

## Tratamento Corona em tecido de seda promove hidrofiliidade

D.Bergamasco<sup>1</sup>, J.S.C.Campos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Química

**RESUMO** – A seda, naturalmente hidrofóbica, para ser tingida, tem necessidade de ser degomada, tornando-a hidrofílica por processo químico, removendo a goma natural (sericina), com produção de efluentes e perda de massa ao redor de 20%. O trabalho consiste na aplicação do tratamento corona em seda crua, submetendo amostras em função do tempo e da corrente corona, medindo-se o ângulo de contato (método da gota séssil). O sistema, denominado fio-plano, é composto por uma fonte de alta tensão (40 kV) com corrente de até 500 mA e distância do fio até a amostra ajustável entre 3 e 10 mm. Os ensaios foram realizados em condições ambientes. Os resultados mostram que a seda crua tem ângulo de contato ao redor de 102° e com o tratamento corona consegue-se obter máxima absorção de água (ângulo de contato ao redor de zero), com tratamento de 45 s e corrente de 130 mA, indicando, assim, o grande potencial de uso da técnica na indústria têxtil. O método dispensa a degomagem e não gera resíduo.

### 1. INTRODUÇÃO

O trabalho propõe o estudo sobre hidrofiliidade no tratamento prévio de tecidos de seda, através da modificação de superfícies por tratamentos físicos (Descarga Corona), apresentando resultados significativos com relação aos tratamentos químicos convencionais.

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 SEDA

A seda é uma fibra têxtil natural secretada por larvas de uma variedade de insetos do filo *Arthropoda*, sendo o principal o *Bombyx mori*, originário do *Bombyx mandarina* (*Theophila mandarina*), comumente denominado bicho-da-seda. O casulo gerado pelo *Bombyx mori* é formado principalmente por três proteínas distintas: a fibroína (70-80% da matéria seca e principal componente do fio de seda têxtil); a sericina (20-30% uma goma natural que envolve a fibroína) e uma glicoproteína denominada P25, em pequenas concentrações, mas com função na manutenção da integridade do fio de seda.

#### 2.2 DEGOMAGEM

A fibra da seda, após a remoção da sericina, torna-se mais macia, brilhante e com uma aparência mais branca, além de aumentar a hidrofiliidade, melhorando as etapas úmidas de alveijamento e tingimento. O processo de eliminação da sericina da seda crua é conhecido como degomagem ou decruagem, onde a longa molécula da proteína sericina é dividida em frações

menores através da clivagem de suas ligações peptídicas, tornando-a facilmente dispersa ou solubilizada em água quente. A hidrólise de sericina pode ser realizada por tratamento com sabões, ácidos, álcalis e enzimas, sendo que todos promovem uma perda de massa entre 20 e 30%. Este processo pode ser feito em fios crus ou no tecido feito com fios crus.

## **2.3 MÉTODO TRADICIONAL DE DEGOMAGEM COM SABÃO DE MARSELHA**

Este processo ainda é o mais usado, especialmente na China e na Índia. A vantagem de degomagem com sabão é que um toque especialmente suave é produzido. No entanto, o tempo de tratamento é muito longo (1-6 horas), o tratamento prolongado pode danificar o material e o processamento contínuo dificilmente é possível. Como o sabão é usado, água mole (com baixo teor de íons cálcio e magnésio) é um fator decisivo para bons resultados. Os melhores sabões para degomagem de seda são os feitos com azeite, vendido comercialmente como sabão de Marselha, que atualmente é um pouco caro. Como resultado, os sabões de ácido oleicos menos eficazes estão sendo utilizados em larga escala e, lentamente, os processos utilizando detergentes sintéticos ou enzimas estão se tornando populares.

## **2.4 GERAÇÃO DE EFLUENTES**

Devido à especificidade de processo de degomagem adotada, a carga efluente pode variar muito. Vaithanomsat e Kitpreechavanich (2008) identificaram valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) da ordem de 4840 mg/L em efluentes de uma indústria de seda da Tailândia; enquanto que Capar et al. (2008) avaliaram efluentes com carbono orgânico total de até 52.000 e concentração de sericina da ordem de 2,5% (m/V), proveniente de uma indústria de seda da Turquia.

Como parâmetros de comparação, a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Paraná (CEMA 70/2009), apresenta como limites para lançamento de efluentes da indústria têxtil valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) de 50 mg/L e de DQO de 200 mg/L. Desta forma, a remoção da sericina do efluente industrial é fundamental para atendimento aos padrões de qualidade ambiental.

## **2.5 TRATAMENTO POR DESCARGA CORONA**

O Tratamento Corona apresenta uma importância técnica considerável, tanto na área industrial, sendo útil como fonte de partículas carregadas, como na área acadêmica, no estudo de fenômenos.

É um processo fácil de iniciar e operar. Suas principais aplicações são:

- Modificações de superfície de materiais para alcançar propriedades adesivas (Farley e Meka, 1994);
- Neutralização de cargas estáticas em carpetes (Kessler e Fisher, 1997);
- Tratamento de água e de afluentes líquidos (Yan et al., 1999).

