



## Eucalyptus Online Book & Newsletter

*Extraído de:*

### **Eucalyptus Newsletter nº 51 – Julho de 2016**

#### **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**



**CENIBRA – Celulose Nipo Brasileira**



**CMPC Celulose Riograndense**



**IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores**



**Klabin**



**Lwarcel Celulose**



**Solenis**



**Stora Enso Brasil**



**Suzano Papel e Celulose**





### Artigo Técnico por Celso Foelkel



Pilhas de madeira e biomassa dispostas na beira da estrada florestal para secagem ao ar



Resíduos da colheita secando sobre o solo do talhão florestal

### Secagem na Floresta e ao Ar Livre de Toras e Biomassa de Eucalipto

A água está presente em todos os tipos de biomassas vivas, pois ela é inquestionavelmente essencial para todos os seres vivos do planeta.

Quando qualquer tipo de vegetal é colhido para consumo, ele traz consigo a água de sua constituição estrutural, sendo que essa quantidade de água que está nele presente pode ser determinada como teor de umidade. Existem diversos procedimentos e metodologias para realizar o ensaio de teor de umidade, sendo

que a principal diferença na expressão dos resultados diz respeito à base referencial para os cálculos. Pode-se determinar o teor de umidade com base no peso úmido inicial do material, ou com base no peso seco do mesmo material após ter sido extraída toda a água por secagem em estufa. Ambos os métodos dão válidos e se relacionam um com o outro, bastando alguns ajustes nos cálculos matemáticos.

Alguns setores usuários de madeira preferem referenciar a umidade com base no peso úmido inicial tal qual da amostra: é o caso do setor de celulose e papel. Outros setores, mesmo dentro da base florestal, dão preferência ao cálculo com base no peso seco do material sendo analisado, ou base peso anidro. São exemplos disso: setor de desdobro da madeira em serrarias e setor de chapas e painéis de madeira.

Em função dessas diferenças de modo de se calcular e expressar o teor de umidade há que se tomarem enormes cuidados e se colocar grande atenção ao se deparar com resultados de teor de umidade em artigos, teses, especificações de materiais e em outros tipos de literaturas. Há que se ficar muito claro sobre qual tipo de base os resultados estão sendo apresentados.

Apenas para clarear o fato na forma de um exemplo: vamos considerar o caso de se dispor de uma peça de madeira que tenha um peso úmido de 100 gramas e um peso absolutamente seco (em estufa até peso seco constante) de 50 gramas. Fácil se perceber que a diferença entre o peso úmido e o peso absolutamente seco corresponde ao peso de água presente na madeira. O teor de umidade dessa peça com base no peso úmido inicial é facilmente calculado como sendo de 50%. Entretanto, se o teor de umidade for referenciado ao peso absolutamente seco do material, esse teor de umidade será agora calculado como sendo de 100%. São, portanto, valores muito diferentes que precisam ser claramente entendidos desde que nos deparemos com expressões dos teores de umidade de biomassas florestais.

Um exemplo clássico que pode ser dado a título de entendimento dessas diferenças diz respeito ao teor de umidade da madeira no que se denomina de "PSF - Ponto de Saturação das Fibras". Esse ponto é aquele em que a madeira atinge uma situação onde não há mais água livre e capilar em sua constituição, ficando nela apenas a água de adesão, ou seja, a que está aderida às paredes por forças eletrostáticas. A literatura sempre se refere que o teor de umidade no ponto de saturação das fibras se encontra entre 25 a 32% na determinação base peso anidro ou base seca. Vamos considerar em nosso exemplo que o teor de umidade de uma madeira no seu PSF seja 25% medido em base anidra. Quando esse teor de 25% base absolutamente seca for referenciado ao peso úmido inicial e não à base seca, esse valor de teor de umidade passa a ser de 20% e não mais 25%. É a mesma quantidade de água por peso seco de madeira, mas as diferenças nas matemáticas de cálculo acabam por resultar em valores diferentes para a mesma coisa.

Conhecidas as diferenças de maneiras de se calcular e referenciar o teor de umidade, podemos melhor entender o que os autores e os técnicos que trabalham com o assunto pretendem nos mostrar, ou em outras situações, em nos especificar ou exigir.

O teor de umidade é uma das mais importantes propriedades da madeira e de outros tipos de biomassa, seja para fins energéticos diretos ou de consumo industrial para fabricação de móveis, tábuas, painéis de madeira, carvão vegetal, etc. Isso é principalmente válido para a madeira e para outros tipos de biomassas florestais, como casca e resíduos industriais ou da colheita florestal. Dentre as utilizações da madeira, a de uso direto como biomassa energética é a que mais exige que o teor de umidade seja muito bem controlado, pois a água presente na biomassa energética interfere não apenas no peso tal qual do material, mas também na quantidade útil de energia que pode ser disponibilizada pela combustão direta do material biomássico.

Quanto maior for a quantidade percentual de água na biomassa energética, pior será o seu desempenho como biocombustível. Isso se deve ao fato de que a água presente na biomassa exigirá consumo de calor para se aquecer e para evaporar, sendo que essa energia deverá ser fornecida a partir do poder calorífico dessa própria biomassa. Ou seja, a água causará uma espécie de sangria energética na capacidade de geração de calor da biomassa combustível.

Diversas outras utilizações industriais também dependem do teor de umidade dos materiais lenhosos: é o caso do desdobro de toras de madeira em tábuas que devem ter um nível de umidade controlada para manter sua estabilidade dimensional; ou de painéis de madeira utilizados na confecção de móveis, etc.

Algumas utilizações industriais são mais tolerantes em relação às variações no teor de umidade, como é o caso do setor de fabricação de celulose kraft, onde cavacos de madeira são impregnados com licóres alcalinos de cozimento, sendo que isso pode acontecer em diferentes e variados teores de umidade.



