



## ZÉ PACEL CALCULA O NÚMERO DE ÁRVORES PARA FAZER UMA FOLHA DE PAPEL

**Pergunta enviada pelo leitor:** “Quantas árvores são necessárias para fazer uma folha de papel?”

Por **Renato Rodrigues Fioritti** (renatorf@ipt.br); **Yasmin Mayara Silva** (yasmins@ipt.br) e **Maria Luiza Otero D’Almeida** (malu@ipt.br), do Laboratório de Papel e Celulose (LPC), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)

Essa pergunta enviada pelo leitor da revista *O Papel* é frequente, e não é incomum encontrar frases a indicar a quantidade necessária de árvores cortadas para fazer uma folha de papel, em geral atreladas a apelos de cunho ambiental. Tais frases simplistas não consideram a complexidade da questão.

As fibras celulósicas, a principal matéria-prima para a manufatura do papel, procedem principalmente da madeira. O termo “madeira” refere-se ao tronco da árvore, cuja composição química difere das outras partes da árvore (casca, galho e folhas). No Brasil, comumente se usa a madeira de eucalipto (fibra curta) e a de pinus (fibra longa).

O processo de obtenção de fibras celulósicas a partir da madeira, denominado polpação, pode ser mecânico, químico ou uma mistura dos dois. No processo mecânico, o rendimento é superior a 90 % e resulta na pasta celulósica de alto rendimento. No processo químico, o rendimento, por volta de 50 %, resulta na pasta celulósica química. Essas pastas ainda podem ser submetidas a um processo de branqueamento, que não promove dissolução de material no caso da pasta mecânica, mas sim no da pasta química.

Desse modo, as fibras celulósicas para manufatura do papel podem proceder de materiais vegetais diferentes que foram submetidos a processos de polpação específicos com rendimentos em fibras condizentes aos respectivos processos.

Por outro lado, na formulação de um papel não há apenas fibras celulósicas. Outros materiais podem ser adicionados, como aditivos e carga mineral, para que o papel seja adequado à sua finalidade. Os papéis podem ser classificados em: para imprimir e escrever,

para fins sanitários, para embalagem e para fins especiais – classificação adotada de forma a organizar o universo do papel.

Cada uma dessas classes, entretanto, encerra uma grande variedade de tipos de papel, cada qual com seus requisitos específicos, mesmo quando é possível traçar um denominador comum entre os papéis de uma mesma classe, como:

- desempenho em máquina e qualidade do impresso, no caso de papéis para imprimir e deslizamento do instrumento usado para escrita, no caso de papéis para escrever;
- absorção e retenção de líquidos, no caso de papéis para fins sanitários;
- barreira de proteção, no caso de papéis para embalagem.

Para calcular o número de árvores necessárias para fazer uma folha de papel, exigem-se pelo menos as seguintes informações: tipo de papel, gramatura, dimensões e teor de fibras celulósicas, tipo de madeira usado, média de altura dos troncos, média dos diâmetros superior e inferior dos troncos, média da densidade básica dos troncos, rendimento do processo de polpação usado para a obtenção das fibras.

Considerando, por exemplo:

- uma folha de papel para cópia de tamanho A4 (210 mm x 297 mm) com gramatura de 75 g/m<sup>2</sup>, 20 % de carga mineral e 5 % de umidade;
- um tronco de uma árvore de eucalipto com altura de 12 m, diâmetro superior de 8 cm e diâmetro inferior de 14 cm e densidade básica de 500 kg seco/m<sup>3</sup>; e
- um processo de polpação químico seguido de branqueamento com rendimento final médio de 46 %.

**Coordenadoras da coluna:** Maria Luiza Otero D’Almeida (malu@ipt.br), pesquisadora do Laboratório de Papel e Celulose do IPT, superintendente do ABNT/CB29 – Comitê Brasileiro de Celulose e Papel e coordenadora das Comissões de Estudo de Normalização de Papéis e Cartões Dielétricos e de Papéis e Cartões de Segurança, e Viviane Nunes (viviane@abtcp.org.br), coordenadora técnica da ABTCP

Pode-se calcular a massa de fibras celulósicas necessária para fazer a folha de papel considerada e remeter esse resultado ao tronco de árvore de eucalipto considerado, empregando o procedimento indicado a seguir.

1 - Massa de fibras presente na folha de papel considerada.

