Para a obtenção do valor de diâmetro podem-se usar sutas ou trenas. As trenas são mais usadas para medir o comprimento da circunferência da seção transversal de uma tora. Elas têm a vantagem de dar um valor mais exato em função da irregularidade dessa seção transversal das toras. Também permitem ao operador descontar os espaços vazios devidos a rachaduras das toras na seção que estiver sendo medida.

$$\text{Circunferência (C)} = \pi \cdot (\text{Diâmetro})$$

$$\text{Diâmetro} = C/\pi$$

Logo:

$$\text{Área} = (C^2) / 4\pi$$

Algumas empresas possuem xilômetros para cálculo do volume sólido das toras ou toretas (segmentos menores de toras). O xilômetro consiste em um recipiente metálico que é totalmente preenchido com água. Esse recipiente possui um ladrão para saída de água, que pode ser medida em termos de volume escoado. Ao se colocar uma ou mais toras no xilômetro, a água deslocada (que corresponde ao volume introduzido) sai pelo ladrão e pode-se então conhecer o volume sólido da amostra, que é a seguir relacionado ao volume empilhado das toras testadas.

Dentre as medições recomendadas também se incluem as medições de peso e as relações entre pesos e volumes de toras. A relação peso/volume é importante para permitir que sejam extrapolados os valores entre ambos a partir de amostras coletadas de toras empilhadas em caminhões ou vagões de trens. A partir do peso úmido tal qual de amostras de toras das quais se conhecem seus volumes sólidos e ou empilhados, pode-se por uma simples regra de três calcular o volume de toda a carga transportada no caminhão. Usam-se nesse caso, os valores de peso obtidos em balanças que medem o peso de toda a carga de madeira presente no caminhão. A partir desse peso e de fatores relacionando peso/volume, pode-se calcular todo o

volume sólido ou empilhado transportado pelo caminhão em questão. Algo muito simples e muito praticado no setor.

Em todos os casos onde se pretenda calcular os fatores de empilhamento e de cubicação há que se possuir:

- Pessoal qualificado e consciente de suas responsabilidades;
- Amostras representativas dos lotes de madeira em suas especificidades;
- Rastreabilidade;
- Reprodutibilidade;
- Precisão nas avaliações;
- Equipamentos adequados e aferidos;
- Credibilidade de todos os atores envolvidos nas amostragens, determinações e cálculos;
- Auditorias de qualidade.

Deve ficar claro que as determinações regulares desses fatores são fundamentais no caso onde eles sejam utilizados para oferecer resultados de medições de madeiras empilhadas. Usar um único valor médio é considerar que todas as florestas ofereceriam a produção de árvores idênticas, que todas as operações florestais de colheita, manuseio e transporte seriam executadas da mesma forma e que todas as ações humanas também seriam iguais. Isso definitivamente não existe na prática, mesmo se trabalhando com florestas clonais de eucaliptos.

Para maior entendimento sobre o estéreo e suas relações com volume sólido das toras roliças de madeira, bem como sobre os fatores de empilhamento e cubicação, sugerimos a leitura de diversos artigos presentes no final desse texto, e em particular o artigo:

O Estéreo. J.L.F. Batista; H.T.Z. Couto. ESALQ-USP. METRVM 2. 16 pp. (2002)

<http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:metrvm:metrvm-2002-n02.pdf>



Métodos de medição de volume de toras empilhadas de madeira



A medição do volume de madeira se traduz em um conjunto bastante complexo de procedimentos e repleto de desafios, pois estamos sempre nos deparando não com toras homogêneas e limpas, mas sim de uma enorme diversidade de situações tais como:

- Mistura de madeira e casca em proporções variadas;
- Grande diversidade de diâmetros de toras e comprimentos também variados;
- Grande diversidade de teores de umidade das toras;
- Intensa presença de contaminantes, como galhos, folhas, terra, pedras, etc., que acabam sendo medidos em peso ou volume, como se fossem madeira;
- Momentos variáveis para medições de volume, sendo que existem diferenças de resultados significativos conforme a madeira vai ficando mais seca, contraída e acomodada nas pilhas;
- Altíssima influência do fator humano, o que pode alterar resultados se não houver procedimentos claros, confiáveis, aferidos e auditados;
- Possibilidades de fraudes em diversas etapas do processo, tais como formação de gaiolas de espaços vazios nas pilhas, umedecimento das toras, escolha de amostras tendenciosas, etc.