Biomassas florestais secando ao ar livre nas florestas

Independentemente se o processo de conversão industrial privilegia ou não o teor de umidade da madeira como uma característica importante, todos os setores da base florestal valorizam o teor de umidade das toras e das biomassas florestais por causa da logística florestal. Quanto mais úmida for a madeira ou a biomassa florestal, mais pesada ela poderá ser por unidade de volume, e com isso, demandará mais recursos e mais energia para ser manuseada, transportada e estocada.

Em praticamente todas as empresas industriais, quando se desejar acompanhar o processo industrial com base em balanços mássicos e energéticos, a base referencial sempre deverá ser o peso seco da matéria-prima, uma vez que essa é a base que não se altera pela entrada ou saída de água nos processos. Em todos os casos, a água é um acessório que pode ser em maior ou menor quantidade para acompanhar um mesmo peso seco de matéria-prima florestal.

Dessa forma, a água da madeira e da biomassa florestal pode agregar peso e encarecer os processos logísticos florestais. Outras vezes, a água da madeira também agregará custos nos processos industriais de conversão, pois ela vai ter que ser evaporada por secagem. É o caso da secagem de tábuas de madeira, de peças de madeira em carbonização ou de partículas de madeira para produção de painéis MDF ou MDP.

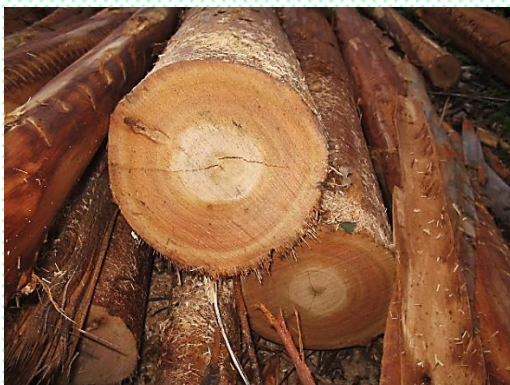
O teor de umidade pode inclusive resultar em perdas de produção e de produtividade em fábricas que apresentem restrições ou gargalos operacionais. Quando uma fábrica possuir limites restritivos de teores de umidade nos produtos prontos ou semi-prontos, caso a umidade inicial da madeira for alta, a fábrica poderá ter que eventualmente reduzir sua produção para manter as especificações nesses produtos, exatamente por limitações em seus equipamentos secadores.

O teor de umidade pode ser também muito importante quando a madeira ou a biomassa florestal forem comercializadas em peso tal qual desses materiais. Quanto mais umidade contiver esses materiais, maiores serão os pesos tais quais dos mesmos para uma mesma base de peso absolutamente seco. Como esses pesos podem ser utilizados em processos de pagamento na comercialização de madeira ou de biomassa, pode-se facilmente perceber a importância que terá o teor de umidade para essas matérias-primas.



Apesar de muito se falar em água da madeira e na biomassa florestal, quando nos referimos à água estamos na verdade falando sobre os dois tipos de seivas que circulam nas plantas: seiva bruta ou seiva mineral que circula pelo lenho, xilema ou madeira propriamente dita; seiva orgânica ou seiva elaborada, rica em materiais orgânicos sintetizados pelas folhas em seus processos metabólicos e que circula pela casca das plantas.

Uma árvore é muito rica em água (ou em seivas), quando ela está viva e ativa. Quando ela é abatida, seu teor de umidade é muito alto e pode variar entre 50 a 60%, em base peso úmido. Já a biomassa da casca pode ter valores mais variados no abate das árvores, tudo dependendo do tipo de casca que existir no vegetal. A casca externa das árvores é mais seca, pois pode conter muito súber e por estar morta. Já a casca interna é muito úmida, viva e ativa, com teores de umidade que podem atingir 65 a 70%, em base peso úmido. É por ela que circula a rica seiva elaborada e orgânica.



Para fins de exemplificação, vamos considerar duas situações onde as toras de madeira de eucalipto possuem valores distintos de densidade básica e de teor de umidade ao abate. Isso pode facilmente acontecer devido às diferenças exatamente na densidade básica do xilema. Madeiras mais densas possuem menores níveis de porosidade em sua estrutura; ou seja, possuem menos espaços vazios para abrigar água (ou seiva) como umidade. Por essa razão, as madeiras leves e de baixa densidade básica costumam ter teores de umidade iniciais (ao abate na colheita)

maiores do que as madeiras mais densas. Isso também acontece no chamado teor de máxima saturação (ou no MTU – Máximo Teor de Umidade), quando a madeira se encontra na máxima umidade por ter todos os espaços de sua porosidade preenchidos com água.

Vejamos então as duas situações propostas:

#### Situação 1:

- Madeira de eucalipto com densidade básica de  $0,45 \text{ t/m}^3$
- Teor de umidade em base úmida no máximo teor de umidade = 61%
- Teor de umidade ao abate da árvore = 56%

#### Situação 2:

- Madeira de eucalipto com densidade básica de  $0,53 \text{ t/m}^3$
- Teor de umidade em base úmida no máximo teor de umidade = 55%
- Teor de umidade ao abate da árvore = 50,5%

Peso médio ao abate de  $1 \text{ m}^3$  de toras de madeira de eucalipto isentas de casca:

Situação 1 = 1,023 t úmidas (0,45 t madeira seca e 0,573 t água)

Situação 2 = 1,071 t úmidas (0,53 t madeira seca e 0,541 t água)

Logo que as árvores de eucalipto são abatidas, a água escorre livremente pelas seções transversais recém-criadas no seccionamento das árvores em toras. O teor de umidade decresce muito rapidamente, apenas pela ação da força da gravidade e da pressão atmosférica, "que expulsam água para fora das toras".

Nesse momento, as madeiras mais leves e menos densas perdem muito mais água do que as mais densas. Logo, madeiras de baixa densidade mostram velocidades ou taxas de secagem inicialmente muito mais rápidas do que as mostradas pelas madeiras mais densas.

