



ZÉ PACEL ESCLARECE UMA DÚVIDA...

Pergunta enviada pelo leitor: Porosidade de um papel, permeância ao ar e resistência ao ar são a mesma coisa?

Por Karina Meschini (karina@ipt.br) e Patrícia Kaji Yasumura (pkaji@ipt.br) – Laboratório de Papel e Celulose do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

Porosidade, permeância ao ar e resistência ao ar de um papel são medições com significado diferente, embora todas estejam relacionadas a espaços vazios no papel.

A porosidade é a razão entre o volume dos poros do papel e seu volume total. Isso inclui não apenas os espaços entre as fibras, resultantes da formação da folha, mas também os poros das paredes das fibras e os espaços dos lumens não colapsados. No papel existem poros de tamanhos que vão do micro ao macro, com formatos diversos e arranjos particulares e interconectados. Há dois métodos usuais para determinação da porosidade em papéis: intrusão de mercúrio e adsorção de nitrogênio.

O método de intrusão de mercúrio para medir a porosidade baseia-se na penetração do mercúrio na folha por pressão capilar, sendo que a distribuição resultante caracteriza os raios das aberturas ou gargantas na trama do papel. Este método, eficiente somente para poros interconectados, não consegue detectar poros acessíveis somente por aberturas menores que o poro em si, o que pode acarretar uma subestimação da porosidade. O mercúrio, líquido que não é absorvido pelo papel, possui alta tensão superficial.

O método por adsorção de nitrogênio usa o seguinte princípio: quando um sólido é exposto a um gás em um sistema fechado a temperatura constante, este passa a adsorver o gás, ocorrendo, assim, aumento da massa do sólido e decréscimo da pressão do gás. A quantidade de gás adsorvida pode ser calculada pela diminuição da pressão com a aplicação das leis dos gases ou pela massa de gás adsorvida pelo sólido.

O método de intrusão por mercúrio aplica-se a faixas de 30 até milhares de angstroms se utilizados equipamentos de alta pressão. No caso da adsorção de nitrogênio, a técnica é mais aplicada a materiais com diâmetro de poros até 400 angstroms. Pode-se dizer que

a adsorção de nitrogênio se aplica a materiais com microporosidade e que a intrusão de mercúrio, a materiais com mesoporosidade e macroporosidade.

Tanto no método por intrusão de mercúrio como naquele por adsorção de nitrogênio, o resultado é apresentado como gráfico de distribuição de tamanho de poros ou o tamanho médio de poros, expresso em μm .

Permeância ao ar de um papel, expressa em $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$, é o fluxo médio de ar, sob condições específicas, que passa através de uma unidade de área do papel, em dada unidade de diferença de pressão e em certa unidade de tempo.

Resistência ao ar de um papel, expressa em segundos por 100 mililitros ($\text{s}/100\text{ mL}$), é o "tempo requerido para um volume específico de ar sob uma unidade de pressão passar através de uma unidade de área" (ABNT NBR NM ISO 5636-5:2006).

Os equipamentos usualmente empregados para medir a permeância e a resistência ao ar são baseados na quantificação do fluxo de ar que passa através do papel. Os métodos mais conhecidos são os seguintes: Schopper, Bendtsen, Sheffield e Gurley. Em 2015 foi introduzida na ISO a norma referente ao equipamento Oken. A Tabela 1 apresenta o campo de aplicação mais adequado a cada equipamento, a expressão dos resultados e as respectivas normas brasileiras (ABNT NBR) e internacionais (ISO).

Permeância ao ar e resistência ao ar, embora dependam do número, do tamanho e dos poros formados no papel, não são medidas de porosidade. Dois papéis com tamanho médio de poros iguais, mas com distribuição diferente, certamente resultam em valores distintos de permeância e de resistência ao ar, embora sejam indicativos do desempenho dos papéis em condições de uso, por exemplo, para impressão. ■

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.

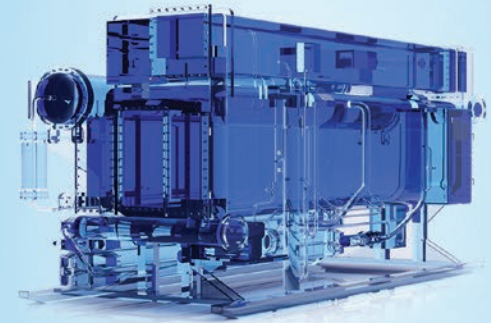
Mande a sua pergunta para o Zé Pacel!

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 relativas ao setor de base florestal. Participe! O Zé Pacel está aguardando sua pergunta! **Escreva-nos pelo email tecnica@abtcp.org.br.**

Tabela 1 – Equipamentos para medição da permeância/resistência ao ar

Equipamento	Campo de aplicação	Expressão dos resultados	Norma NBR	Norma ISO e/ou Tappi correlata
Schopper	Papéis e cartões com permeância ao ar entre 0,01 e 100 $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$. Não se aplica a papéis com superfície rugosa, pois não podem ser devidamente fixados para evitar escape de ar (exemplo: papéis crepados)	$\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$	-	ISO 5636-2 (cancelada em 2006)
Bendtsen	Papéis e cartões com permeância ao ar entre 0,35 e 15 $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$. Não se aplica a papéis com superfície rugosa, pois não podem ser devidamente fixados para evitar escape de ar (exemplo: papéis crepados)	$\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$	ABNT NBR 14255:2002	ISO 5636-3
Sheffield	Papéis e cartões com permeância ao ar entre 0,02 e 25 $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$. Não se aplica a papéis com superfície rugosa, pois não podem ser devidamente fixados para evitar escape de ar (exemplo: papéis crepados)	$\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$	-	ISO 5636-4 Tappi T 547
Gurley	Papéis e cartões com permeância ao ar entre 0,01 e 100 $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$. Não se aplica a papéis com superfície rugosa, pois não podem ser devidamente fixados para evitar escape de ar (exemplo: papéis crepados)	$\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$ pela ISO s/100mL pela (Tappi)	ABNT NBR NM ISO 5636-5	ISO 5636-5 Tappi T 460
Oken	Não há nenhuma limitação na faixa de medição de permeabilidade do ar ou resistência do ar de papel e cartão. Não se aplica a papéis com superfície rugosa, pois não podem ser devidamente fixados para evitar escape de ar (exemplo: papéis crepados)	$\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$	-	ISO 5636-6

Resfriador por Absorção de Brometo de Litio e Água






Custos com operação economizam mais de **40%**

Recuperação de vapor perdido para refrigeração nas indústrias de papel e celulose



Desde 1982

 86-0510-86631012
 86-0510-86634678
 ktsales@shuangliang.com

www.shuangliang.com