Por essa razão, ao se escolher o método de medição de volume de madeira empilhada se deve atentar para os seguintes pontos fundamentais:

- Facilidade de uso e de aplicação;
- Rapidez para apresentação de resultados;
- Custos adequados;
- Credibilidade;
- Confiabilidade e justeza;
- Aferição e confiabilidade metrológica;
- Precisão;
- Auditoria;
- Rastreabilidade;
- Reprodutibilidade e repetibilidade;
- Versatilidade quanto ao tipo de toras;
- Objetividade, ou seja, com o mínimo de interferência humana e sua usual subjetividade.

Posso garantir que não existe nenhum método que dê como resultado de sua medição um valor que possa ser considerado 100% correto, até mesmo porque a maioria se baseia em amostragens e em determinações que exigem interpretações estatísticas, sempre com certo nível de erro admitido. Até mesmo a cubagem rigorosa de todas as toras também não poderia ser considerada como absolutamente exata, pois se a mesma carga fosse cubada da mesma forma por diversos grupos de operadores, os resultados numéricos obtidos dificilmente seriam exatamente os mesmos.

Costuma-se aceitar como válidos os valores medidos que estejam entre 1 a 2% de variação média em relação à cubagem rigorosa das toras. Também é importante que os resultados não mostrem um erro sistemático, ou seja, sempre no mesmo sentido. Se os resultados se mostrarem sempre com erro positivo de 2%, por exemplo, é uma clara indicação de que temos algum procedimento que induz a esse erro e deve ser investigada a causa. Se ela não for descoberta, a solução seria a criação de um fator de correção para se multiplicar os valores numéricos encontrados com esse erro.

Quando o processo de medição não é regularmente aferido ou auditado, os valores de erro podem crescer bastante, o que acaba descredibilizando as medições e se estabelecendo situações de litígio entre as partes envolvidas.

Existem quatro tipos principais de metodologias em uso para se medir volume de madeira empilhada. Os resultados desses métodos podem oferecer:

- Valores em volume empilhado (estéreo) para posterior conversão em volume sólido pelo uso do fator de empilhamento;
- Valores em metros cúbicos sólidos de toras;
- Peso tal qual das toras para criação de relações peso/volume;
- Teor de umidade das toras, para geração de fatores peso seco/volume tal qual (densidade aparente anidra).

Os métodos são basicamente os seguintes, cada um com suas variações e especificidades:

- A. Método da medição manual com trenas, sutas e gabaritos de área amostral;
- B. Métodos baseados em imagens fotográficas digitais;
- C. Métodos utilizando sistemas automatizados de scanners para mapeamento de superfícies e volumes totais das toras;
- D. Métodos baseados em imersão em água conforme o princípio de Arquimedes.

Em 2015, o INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial avaliou os diferentes métodos em uso no Brasil e considerou os resultados insatisfatórios para todos eles, sugerindo que novos estudos de aperfeiçoamento desses métodos fossem realizados para minimização desses erros

e atingimento de conformidade e justeza em relação à cubagem rigorosa das toras. Dentre as sugestões, algumas estão relacionadas a melhorias em: softwares, maneiras e números de amostragens, calibrações e aferições mais frequentes, uso de ferramentas estatísticas, etc.

Por outro lado, há um consenso entre todos, inclusive em nível do INMETRO, de que a medição total manual é inviável na situação atual, devido aos enormes volumes de madeira, sendo consumidos pelas grandes empresas industriais do setor de celulose, papel, chapas e painéis de madeira e bioenergia. O método manual é vagaroso, altamente demandante de pessoas e inclui muita subjetividade e interpretações pessoais, que podem ser distintas entre as pessoas.

Em todos os casos, consideramos que existam ações de melhoria que precisam ser estimuladas a acontecer – e isso deve ser rapidamente:

- ♣ Amostragens das cargas – forma e número de amostras em função do erro estatístico que se quer cometer e da variabilidade da carga;
- ♣ Uso de ferramentas estatísticas, com estabelecimento de erros aceitáveis e intervalos de confiança a serem obedecidos;
- ♣ Adequações e redução das fragilidades de alguns softwares;
- ♣ Calibrações e aferições em relação à cubagem rigorosa das toras;
- ♣ Medição adequada dos volumes das toras por sua cubagem rigorosa;
- ♣ Busca de relações entre pesos e volumes, que são parâmetros simples e que ajudam a detectar anomalias nas medições;
- ♣ Reprodutibilidade do método, no caso exemplificada pelo teste de uma mesma carga diversas vezes pelo mesmo sistema de medição, comparando os resultados em termos estatísticos.