Durante o armazenamento ao ar livre, o teor de umidade das madeiras se reduz rapidamente no início e depois tende a reduzir mais vagorosamente até a estabilização de equilíbrio em cerca de 8% a 20% de umidade base seca (ou cerca de 7,5 a 16,7% em base úmida), que é a chamada umidade de equilíbrio da madeira em relação ao ambiente onde ela esteja secando.

Em geral, a partir dos 30 a 45 dias secando ao ar livre no campo os teores de umidade tanto das madeiras mais leves como das madeiras mais densas começam a ficarem semelhantes e próximos a 35 a 40%. Em geral, deixa-se a madeira secando no campo até valores de umidade entre 25 a 45% em base úmida, para então se transportá-la para as unidades consumidoras. Os tempos de secagem variarão em função de inúmeros fatores que serão vistos mais adiante.

Vamos agora admitir em nosso exemplo numérico que as madeiras das situações 1 e 2 sejam deixadas secando ao ar livre até atingirem teor de umidade de 30%, em base peso úmido, para ambas as situações. Nesses momentos, que podem ser distintos em termos de tempos de secagem, teremos os seguintes pesos úmidos tais quais para os dois tipos de madeiras de eucalipto:

Situação 1 = 643 kg (peso úmido tal qual a 30% Teor de Umidade)

Situação 2 = 757 kg (peso úmido tal qual a 30% Teor de Umidade)

Isso significa que para um mesmo teor de umidade, as toras de madeira mais densas deverão pesar mais do que as madeiras mais leves. Isso é fácil se entender, pois as madeiras mais densas terão no mesmo teor de umidade de 30%, mais matéria seca e mais água em sua estrutura.

Situação 1 = 643 kg (450 kg de madeira seca + 193 kg de água)

Situação 2 = 757 kg (530 kg de madeira seca + 227 kg de água)

As perdas de água pelas duas madeiras em relação ao que continham no momento do abate foram as seguintes:

Situação 1 =  $573 - 193 = 380$  kg de água removida da madeira/m<sup>3</sup>

Situação 2 =  $541 - 227 = 314$  kg de água removida da madeira/m<sup>3</sup>

Estamos aqui admitindo nesses cálculos que não aconteceram modificações nos pesos secos das madeiras em função de deteriorações ou volatilizações. Essa perda de peso seco costuma acontecer, mas em proporções percentuais muito pequenas para esses curtos espaços de tempo.



Em geral, as toras de árvores abatidas de eucalipto permanecem secando ao ar livre na área florestal com a finalidade de perderem peso para redução dos custos com a logística de manuseio, transporte e estocagem. Porém, essa razão, embora muito importante, não é a única.

Em geral, existem duas razões fundamentais para se proceder a essa secagem no campo:

- Redução do peso de cada unidade de volume de toras a ser transportada, pois o peso maior significa maiores custos em logística, por aumento dos consumos de combustível, necessidade de máquinas mais robustas, etc.;
- Possibilidade de se transportar maior volume de madeira por carga de caminhão, pois existem restrições em peso de balança por eixo dos veículos conforme a legislação rodoviária brasileira.

Quando a biomassa florestal ou as toras são recebidas nas fábricas, após um tempo de pós-corte no campo para perderem água, elas também sofreram outras

modificações, entre as quais a contração volumétrica. São madeiras desse tipo que adentram às fábricas e não madeiras saturadas e encharcadas em água.

Sabemos que definitivamente existe uma contração volumétrica da madeira entre o momento da colheita florestal e o recebimento das toras previamente secadas no campo.

O tempo de permanência das toras para secagem natural na floresta pode variar entre 30 a 90 dias, no máximo 120 dias. Esse tempo é função da velocidade de perda de umidade, das condições climáticas, das limitações impostas em peso da carga para transporte rodoviário, das exigências em teor de umidade pelo processo industrial e de necessidades de tempo pós-corte para degradação biológica e oxidação natural de alguns tipos de extrativos da madeira.

Apesar de a contração volumétrica das toras poder atingir valores acima de 15% (ou mais) para secagens drásticas, para as condições de secagem natural até 30 a 45% de umidade base peso úmido, a contração volumétrica corresponderá a valores entre 3 a 6%. Concomitantemente, acontecerá alguma perda de material do peso seco da madeira (por biodeterioração e volatilização de extrativos). Essas perdas de peso são maiores na casca, pois os açúcares da mesma continuam sendo utilizados pelas células vivas nela ainda presentes, mesmo depois da colheita das árvores.

Em termos percentuais, a perda de peso seco (ou de matéria orgânica) é menor do que a contração da madeira. Estimam-se perdas de peso seco (ou de matéria) durante o período pós-corte de valores entre 0,5 a 1,5%, dependendo do tempo e das condições ambientais do armazenamento da madeira.

Conhecendo-se isso tudo, pode-se perfeitamente se entender que quanto mais tempo a madeira ficar descansando no campo para perder peso atual, menor será o volume de toras (por contração volumétrica) e menor o peso tal qual (por secagem e deterioração) para serem transportados.

Dependendo da intensidade de secagem das toras, a partir de certo momento, as toras começam a rachar e abrir em diâmetro, dando a falsa impressão de aumento de volume de madeira nessas toras. Na verdade, as toras começam a mostrar um falso volume de madeira, apesar de a madeira estar contraída em seu volume real.



Como o volume das toras recebidas pelas fábricas do setor de base florestal é sempre determinado tal qual e não como volume saturado e encharcado de água (como ocorre nos troncos das árvores vivas e em pé), as densidades aparentes (em base peso tal qual e base peso anidro) são indicadores muito mais válidos para aplicações práticas nas fábricas do que a densidade básica da madeira. Principalmente pelo fato de que todos os cálculos de consumo específico de madeira

são feitos nas fábricas com base nesse volume contraído das toras recebidas e que sofreram secagem natural.