Dados:

- gramatura do papel: 75 g/m<sup>2</sup>;
- dimensões: (210 mm x 297 mm) = (0,21 m x 0,297 m);
- teor de umidade total: 5 %;
- teor de carga mineral: 20 %

Portanto, a massa de fibra contida na folha de papel A4 é:

$$m_{\text{fibras,papel}} = 75 \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \times (0,210 \times 0,297) \text{m}^2 \times \frac{(100 - 20 - 5)\%}{100\%} = 3,55509 \text{ g} = 3,56 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

↑ gramatura do papel    
 ↑ dimensões da folha    
 ↑ teor seco de fibras

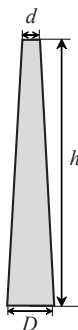
2 - Massa do tronco de árvore de eucalipto considerado.

Dados:

- altura da árvore:  $h = 12 \text{ m}$ ;
- diâmetro superior:  $d = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$ ;
- diâmetro inferior:  $D = 14 \text{ cm} = 0,14 \text{ m}$ ;
- densidade básica:  $500 \text{ kg/m}^3$  (seco).

Para calcular a massa, deve-se primeiramente determinar o volume do tronco e, a partir desse, tendo-se o valor da densidade do tronco, calcula-se a massa.

O volume do tronco da árvore de eucalipto pode ser calculado pela equação abaixo<sup>[1]</sup>.



$$V_{\text{tronco}} = \frac{\pi \cdot h}{12} (D^2 + Dd + d^2)$$

$$V_{\text{tronco}} = \frac{\pi \times 12 \text{ m}}{12} [(0,14 \text{ m})^2 + (0,14 \text{ m} \times 0,08 \text{ m}) + (0,08 \text{ m})^2]$$

$$V_{\text{tronco}} = 0,1169 \text{ m}^3$$

A massa do tronco de árvore de eucalipto considerado pode ser calculada pela equação abaixo.

$$m_{\text{tronco}} = V_{\text{tronco}} \cdot \rho = 0,1169 \text{ m}^3 \times 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 58,43 \text{ kg}$$

↑ densidade básica

3 - Massa de fibras celulósicas retirada do tronco de árvore de eucalipto considerado.

Dado que o rendimento do processo de polpação/branqueamento empregado para extrair as fibras celulósicas do tronco de árvore de eucalipto considerado foi de 46 %, então a massa de fibras celulósicas retirada do tronco pode ser calculada pela equação abaixo.

$$m_{\text{fibras,tronco}} = m_{\text{tronco}} \cdot \eta = 58,43 \text{ kg} \times 0,46 = 26,88 \text{ kg}$$

↑ rendimento do processo

4 - Fração do tronco usado para fazer a folha de papel

$$N_{\text{folha}} = \frac{m_{\text{fibras,papel}}}{m_{\text{fibras,tronco}}} = \frac{3,56 \times 10^{-3} \text{ kg}}{26,88 \text{ kg}} = 1,32 \times 10^{-4} \text{ árvore/folha}$$

A fabricação da folha de papel A4 considerada consome, aproximadamente, 0,013 % do tronco considerado. Assim, esse tronco gera aproximadamente 7550 folhas de papel do tipo considerado no exemplo, ou seja, em torno de 15 resmas de papel, cada uma com 500 folhas.

Pelo exposto percebe-se que não é simples a correspondência entre o número de árvores cortadas e a quantidade de folhas produzidas.

Deve ser ressaltado que, no caso brasileiro, as árvores usadas para fabricação do papel são de fontes renováveis e de florestas com certificação ambiental. Maiores informações sobre certificação ambiental podem ser obtidas no site da Indústria Brasileira de Árvores (Ibá): <http://www.iba.org/web/pt/internacional/a-importancia-da-certificacao.htm> ■

REFERÊNCIA:

[1] GIECK, K.; GIECK, R. *Engineering formulas*. 8.ed. New York: McGraw-Hill, 2006. p. C2.

Mande a sua pergunta para o Zé Pacel!

A revista *O Papel* lançou a coluna Pergunte ao Zé Pacel para que você possa enviar suas dúvidas técnicas sobre procedimentos de ensaios relacionados ao setor de celulose e papel, normalizados ou não; procedimentos elaborados pelas Comissões Técnicas da ABTCP, que se tornaram normas ABNT; normas correlatas da ABNT; aplicação de determinadas normas ou metodologias; expressão de resultados de parâmetros; transformação de unidades e definição de termos da área de celulose e papel. Mesmo que suas dúvidas sejam sobre outros assuntos, é importante lembrar que este espaço não presta consultoria técnica, mas destina-se apenas a esclarecer dúvidas sobre assuntos relativos ao setor de base florestal. Participe! O Zé Pacel está aguardando sua pergunta! **Escreva-nos pelo email [tecnica@abtcp.org.br](mailto:tecnica@abtcp.org.br).**