Finalmente e conclusivamente: Todo instrumento ou sistema de medição de volume de madeira com finalidades de comercialização deve ser submetido ao controle metrológico, a aferições regulares, a auditorias de terceira parte e deve atender às exigências legais para garantir credibilidade às partes interessadas.

A seguir, um breve relato sobre cada um desses métodos:

A. Método da medição manual com trenas, sutas e gabaritos de área amostral

Trata-se de método trabalhoso, lento, sujeito a erros de subjetividade entre pessoas diferentes, com alto potencial para aceitar fraudes nas medições.

O método se baseia em medir o volume empilhado em estéreos e se converter para volume sólido em metros cúbicos, calculando assim o volume de madeira efetiva, sem os espaços vazios encontrados nas pilhas. Implica em se determinar também o

fator de empilhamento que pode ser feito de forma amostral pelo uso de gabaritos de áreas ou pelo uso de xilômetros.

Apesar das simplificações nas determinações do fator de empilhamento trazidas pelas amostragens, a medição do volume empilhado precisa ser total, o que torna o método muito lento para oferecer os resultados finais. Atualmente, com intenso uso de mecanização na colheita e baldeio de madeira, as cargas nos caminhões são bastante irregulares em distribuição, forma e dimensões das toras, o que acaba tornando o método ainda mais exigente de tempo para melhorar a qualidade das medições.

B. Métodos baseados em imagens fotográficas digitais



Mensuração de madeira por fotos digitais (Fonte: Bertola, 2002)

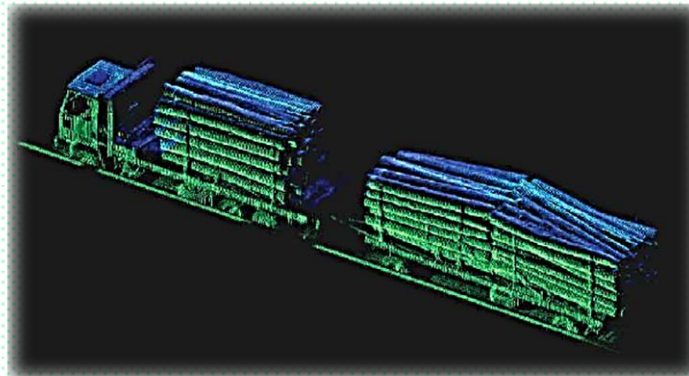
Esse tipo de método usa do artifício de obtenção de inúmeras fotos digitais de seções transversais das pilhas de madeira e por procedimentos estatísticos simples com o uso de softwares, se determina o fator de empilhamento. Quanto mais fotos forem tiradas, maior será a qualidade do valor obtido de F_e .

Cada foto é observada através de uma grade ou gabarito onde existem pontos marcados de maneira equidistante e se contam os pontos que caem sobre a madeira e os que caem nos espaços vazios. Com um cálculo simples entre o somatório dos pontos que caem sobre a madeira em relação aos pontos totais da grade se determina o fator de empilhamento.

O processo também acaba tendo alguns pontos que acabam sendo anulados por não serem claras sua posição e definição de real localização.

O uso de softwares acelera e reduz a subjetividade do sistema, porém esses softwares devem ser consistentes e os resultados reprodutíveis.

C. Métodos utilizando sistemas automatizados de scanners para mapeamento de superfícies e volumes totais das toras



Fonte: Angel, 2010 - WoodTech

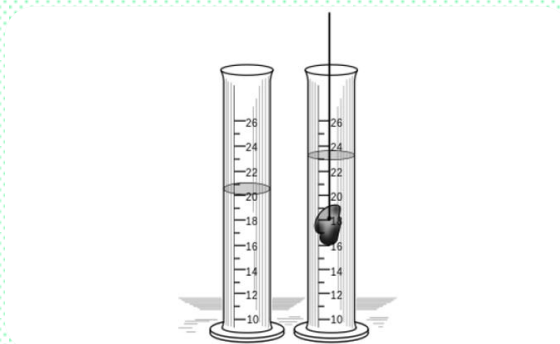
Esses métodos podem medir a totalidade das cargas de madeira contida em veículos. O sistema é robusto e possui plataformas de leitura onde toda a carga é escaneada para medição através algoritmos previamente desenvolvidos para os cálculos dos softwares. Permite relacionar peso da carga com seu volume.