A secagem natural ao ar livre causa algumas alterações nas madeiras e biomassas florestais dos eucaliptos:

- Redução do peso tal qual pela perda de água devido à secagem;
- Contração volumétrica das toras e outros tipos de peças de biomassa (cavacos, fragmentos de casca, etc.);
- Perda de extrativos por volatilização e de açúcares por lixiviação ou consumo por células vivas da biomassa;
- Perdas de peso seco por degradação microbológica, especialmente em situações de dias muito úmidos e quentes, que são favoráveis ao crescimento e colonização por fungos xilófagos;
- Alterações na capacidade de reidratação da madeira (em função da histerese sofrida pela biomassa florestal – vide Foelkel – Capítulo 41 do Eucalyptus Online Book, com link na seção de referências de literaturas técnicas);
- Redução da densidade aparente e tal qual da madeira (peso tal qual/volume tal qual – sendo que o volume pode ser sólido ou empilhado);
- Aumento do poder calorífico útil pela gradual perda de água que interfere no peso e na quantidade de energia útil possível de ser obtida do biocombustível.

Muitas vezes, e por desconhecimento das interações entre as diversas propriedades da madeira, alguns gestores florestais acabam cometendo enganos que podem ser custosos para os seus bolsos ou para as empresas onde trabalham.

Por exemplo, é comum se acompanhar o peso tal qual de um determinado volume de madeira para se ter noção da velocidade de secagem e do momento de se parar de secar essa biomassa. Como é muito difícil se medir o teor de umidade corretamente, mas é fácil de medir o peso tal qual, o controle da secagem das toras ou da biomassa costuma ser feito com base no peso tal qual da mesma.

Vamos admitir que um gestor florestal decidisse, em função de sua experiência prática, que deveria secar as toras de madeira até que elas atinjam um peso tal

qual de 650 kg por metro cúbico sólido. Nesse momento, ele interromperia a secagem e mandaria as toras para a fábrica.

Vejam o que aconteceria com o teor de umidade para as duas situações exemplos anteriormente citadas, quando se decidir por prefixar o peso tal qual para encerrar a secagem natural no campo.

Situação 1 – Quando a madeira 1 atingir uma densidade aparente tal qual de 650 kg/m<sup>3</sup> sólido, ela deverá estar com teor de umidade de 30,8%

Situação 2 – Quando a madeira 2 atingir uma densidade aparente tal qual de 650 kg/m<sup>3</sup> sólido, ela deverá estar com teor de umidade de 18,5%

No caso da situação 2, estar-se-ia exigindo uma sobre-secagem desnecessária das toras, aumentando em muito o tempo de secagem no campo. Para as toras de madeira da situação 2 atingirem teor de umidade de 30,8% (similar ao obtido para a situação 1), o peso tal qual do metro cúbico sólido seria de 766 kg, portanto, bastante acima dos 650 kg exigidos pelo nosso gestor florestal.

Em geral, os gestores florestais se referem à variação do peso da biomassa na forma de toras não em relação ao metro cúbico sólido, mas em relação ao metro cúbico empilhado das toras (ou metro cúbico estéreo).

Existe uma relação prática que relaciona metro cúbico sólido pelo m<sup>3</sup> estéreo equivalente, que se denomina de fator de cubicação. Esse fator de cubicação é o inverso do chamado fator de empilhamento, que relaciona o volume em metro cúbico estéreo pelo volume em metro cúbico sólido.

Tanto o fator de cubicação como o de empilhamento podem ser afetados pela secagem natural das toras de madeira, com ou sem casca. Isso se deve à contração volumétrica da madeira, que acontece em valores variáveis entre 3 a 6% nas condições usuais para esse tipo e tempo de secagem natural no campo.

As alterações nesses fatores precisam ser acompanhadas, pois esses índices são importantes nas previsões e projeções de demandas e consumos de madeira pelas fábricas. A secagem das toras provoca pequenas alterações nesses fatores, sendo que as alterações aumentam em proporção conforme o tempo de secagem se prolonga e conforme tenhamos condições mais drásticas de secagem das toras (como baixas umidades relativas do ar e altas temperaturas ambientais).

Quando se medem os volumes empilhados de toras produzidas de árvores recém-abatidas, a tendência é se terem valores maiores de volume empilhado. Conforme as toras vão secando, passa a ocorrer a contração volumétrica e o volume empilhado diminui devido a isso. Entretanto, quando a secagem se prolongar até o ponto onde as toras começam a rachar em seu diâmetro, ocorre um aumento do volume empilhado pelo falso aumento do diâmetro das toras em função das rachaduras.

Enfim amigos, existe muita coisa a conhecer, monitorar e avaliar sobre esse tema, concordam? Na prática, as coisas não são tão simples como costumam ser mostradas em muitos textos técnicos.

Dessa forma, a seguir tomo a liberdade de lhes apresentar uma série de fatores que podem afetar a secagem das toras e da biomassa florestal, causando variações na velocidade com que a água deixa esses materiais, quando os mesmos são deixados secando naturalmente ao ar livre nas florestas ou nos pátios de estocagem de biomassa florestal.

1. Presença ou não de casca nas toras: o descascamento das toras promove aceleração da secagem, pois a casca forma uma espécie de vestimenta que

dificulta a migração da água do interior das toras para o ambiente circunvizinho.