As determinações são realizadas com centenas de varreduras do scanner, fazendo inúmeros perfis das cargas em todos os sentidos (comprimento, largura e altura). Isso ajuda a melhorar a qualidade dos resultados.

Apesar de toda a sofisticação envolvida, sempre existe espaço para melhorias, como sugerido pelo INMETRO para o aperfeiçoamento desse tipo de metodologia.

Acredito que esse é o típico método que permite avaliar a reprodutibilidade com muita facilidade, ao se retornar um caminhão já medido para outra avaliação depois de alguns minutos (retornando o mesmo ao final da fila, por exemplo).

D. Métodos baseados em imersão em água conforme o princípio de Arquimedes



Princípio de Arquimedes para se medir volumes por deslocamento de líquidos

Esses sistemas de medição se baseiam no princípio da hidrostática que relata que todo corpo mergulhado em um líquido recebe um empuxo vertical (força oposta ao seu peso) que é igual ao peso do líquido deslocado. Caso o líquido do teste for a água, o valor do empuxo é igual ao volume do objeto mergulhado, já que a densidade da água pode ser considerada como sendo igual a 1 t/m^3 nas condições usuais do ensaio.

O sistema de medição é bastante simples: consiste de um tanque com água, em dimensão suficientemente grande para receber feixes de toras que são introduzidas com o auxílio de uma garra mecânica. Essa garra está acoplada a um dinamômetro que mede o peso da carga de madeira antes e após imersão das toras na água. Com os devidos descontos de peso e volume da garra e sistemas auxiliares, podem-se calcular os pesos úmidos da carga de madeira e o volume de água deslocado (que corresponde ao volume sólido das toras).

Algumas considerações importantes podem ser enunciadas e obedecidas para evitar erros de medição, quais sejam:

- ♣ Avaliação regular da densidade da água, que pode se alterar em função de que a água vai se sujando com terra, partículas sólidas de folhas, casca, etc.;
- ♣ Completa imersão da garra com as toras e respeitando rigorosamente o limite correto de profundidade de imersão do conjunto toras/garra;
- ♣ Evitar que a carga toque as laterais ou o fundo do recipiente no momento do ensaio;
- ♣ Evitar que a carga esteja mal segura e que algum material possa cair dentro do tanque durante o teste, já que o peso inicial não imerso contendo esse material já está registrado. Qualquer material que se desprender do feixe de madeira durante a imersão também irá afetar o valor do empuxo que estará sendo medido pelo dinamômetro.
- ♣ Sujeiras e contaminantes acabam sendo medidos como madeira;
- ♣ As toras com muitas rachaduras possuem esse volume de vazios preenchido com água. As rachaduras das toras (que são vazios contendo ar) são então descartadas como volume de madeira, o que é um fator positivo para se calcular somente a madeira sólida.
- ♣ A madeira absorve água para o seu interior, logo a medição deve ser muito rápida (no máximo em 10 segundos) para evitar que o volume seja subestimado;
- ♣ A madeira libera ar de seu interior conforme é mergulhada na água. Isso causa certo nível de instabilidade no dinamômetro no início do teste. Deve-se compatibilizar o tempo dessa turbulência com o valor máximo de 10 segundos conforme item anterior. Se a turbulência demorar em estabilizar, deve-se descartar a medição dessa amostra.
- ♣ A amostragem precisa ser muito bem representativa e na maioria das vezes pode não o ser. Isso porque se costumam colher amostras apenas do topo dos caminhões, sendo que isso favorece fraudes de colocação de madeira molhada ou de tipos de madeiras mais pesadas para serem preferencialmente amostradas pelo operador.

- ♣ É preciso ocorrer uma sintonia perfeita entre os equipamentos envolvidos e as respectivas operações: dinamômetro, balança de pesagem dos caminhões, xilômetro, conjunto garra da grua e feixe amostrado, etc.
- ♣ O processo é relativamente lento e exigente em operadores qualificados e confiáveis. Também há que se cuidar mais sobre eventuais riscos de acidentes nas operações, embora eles sejam mínimos.
- ♣ A calibração da força de empuxo costuma ser feita com cilindros metálicos de volumes conhecidos. Esses cilindros são regulares e não absorvem água como a madeira. Servem apenas e tão somente para aferição do princípio hidrostático e não para referendar que os valores obtidos para medição de madeira estejam corretos. Para se obter esse nível de aferição, calibração e certeza, é vital que sejam feitas medições de toras de madeira pelo sistema e calculados os volumes sólidos reais por cubagem rigorosa das toras que participaram do teste.
- ♣ Qualquer artefato que for introduzido para imersão junto com o feixe de toras estará recebendo empuxo e afetando o resultado.

Descritas as principais características e fundamentos dos métodos mais usuais de medição de toras de madeira empilhada é fácil se concluir que sempre existirá muita coisa a se cuidar em todas essas operações e equipamentos. Por melhor que seja o método utilizado, deve haver muita responsabilidade por parte das pessoas que operam os sistemas e constantes aferições de todos os componentes que possam de alguma maneira causar influência nos resultados.

Para minimizar erros e desconfiças, esses procedimentos devem ser rigorosamente obedecidos, registrados, calibrados, aferidos e auditados. As partes interessadas devem ser esclarecidas, informadas e convidadas a dialogar, observar e aprender sobre eles.

Ao encerrar esse texto, convido-os para navegação em algumas literaturas cuidadosamente selecionadas para seu conhecimento e leitura. Visitem a seguir nossa seleção de artigos, palestras, teses e websites referenciados sobre esse tema de vital importância para o setor de base florestal.

Referências e sugestões para leitura e navegação:

Medições estranhas: Dendrometria. Montini. IPÊM-SP. Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo. Acesso em 21.10.2015:

<https://ipemsp.wordpress.com/2012/02/28/medicoes-estranhas-dendrometria/>

Cubagem de madeira. A.I. Mossmann; J.M. Maldaner; S. Blaszkak. UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Acesso em 20.10.2015:

<http://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/modelagem/cubagem/>

Timber Measurement Society. Acesso em 20.10.2015:

<http://www.timbermeasure.com/> (Website institucional – em Inglês)

http://www.timbermeasure.com/CDA_2012/8-Fonseca.pdf ("Measuring pulp logs and biomass" – em Inglês)

http://www.timbermeasure.com/Reno/christian_paccot1.pdf ("Review of various wood measurement methods" – em Inglês)

http://www.timbermeasure.com/CDA_2012/1-Atterbury.pdf ("How can we measure trees and logs for more useful information" – em Inglês)

http://www.timbermeasure.com/Portland_2010/7_Baylous.pdf ("Measuring logs on trucks" – em Inglês)

http://www.timbermeasure.com/CDA_2015/Palma.pdf ("How logmeter measures wood" – em Inglês)

http://www.timbermeasure.com/Portland_2010/9_Angel.pdf ("WoodTech measurements" – Angel, 2010 - em Inglês)

http://www.timbermeasure.com/Bellingham_2013/Nylinder.pdf ("Pulpwood measurement in Scandinavia" – em Inglês)

WoodTech Measurement Solutions. Acesso em 20.10.2015:

<http://www.woodtechms.com/pt/> (Website institucional)

<http://www.woodtechms.com/pt/proyectos.php> (Casos de sucesso)

http://www.woodtechms.com/pt/SUCCESS%20STORY_Berneck_pt.pdf (Estudo de caso: Berneck)

http://www.woodtechms.com/pt/Success%20Story%20Conpacel%20_pt.pdf (Estudo de caso: Conpacel)

<http://www.woodtechms.com/pt/paperlogmeter4000pt.pdf> (Logmeter na planta Nueva Aldea, Arauco)

<http://www.woodtechms.com/pt/logmeter%204000-4.pdf> (Logmeter)

http://www.woodtechms.com/pt/SUCCESS%20STORY_Nueva%20Aldea_pt.pdf (Estudo de caso: Arauco Nueva Aldea)

http://www.woodtechms.com/pt/Caso%20de%20Sucesso_Celulosa%20Argentina.pdf (Estudo de caso: Celulosa Argentina)

Qualidade da madeira do eucalipto - Reflexões acerca da utilização da densidade básica como indicador de qualidade da madeira no setor de base florestal. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 41. 199 pp. (2015)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41_Densidade_Basica_Madeira.pdf

Qualidade da madeira do eucalipto - Acerca dos acertos e erros na utilização da densidade básica como indicador de qualidade de madeiras. C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 42. 177 pp. (2015)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT42_Densidade_Basica_Acertos&Erros.pdf