2. Diâmetro das toras: as toras de maiores diâmetros têm maiores dificuldades para secagem natural, pois a migração da água das partes mais internas da biomassa para a superfície das toras ou peças de madeira é dificultada e toma mais tempo.
3. Comprimento das toras: as toras mais longas tomam mais tempo para secagem natural, pelas mesmas razões atribuídas no item anterior.
4. Altura, largura e comprimento das pilhas de toras: pilhas mais altas, mais largas e mais compridas demoram mais para perder água, em função das dificuldades de acesso de calor, ventos, evaporação da água, etc.
5. Localização e posicionamento das toras nas pilhas: as toras mais próximas ao solo costumam ser mais úmidas do que as toras de cima das pilhas, mesmo se levando em conta que as chuvas caem mais sobre as toras de cima. Acontece que o solo úmido tem papel fundamental em suprir umidade às toras, mesmo em dias de alta insolação.
6. Empilhamento das toras: toras mal empilhadas com grande presença de gaiolas secam mais rapidamente, pois as superfícies de troca térmica e de troca de gases aumentam. Portanto, o maior espaçamento entre as peças de madeira favorece a secagem por melhorar a capacidade de trocas.
7. Localização, direção e espaçamento entre as pilhas de madeira: Quanto mais espaçadas forem as pilhas, maiores serão as facilidades para se perder água por secagem natural. São vitais também: a localização das pilhas em relação à insolação, às áreas sombreadas, à direção dos ventos e à direção da movimentação solar.
8. Densidade básica da madeira:

A densidade básica da madeira apresenta alta correlação inversa com a quantidade de água que a madeira possa conter em seu interior. As madeiras mais densas possuem menores velocidades ou taxas de secagem do que as madeiras mais leves, pois as madeiras densas possuem menos água e muito mais obstáculos na forma de paredes celulares que dificultam o trânsito dessa água dentro da madeira.

Alguns autores costumam inclusive estabelecer equações preditivas do teor de umidade em relação à densidade básica da madeira. Essas equações são muito mais apropriadas para a secagem da madeira em estufas, com condições controladas. São menos preditivas para a secagem natural ao ar livre, em função dos muitos efeitos sobre a perda de água, em especial os climáticos.

9. Tipos de madeira: são inúmeros os fatores referentes à qualidade e tipo de madeira que podem afetar a velocidade de secagem, além da recém-mencionada densidade básica da madeira. Dentre esses fatores de tipo de madeira destacam-se: espécie florestal; idade da árvore; características do clone de eucalipto; estrutura e anatomia da madeira; composição química da madeira; nível de degradação da madeira; presença de defeitos como nós, grã espiralada, etc.; porosidade capilar; proporção cerne/alburno; presença de tiloses no cerne; etc.

Os defeitos da madeira podem favorecer a saída de água (exemplo: rachaduras) ou prejudicar (exemplos: nós e grã espiralada). O nível de deterioração afeta a capacidade de reidratação das peças de madeira, enquanto a composição química se relaciona à hidrofobicidade ou à hidrofobicidade da biomassa lenhosa.

10. Tipos de biomassa: existem variações em velocidade de secagem entre madeiras, cascas, galhos, tocos e raízes, folhas, etc.
11. Teor de umidade no qual a madeira se encontra: as madeiras mais úmidas secam mais rapidamente; enquanto as madeiras muito secas (abaixo do ponto de saturação das fibras) têm muito maior dificuldade em serem reidratadas pelas chuvas ou pelo contato com o solo úmido.
12. Fatores climáticos: intensidade e direção dos ventos, chuvas, temperaturas, umidades relativas do ar, nível de insolação – todos esses fatores são promotores ou dificultadores da secagem natural das biomassas florestais. As regiões ou épocas quentes, secas e ventosas colaboram para aceleração da secagem natural. Já se a situação climática for fria, úmida e com poucos ventos, a secagem das toras e das biomassas florestais é mais vagarosa.
13. Barreiras geográficas: algumas barreiras podem causar sombreamento, mudanças de ventilação, etc.
14. Engenharia das fábricas: os mesmos fatores que afetam a secagem das toras e da biomassa florestal no campo florestal também influenciam na continuação dessa secagem nos pátios de estocagem nas fábricas. Por isso, nas fábricas, os fatores aceleradores ou restritores à secagem podem ser potencializados conforme as necessidades da empresa e de seus processos. Isso deve e precisa ser avaliado e contemplado ainda no desenho das instalações; ou seja, a secagem da biomassa nas fábricas começa a ser engenheirada e otimizada nos projetos fabris.
15. Pavimentação dos pátios de estocagem de toras ou de biomassa: pátios pavimentados facilitam a secagem, pois dificultam a migração de água do solo para as biomassas; melhoram a circulação dos ventos para o interior das pilhas, etc., etc.
16. Manejo da colheita florestal:

O tipo e o processo de colheita florestal têm enormes impactos sobre a taxa de secagem da biomassa, pois conforme se procede à colheita, pode-se aumentar ou diminuir o efeito desses inúmeros fatores que influenciam na taxa de secagem da biomassa.

Existem diversos procedimentos que podem ser realizados ou praticados durante a colheita para favorecimento da velocidade de secagem das toras ou da biomassa, tais como:

  - Traçamento das toras em comprimentos mais curtos;
  - Criar pilhas mais baixas e mais curtas e bem dispostas e espaçadas na área, evitando sombreamentos, contatos diretos com o solo, etc.;

- Segregar toras por diâmetro, criando pilhas de toras finas e pilhas de toras de maior diâmetro. Isso é possível ser feito em sistemas de traçamento das árvores na beira da estrada florestal.
- Criar sistemas de monitoramento da taxa de secagem da biomassa florestal, tanto nas florestas como nos pátios de estocagem nas fábricas.

#### 17. Manejo dos resíduos da colheita florestal:

Os resíduos florestais destinados para geração de energia e resultantes da colheita das árvores costumam secar bem mais rapidamente que as toras de madeira. Isso porque correspondem a materiais de menores dimensões, como em seus comprimentos e diâmetros. São os casos das toras finas, galhos, cascas, folhas e até mesmo raízes. Esses materiais costumam ficar espalhados sobre o solo florestal após a colheita, ou amontoados na beira dos talhões, quando o sistema de seccionamento das toras acontece nessa posição nas florestas.

Em geral, esses materiais costumam ter diâmetros de 2 a 5 cm; comprimentos entre 5 a 50 cm e alta heterogeneidade em dimensões e constituições.

Quando se desejar alta velocidade de secagem (secagem em pouco espaço de tempo) o ideal é se planejar muito bem a forma de se espalhar, remover e armazenar esses materiais residuais nas florestas. A secagem de resíduos espalhados na floresta pode ser bem conduzida e com resultados muito satisfatórios em períodos de 30 a 45 dias, mais isso depende também das condições climáticas.

Pilhas altas e desorganizadas desses resíduos são completamente desaconselháveis.

A secagem dos resíduos na própria floresta permite que grande parte das folhas acabe caindo ao solo e com isso, podem ser minimizados os efeitos de perdas de nutrientes vitais como do nitrogênio.

#### 18. Medições adequadas e confiáveis dos teores de umidade:

Um dos maiores problemas a ser resolvido pelos gestores florestais que desejem acompanhar a secagem das toras de madeira ou da biomassa florestal em seu processo de secagem natural nas florestas é exatamente o processo de medir de forma confiável e correta esses teores de umidade. Não são apenas os processos de medição do teor de umidade que são problemáticos, mas principalmente os processos de se obterem amostras representativas e em número adequado dos materiais a serem avaliados.

Como existem tantos fatores influenciadores do processo de secagem e todos ocorrendo ao mesmo tempo, é muito difícil a obtenção prática de amostras representativas. Também a dimensão da atividade florestal, que ocorre em dezenas de talhões e hortos situados em muitas localidades distintas, afeta e complica muito esse processo de amostragem representativa.

Além disso, até agora existem muitas desconfianças sobre a qualidade das medições diretas dos teores de umidade das biomassas por medidores baseados em sistemas elétricos capacitivos ou resistivos.

Dessa forma, não basta se colherem algumas amostras ao acaso para se medir a umidade de algumas toras, cavacos, cascas, etc. Essas avaliações empíricas podem significar muito pouco e, muitas vezes, até mesmo

prejudicam os resultados de desempenho industrial, pois podem oferecer valores errados, que levam a decisões inadequadas.

Há que se planejar muito bem a amostragem de forma a contemplar o controle sobre tantas variáveis que afetam a secagem natural da biomassa. Também é vital que o processo de medição possa fornecer resultados para as diferentes situações encontradas na área florestal e nos pátios de estocagem de madeira e biomassa.

Existem diversos métodos estatísticos que permitem estimar o tamanho das amostras e os números de repetições a serem tomadas para minimização dos erros do processo de monitoramento e controle. Quanto mais variados forem os materiais, expressos pelos seus coeficientes de variação, maiores serão as necessidades de amostras e número de repetições de cada tipo de análise.

Muitas empresas preferem colocar pilhas padrão ou referenciais para acompanhamento do peso tal qual de suas toras e, portanto, de sua densidade aparente tal qual. Outras empresas criam gavetas ou gaiolas especiais dispostas nas pilhas de toras para acompanhamento das variações dos teores de umidade ou do peso tal qual de algumas toras especialmente marcadas como amostras referenciais.

Trata-se de procedimentos trabalhosos e difíceis, mas vitais exatamente porque podem ter fortes impactos em custos operacionais, ritmos de produção, produtividade e desempenhos industriais.

Portanto amigos, eu espero que esse texto possa ter servido de alerta e de incentivo a que algumas de nossas empresas possam organizar, planejar, monitorar e operar melhor os efeitos e as quantidades da água nas suas madeiras e nas suas biomassas florestais.

Sugiro começar focando na disponibilidade de textos técnicos sobre o assunto para ampliação da base de conhecimentos, e assim, permitir implantações mais adequadas de ações e de procedimentos técnicos referentes a essa temática.

Para colaborar com isso, estamos disponibilizando, logo a seguir, uma série de artigos, teses, dissertações, monografias e palestras abordando com muita propriedade esse assunto. Alguns dos artigos se referem mais aos processos de secagem controlada da madeira em estufas. Entretanto, eles foram incluídos nessa seleção por discorrerem com muita qualidade sobre os efeitos da água na madeira e sobre os fatores que afetam os processos de secagem, sejam eles naturais ou controlados.

Desejo muito boa navegação e leitura desses excelentes textos com links para acesso. Também desejo sucessos a todos, começando pela adequada e necessária ampliação da fundamentação teórica, que com certeza ajudarão na obtenção de melhores resultados e desempenhos.

Um abraço e obrigado pela sua leitura e atenção.



Gaiolas amostrais para acompanhamento do peso tal qual de toras referenciais com volumes conhecidos (densidade aparente tal qual e também densidade aparente anidra)

## Referências e sugestões para leitura e navegação:

**Determinação da umidade de equilíbrio higroscópico da madeira para a cidade de Salinas – norte de Minas Gerais.** A.C.P. Mendes; W.P. Sousa Júnior; P.B. Dias; M.A. Lopes. V SIC – Seminário de Iniciação Científica. Eventos IFNMG. 03 pp. (2016)

<http://www.ifnmg.edu.br/arquivos/2016/proppi/sic/resumos/4368e355-48f2-4a2e-89a7-549a9bcbdfc3.pdf>

**Efeito da secagem da madeira sobre sua constituição química, polpação e qualidade da polpa celulósica.** C.C.J. Guimarães; L.S. Caux; L.C. Dalvi. Trabalho entregue para publicação. 49º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 07 pp. (2016)

<http://www.abtcp.org.br/>

**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 41. 199 pp. (2015)

[http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT41\\_Densidade\\_Basica\\_Madeira.pdf](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 42. 177 pp. (2015)

[http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT42\\_Densidade\\_Basica\\_Acertos&Erros.pdf](http://eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT42_Densidade_Basica_Acertos&Erros.pdf)

**Secagem de toras de eucalipto.** A.C. Oliveira. Tese de Doutorado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 81 pp. (2015)

<http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6848/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Curva característica de secagem da madeira de *Tectona grandis* e *Acacia mangium* ao ar livre.** R.L. Braz; A.P.C. Duarte; J.T.S. Oliveira; J.P. Motta; A.M. Rosado. Flor@m – Floresta e Ambiente 22(1): 117 – 123. (2015)