Cálculos, problemas e balanços aplicados ao setor de produção de celulose e papel de eucalipto: *Parte 01: Uma centena de exemplos sobre qualidade e suprimento de madeira e processo de fabricação de celulose (Linha de fibras).* C. Foelkel. Eucalyptus Online Book. Capítulo nº 38. 177 pp. (2015)

http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT38_Calculos_Setor_Madeira_Celulose.pdf

INMETRO decide não regulamentar os instrumentos de medição de madeira roliça. SISLOR – Florestar Estatístico. (2015)

<http://www.sisflor.org.br/noticia/mostranoticia.asp?par=1212>

Dificuldade em calcular volume de madeira pode trazer perdas na comercialização. G. Borsari. RuralCentro. (2015)

<http://ruralcentro.uol.com.br/analises/dificuldade-em-calcular-volume-de-madeira-pode-trazer-perdas-na-comercializacao-4973>

Cálculo do volume de madeira. RuralCentro. (2014)

<http://ruralcentro.uol.com.br/noticias/calculo-de-volume-de-madeira-76734>

Estimação do volume de madeira empilhada utilizando imagens digitais e redes neurais. D.P. Silveira. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 66 pp. (2014)

http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/13258/dissertacao_Daniel%20de%20Paula%20Silveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Como calcular os metros cúbicos de madeira sólida numa pilha de madeira. ENVALMA – Engenharia Aplicada à Valorização da Madeira. 15 pp. (2014)

http://www.envalma.com/wa_files/Nota_20T_C3_A9cnica_203-Metros_20Cubicos_20x_20Metro_20Estereo.pdf

Guia para medição de produtos e subprodutos florestais madeireiros das concessões florestais. SFB – Serviço Florestal Brasileiro. 48 pp. (2012)

http://www.florestal.gov.br/index.php?option=com_k2&view=item&task=download&id=134

INMETRO busca regulamentação para medição da madeira roliça em toretes. C. Menegon. Portal Cris Menegon. (2012)

<http://www.crismenegon.com.br/portal/agronegocio/1130-inmetro-busca-regulamentacao-para-medicao-da-madeira-rolica-em-toretas.html>

Medição de madeira roliça. T.B. Machado. INMETRO. Apresentação em PowerPoint: 09 slides. (2011)

http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Florestas_plantadas/13RO/App_Medi%C3%A7%C3%A3o_Florestas.pdf

Aplicação da metodologia *design for seis sigma*, na implantação do projeto logmeter ® (sistema de medição de madeira), em uma empresa de grande porte de celulose e papel no Brasil. A. Almeida. Trabalho de Conclusão de Curso. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 39 pp. (2011)

<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/32572/ALMEIDA,%20ARTUR%20DE.pdf?sequence=1>

Dendrometria e inventário. LCF-1581 – Aula 06. ESALQ-USP. Apresentação em PowerPoint: 67 slides. (2010)

<http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:syllabvs:lcf1581:aula6.pdf>

Desenvolvimento de metodologia para a obtenção da cubicagem de madeira em toras empilhadas através de imagens digitais. V.C. Araújo. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESP-Itapeva. 53 pp. (2010)

http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/118102/araujo_vc_tcc_itap.pdf?sequencia=1

Sobre sistemas de medição de volume de madeira baseados em mapeamento de superfície. R.C.S. Machado; L.F.R.C. Carmo; B.G. Dias; R.F. Lazari. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 14 pp. (2010)

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_113_739_16347.pdf

Comparação do fator de empilhamento sob diferentes condições para madeira de *Eucalyptus grandis*. G.S. Lisboa; A.N. Dias; A.F. Valério; R. Silvestre. *Ambiência* 5(1): 81 – 91. (2009)

<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/download/230/323>

Eucatex: método para medir volume de madeira. E. Branco. *Madeira Total*. (2007)

<http://www.madeiratotal.com.br/noticia.php?id=8348>

Modelagem no ensino médio: cubagem de madeira. L.G.K.M. Amorim; M.M. Pereira; R.S.M. Jafelice. *FAMT em Revista* 9: 301 – 218. (2007)

<http://www.educacional.com.br/upload/blogsite/9468/9468082/26869/cubagem-madeira8720129554.pdf>

Fator de cubicação para madeira empilhada de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, com toretes de dois comprimentos, e sua variação com o tempo de exposição ao ambiente. M.V. Barros. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. 103 pp. (2006)

http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/10/TDE-2007-02-26T084018Z-404/Publico/Dissertacao.pdf

e

http://coral.ufsm.br/ppgef/pdf/DM/DM_Marcos_Vinicios_Barros.pdf

Determinação do volume de madeira empilhada através de processamento de imagens digitais. M.C. Silva; V.P. Soares; F.A.C. Pinto; C.P.B. Soares; C.A.A.S. Ribeiro. *Scientia Forestalis* 69: 104 – 114. (2005)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr69/cap09.pdf>

Dendrometria e inventário florestal. U.S. Cunha. Apostila. Escola Agrotécnica Federal de Manaus. 61 pp. (2004)

<https://engenhariaflorestal.jatai.ufg.br/up/284/o/dendroinv.pdf>

Determinação de fatores de empilhamento através de fotografias digitais. C.P.B. Soares; J.C. Ribeiro; M.B. Nascimento Filho; J.C.L. Ribeiro. Revista *Árvore* 27(4): 473 - 479. (2003)

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n4/a07v27n4.pdf>

Determinação de fatores de empilhamento através do software Digitora. A. Bertola; C.P.B. Soares; H.G. Leite; A.L. Souza. Revista *Árvore* 27(6): 837 - 844. (2003)

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n6/a10v27n6>

Determinação do volume de madeira empilhada através do processamento de imagens digitais. M.C. Silva. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 85 pp. (2003)

<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/ciencia%20florestal/2003/186634f.pdf>

Uso de fotografias digitais para quantificar o volume sólido de madeira empilhada. A. Bertola. Dissertação de Mestrado. UFV - Universidade Federal de Viçosa. 64 pp. (2002)

http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2307/Disserta%3%a7ao_Alexandre-Bertola.PDF?sequence=1&isAllowed=y

O Estéreo. J.L.F. Batista; H.T.Z. Couto. ESALQ-USP. METRVM 2. 16 pp. (2002)

<http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:metrvm:metrvm-2002-n02.pdf>

Portaria nº 130, de 07 de dezembro de 1999. INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. 03 pp. (1999)

<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000612.pdf>

Análise do comportamento dos fatores de empilhamento para *Eucalyptus grandis*. F. Paula Neto; A.V. Rezende; J.C.C. Campos; J.L.P. Rezende. Revista *Árvore* 17(1): 45 - 59. (1993)

https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=xoSAAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA45&dq=%22madeira+empilhada%22&ots=BaqUyJBvS0&sig=BoUqZrMjgGvDFRwmKQ_KmHMWH0c#v=onepage&q=%22madeira%20empilhada%22&f=false

Equações de fatores de empilhamento e tabelas de volumes em metros estere para árvores individuais. F. Paula Neto; A.V. Rezende. Revista *Árvore* 16(1): 59 - 71. (1992)

https://books.google.com.br/books?id=f0OaAAAAIAAJ&pg=PA73&lpg=PA73&dq=%22madeira+empilhada%22&source=bl&ots=736vpc5vMj&sig=fQ5Nau_HfDb-Blo0S9DnCNj0Lho&hl=pt-BR&sa=X&ved=0CD4Q6AEwBzgoahUKEwj1OaMytPIAhVGTJAKHZGjBBM#v=onepage&q=%22madeira%20empilhada%22&f=false

Estudo do comportamento dos fatores de empilhamento de *Eucalyptus grandis* em função do tempo de secagem dos toros nas pilhas. A.V. Rezende; F. Paula Neto. Revista Árvore 15(3): 274 – 284. (1991)

https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=6nuaAAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA274&dq=%22madeira+empilhada%22&ots=CULB88Lk-a&sig=jEI9bvbXl6O_0SmP861Qxkm4d2I#v=onepage&q=%22madeira%20empilhada%22&f=false

Interface recebimento de madeira x produção de polpa: Estabelecimento de relações práticas sobre índices de qualidade. C.A. Busnardo; S. Menochelli; J.V. Gonzaga; R.A. Rostirolla. 22º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 22 pp. (1989)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/04%20Busnardo%20e%20coworkers.pdf>

e

http://www.eucalyptus.com.br/artigos/Interface_madeira_fator_empilhamento_eucalipto.pdf

Mensuração e gerenciamento de pequenas florestas. H.T.Z. Couto; J.L.F. Batista; L.C.E. Rodrigues. IPEF Documentos Florestais 5. 36 pp. (1989)

<http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/cap5.pdf>

Fator de empilhamento para plantações de eucalipto no estado de São Paulo. H.T.Z. Couto; N.L.M. Bastos. IPEF 38: 23 – 27. (1988)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr38/cap03.pdf>