<http://www.scielo.br/pdf/floram/v22n1/2179-8087-floram-22-1-117.pdf>

**Determinação da umidade da madeira em tora por diferentes métodos.** D.B. Donato; R.V.O. Castro; A.C.O. Carneiro; A.M.L.M. Carvalho; B.L.C. Pereira; A.C. Oliveira, C.J. Barbosa. Pesquisa Florestal Brasileira 34(80): 449 – 453. (2014)

<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/download/608/387>

**Desenvolvimento de um modelo para alocação ótima de pátios de estocagem de madeira.** P.H. Silva. Dissertação de Mestrado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 128 pp. (2014)

[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3465/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Desenvolviment%20de%20modelo%20para%20aloca%C3%A7%C3%A3o%20%C3%B3tima%20de%20%C3%A1tios%20de%20estocagem%20de%20madeira.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3465/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Desenvolviment%20de%20modelo%20para%20aloca%C3%A7%C3%A3o%20%C3%B3tima%20de%20%C3%A1tios%20de%20estocagem%20de%20madeira.pdf)

**Secagem ao ar livre da madeira para produção de carvão vegetal.** A.J.V. Zanuncio; J.T. Lima; T.C. Monteiro; A.G. Carvalho; P.F. Trugilho; F.S. Lima. *Flor@m – Floresta e Ambiente* 21(3): 401 – 408. (2014)

[http://www.floram.org/files/v0n0/aop\\_floram\\_028713.pdf](http://www.floram.org/files/v0n0/aop_floram_028713.pdf)

**Influência do diâmetro das toras na secagem ao ar livre de *Eucalyptus globulus* Labill.** A. Pertuzzatti; R. Trevisan; T. Fioresi; J.E. Rabuske; A.V. Trautenmüller; C.I. Motta; C. Carelli Netto. *Ciência da Madeira* 4(2): 191 – 201. (2013)

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/download/4061/3205>

**Influência da secagem da madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia* na produção e qualidade do carvão.** A.J.V. Zanuncio. Dissertação de Mestrado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 70 pp. (2013)

[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/686/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Influ%C3%Aancia%20da%20secagem%20da%20madeira%20de%20Euclayptus%20e%20Corymbia%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20qualidade%20do%20carv%C3%A3o.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/686/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Influ%C3%Aancia%20da%20secagem%20da%20madeira%20de%20Euclayptus%20e%20Corymbia%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20qualidade%20do%20carv%C3%A3o.pdf)

**Secagem de toras de *Eucalyptus* e *Corymbia* para uso energético.** A.J.V. Zanuncio; J.T. Lima; T.C. Monteiro; A.G. Carvalho; P.F. Trugilho. *Scientia Forestalis* 41(99): 353 – 360. (2013)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr99/cap06.pdf>

**Métodos de amostragem e de determinação do teor de umidade da madeira em tora.** D.B. Donato. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 71 pp. (2013)

<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3148/texto%20completo.pdf?sequencia=1>

**Influência da dimensão da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal.** M.A. Pinheiro. Dissertação de Mestrado. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 80 pp. (2013)

<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/ciencia%20florestal/2013/250516f.pdf>

**Secagem de madeiras.** I.P. Jankowsky; I.C.M. Galina. Projeto PIMADS - Projeto Piso de Madeira Sustentável. 39 pp. (2013)

[http://www.pimads.org/documento\\_atividades/Apostila%20-%20Secagem%20de%20Madeiras..pdf](http://www.pimads.org/documento_atividades/Apostila%20-%20Secagem%20de%20Madeiras..pdf)

**Secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG.** R.N. Rezende; J.T. Lima; L.E.R. Paula; A.L.R. Faria. *Cerne* 16: 41 – 47. (2010)

<http://www.dcf.ufla.br/ebamem/Artigo%2006.pdf>

**Investigação do tempo de secagem no teor de umidade e nas características físicas e químicas da madeira para produção de celulose.** 43º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. F.P. Leite; F.J.B. Gomes; E. Souza; J.L. Colodette; A.M. Rosado; L.S. Amaral. 07 pp. (2010)

[http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010\\_Investigacao\\_tempo\\_secagem\\_madeira.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010_Investigacao_tempo_secagem_madeira.pdf)

**Avaliação das propriedades dos resíduos de *Pinus patula* em diferentes períodos de armazenamento visando a cogeração de energia.** N.F. Almeida; D.T. Camargo; D.A.A. Arriel; F.A. Mori. Revista Floresta 40(2): 269 – 274. (2010)

<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/17822/11624>

**Secagem natural da madeira no campo para produção de carvão vegetal.** L. Chagas. II Fórum Nacional sobre Carvão Vegetal. Apresentação em PowerPoint: 22 slides. (2010)

[http://ciflorestas.com.br/arquivos/doc\\_secagem\\_vegetal\\_16109.pdf](http://ciflorestas.com.br/arquivos/doc_secagem_vegetal_16109.pdf)

**Secagem de toras de clones de *Eucalyptus* empregados na produção de carvão.** R.N. Rezende. Dissertação de Mestrado. UFLA – Universidade Federal de Lavras. 186 pp. (2009)

<http://www.prpg.ufla.br/ct-madeira/wp-content/uploads/2012/07/Dissertacao-Raphael.pdf>

**Indústria de celulose. Pré-engenharia de um parque de madeiras.** F.I.M. Linhares. Universidade de Aveiro. 135 pp. (2008)

<http://ria.ua.pt/bitstream/10773/3072/1/2009000612.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://coral.ufsm.br/ppgef/pdf/DM/DM\\_Marcos\\_Vinicios\\_Barros.pdf](http://coral.ufsm.br/ppgef/pdf/DM/DM_Marcos_Vinicios_Barros.pdf)

**Influência do tempo de armazenamento sobre a perda de umidade de resíduos madeiráveis.** M.A. Brand; G.I.B. Muñiz; M. Amorin; J.V. Costa; E. Bittencourt. Anais do III ECTec - Encontro de Ciência e Tecnologia. 10 pp. (2004)

[https://www.researchgate.net/publication/228453972\\_Influencia\\_do\\_tempo\\_de\\_armazenamento\\_sobre\\_a\\_perda\\_de\\_umidade\\_de\\_residuos\\_madeiraveis](https://www.researchgate.net/publication/228453972_Influencia_do_tempo_de_armazenamento_sobre_a_perda_de_umidade_de_residuos_madeiraveis)

e

<http://www.solumad.com.br/artigo/download?artigo=bcc80b7ee0e7719dcee64c054f9c387d>

**Análise da qualidade energética de resíduos madeiráveis ao longo de seis meses de armazenamento.** M.A. Brand; G.I.B. Muñiz; M. Amorin; J.V. Costa; E. Bittencourt. I Congresso Internacional de Bioenergia. 16 pp. (2004)

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAWhIAK/analise-qualidade-energetica-residuos-madeiraveis-ao-longo-6-meses-armazenamento>

e

<http://www.solumad.com.br/artigo/lp?artigo=b573319b6ebfb53cdb81e10ce3aea8da>

**Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar.** J.C. Silva; J.T.S. Oliveira. Revista Árvore 27(2): 233 – 239. (2003)

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n2/15941.pdf>

**Curva característica de secagem para madeira de *Eucalyptus grandis*.** G.R.V. Santos; I.P. Jankowsky; A. Andrade. Scientia Forestalis 63: 214 – 220. (2003)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr63/cap18.pdf>

**Avaliação técnica do tempo de estocagem da madeira.** F.R. Stein. Monografia de Curso. UFV – Universidade Federal de Viçosa. 36 pp. (2003)

<http://engmadeira.yolasite.com/resources/Monografia%20-%20Estocagem%20de%20madeira.pdf>

**Comparação entre dois métodos de empilhamento na secagem ao ar de *Pinus taeda*.** D.M. Goulart; E.S.R. Eleotério; M. Voigtlaender; M.P. Lima; J.R. Eleotério. 18º Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia. UNIVALI. 08pp. (2003)

<http://www.furb.br/lapim/PDFs/Secagemaoar.PDF>

**Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** J.C. Silva. Tese de Doutorado. UFPR – Universidade Federal do Paraná. 181 pp. (2002)

<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/silva,jc.pdf>

**Otimização da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* [Hill ex. Maiden].** G.R.V. Santos. Dissertação de Mestrado. USP – Universidade de São Paulo. 81 pp. (2002)

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-01082002-163939/publico/gilson.pdf>

**Practical aspects of on-line chip moisture measurement.** D. Smith; D. Bourdeau. 1998 Pulping Conference Proceedings. TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry. 12 pp. (1998)

[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-K\\_w319ZVYwJ:www.tappi.org/34657/+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-K_w319ZVYwJ:www.tappi.org/34657/+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br) (em Inglês)

**Técnicas corretas de secagem da madeira do eucalipto ao ar livre.** L.M. Mendes; J.R.M. Silva; P.F. Trugilho; J.T. Lima. Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos. 08 pp. (1997)

[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/tecnicas\\_secagem\\_000fk2lourj02wyiv80sq98yqkk6pjow.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/tecnicas_secagem_000fk2lourj02wyiv80sq98yqkk6pjow.pdf)

**Influência do tempo de estocagem de lenha de bracinga na produção de energia.** J.A. Sturion; I. Tomaselli. Boletim de Pesquisa Florestal 21: 37 – 47. (1990)

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/4887/1/sturion.pdf>

**Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade.** M.A. Rezende; J.F. Escobedo; E.S.B. Ferraz. IPEF 39: 33 – 40. (1989)

<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr39/cap04.pdf>

**Sazonalidade no abate da madeira de *Eucalyptus*. Efeitos sobre a polpação kraft e formação do *pitch*.** E. Ratnieks; C.A. Busnardo; J.V. Gonzaga. 22º Congresso Anual. ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. 27 pp. (1989)

[http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/31\\_1989\\_ABTCP\\_SazonalidadeMadeira.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/31_1989_ABTCP_SazonalidadeMadeira.pdf)

**Interface recebimento de madeira x produção de polpa. Estabelecimento de relações práticas entre 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. 21 pp. (1989)

<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/1989.%20Interface%20recebimento%20madeira.pdf>

**Umidade ao abate da madeira e da casca de *Eucalyptus grandis*.** C.A. Busnardo; J.V. Gonzaga; S. Menochelli; E.P. Benites; C. Dias; C.E.B. Foelkel. 4º Congresso Florestal Brasileiro. Silvicultura 28: 749 - 753. (1983)

[http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/18\\_Umidade%20abate%20madeira%20e%20casca%20eucalyptus%20grandis.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/18_Umidade%20abate%20madeira%20e%20casca%20eucalyptus%20grandis.pdf)

**Contração volumétrica da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith em estoque.** P.S. Fernandes; J.C. Saraiva Filho; M.C. Ferreira. Revista Silvicultura 8(28): 774 – 775. (1983)

[http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1983\\_Contracao\\_volumetrica\\_madeira\\_E\\_saligna.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/1983_Contracao_volumetrica_madeira_E_saligna.pdf)

**Determinação das propriedades energéticas de resíduos de madeira em diferentes períodos de armazenamento.** M.A. Brand; V.J. Costa; A. Durigon; M. Amorim. UNIPLAC – TRACTEBEL Energia. 10 pp. (SD = Sem referência de data)

<http://www.lippel.com.br/lippel/uploads/downloads/02-05-2014-16-20determinacao-das-propriedades-energeticas-de-residuos-de-madeira.pdf>



---

**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](mailto:webmaster@celso-foelkel.com.br))

**GRAU CELSIUS:** Tel. (51) 9947-5999

Copyrights © 2012- 2016 - [celso@celso-foelkel.com.br](mailto: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](mailto: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>

---



Foto: Alessandra Foelkel

---