Sobre métodos de obtenção do volume de toras de madeira. R.Z.G. Oliveira; C. Garcia. Revista do Professor de Matemática 10(83): 10 – 15. (S/D: Sem referência de data)

<http://rpm.org.br/rpm/img/conteudo/files/RPM%20%2083%20-%20Sobre%20metdos%20de%20obteno%20do%20volume%20de%20toras%20de%20madeira.pdf>

Medição da madeira. P. Bohm. UNIUV. Centro Universitário. União da Vitória. Curso Engenharia Industrial da Madeira. 14 pp. (S/D: Sem referência de data)

<http://engmadeira.yolasite.com/resources/Media%C3%A7%C3%A3o%20da%20Madeira.pdf>

Medição da madeira. U. Klock. UFPR – Universidade Federal do Paraná. Engenharia Industrial Madeireira. Apresentação em PowerPoint: 79 slides. (S/D: Sem referência de data)

<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/introduengmad/medicao2013.pdf>

Determinação da densidade de sólidos pelo método de Arquimedes. I.O. Mazali. LQES – UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. 11pp. (S/D: Sem referência de data)

http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_meprotec_densidade_arquimedes.pdf

Mecânica – hidrostática. Princípio de Arquimedes: Empuxo. D.A. Brissi. 04 pp. (S/D: Sem referência de data)

<http://www.deidimar.com.br/educacao/saladeaula/fisica/exercicios/listasdeexercicios/empuxo.pdf>

Diversas portarias e informes sobre medição de toras do INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000597.pdf>

<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000612.pdf>

<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001434.pdf>

<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001727.pdf>

<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/boletins/info0001.pdf>

Imagens Google e Bing sobre “Medição da Madeira na Forma de Toras Empilhadas”

https://www.google.com.br/search?hl=pt-BR&site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1093&bih=479&q=%E2%80%9CMedi%C3%A7%C3%A3o+da+Madeira+na+Forma+de+Toras+Empilhadas%E2%80%9D&oq=%E2%80%9CMedi%C3%A7%C3%A3o+da+Madeira+na+Forma+de+Toras+Empilhadas%E2%80%9D&gs_l=img.12...1865.1865.0.5320.1.1.0.0.0.100.100.0j1.1.0.ecynfh...0...1..64.img..1.0.0.2BrDE5qMFBw (Imagens Google: “Medição da madeira na forma de toras empilhadas”)

e

<http://www.bing.com/images/search?q=Medi%C3%A7%C3%A3o%20da%20madeira%20na%20forma%20de%20toras%20empilhadas&q&qs=n&form=QBIR&pq=medi%C3%A7%C3%A3o%20da%20madeira%20na%20forma%20de%20toras%20empilhadas&sc=0-0&sp=-1&sk=>

(Imagens Bing: “Medição da madeira na forma de toras empilhadas”)



Eucalyptus Newsletter é um informativo técnico orientado para ser de grande aplicabilidade a seus leitores, com artigos e informações acerca de tecnologias florestais e industriais sobre os eucaliptos
Coordenador e Redator Técnico - Celso Foelkel
Editoração - Alessandra Foelkel (webmaster@celso-foelkel.com.br)
GRAU CELSIUS: Tel. (51) 9947-5999
Copyrights © 2012- 2016 - celso@celso-foelkel.com.br

Essa **Eucalyptus Newsletter** é uma realização da **Grau Celsius**. As opiniões expressas nos artigos redigidos por Celso Foelkel, Ester Foelkel e autores convidados, bem como os conteúdos dos websites recomendados para leitura não expressam necessariamente as opiniões dos apoiadores, facilitadores e patrocinadores.

Caso você tenha interesse em **conhecer mais sobre a Eucalyptus Newsletter** e suas edições, por favor visite:
<http://www.eucalyptus.com.br/newsletter.html>

Descadastramento: Caso você **não queira continuar recebendo** a Eucalyptus Newsletter, o Eucalyptus Online Book e a PinusLetter, envie um e-mail para: webmanager@celso-foelkel.com.br

Caso esteja interessado em **apoiar ou patrocinar** as edições da Eucalyptus Newsletter, da PinusLetter, bem como os capítulos do Eucalyptus Online Book - [click aqui](#) - para saber maiores informações

Caso queira se **cadastrar** para passar a receber as próximas edições dirija-se a:
<http://www.eucalyptus.com.br/cadastro.html>