A descarga corona é produzida em um gás (ar, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, e outros) quando um potencial elétrico adequado é aplicado entre dois eletrodos metálicos, por exemplo, um fio e um plano ou outras geometrias (esfera-plano, bastão-plano e placas paralelas).

Nas regiões de alto campo elétrico ocorre a ionização do gás produzindo espécies ativas (íons e moléculas excitadas) e também vento corona (ocasionado pela colisão de elétrons com as espécies gasosas durante sua passagem pelo espaço entre os eletrodos). No caso da aplicação da descarga corona para tratamento de superfície, se um material (por exemplo, tecido) for colocado sobre o plano (figura 1), as espécies ativas podem agir sobre ele e causar modificações na sua superfície. Os parâmetros que influenciam as propriedades superficiais dos filmes tratados por descarga corona são:

- Tensão aplicada;
- Distância entre o fio e o filme;
- Tempo de tratamento;
- Atmosfera utilizada;
- Condições ambientes (umidade relativa, temperatura).

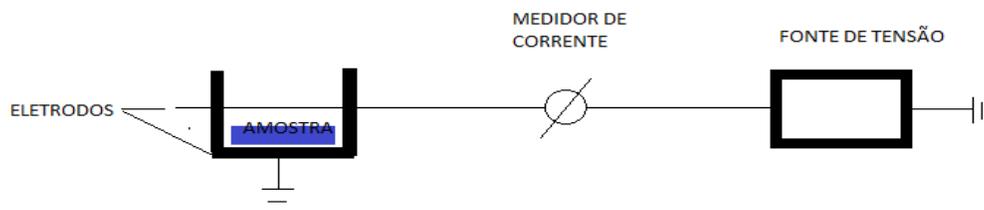


Figura 1 - corona fio plano

A descarga corona, em ar atmosférico, produz íons carregados positivamente, elétrons, espécies excitadas ou metaestáveis de oxigênio e nitrogênio. As espécies metaestáveis de oxigênio reagem com moléculas na atmosfera gerando ozônio, um poderoso agente oxidante. As energias das partículas (1-20 eV) são suficientes para quebrar ligações C-C e C-H (2,54 eV e 3,79 eV, respectivamente) e gerar radicais livres na superfície do polímero, os quais podem reagir com átomos de oxigênio e formar grupos polares (principalmente, COH, C = O, C - O) (Farley e Meka, 1994). Este mecanismo envolve apenas oxigênio como espécies reativas, porém outras possibilidades podem existir para introdução de funcionalidades contendo oxigênio na superfície através de reações com água, com ozônio, óxidos de nitrogênio e derivados, mas estes estão presentes em quantidades muito baixas (Briggs et al., 1983).

## 2.6 ÂNGULO DE CONTATO

Uma das maneiras de avaliar o fenômeno de molhabilidade de um sólido por um líquido é através do estudo do ângulo de contato (Comyn, 1997).

O conceito de tensão superficial é que define termodinamicamente o fenômeno de molhabilidade. Em contato com uma superfície sólida plana, um líquido poderá se espalhar completamente ou, mais provavelmente, ficar na forma de gota com um determinado ângulo de contato (Figura 2). A relação entre ângulo de contato de água e tensão superficial é inversamente

proporcional, já que quanto maior a adesão do líquido à superfície (tensão superficial maior) significa que o ângulo de contato é menor. Isso é facilmente entendido pois uma superfície com alta tensão superficial tende a interagir mais com um líquido polar como a água e, por isso permite um espalhamento maior deste. Pelo contrário, uma tensão superficial baixa permite que a gota do líquido polar (água, no caso) possua um formato mais esférico. Para líquidos apolares, a relação é proporcional, ou seja, maior tensão superficial, maior ângulo de contato.

O ângulo de contato varia entre  $0^\circ$  e  $180^\circ$ . Quando  $\text{ângulo} = 0^\circ$  o líquido molha a superfície do sólido completamente e se espalha a uma taxa que depende da viscosidade do líquido e da rugosidade da superfície. Quando  $\text{ângulo} > 0^\circ$  o líquido não espalha completamente sobre a superfície. O ângulo de contato é independente do volume da gota líquida numa superfície sólida homogênea. Quanto maior a tendência do líquido se espalhar ou molhar a superfície, menor o valor do ângulo de contato, ou seja, o ângulo de contato é uma medida inversa do espalhamento ou molhabilidade (Chan, 1994).

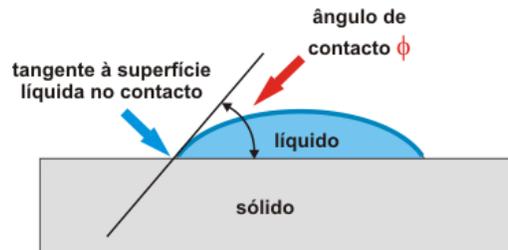


Figura 2 - Técnica de medida do ângulo de contato entre sólido (superfície da amostra) e líquido (gota). Adaptado Zizman (1964)

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAIS

- Tecido de seda 100% crua: ligamento tela, gramatura  $99\text{g/m}^2$ , fornecido pela empresa Fatto a Mano;
- Água destilada;

#### 3.2 EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- Sistema de Descarga Corona (fio-plano): desenvolvido pelo Prof. Dr. João Sinézio de Carvalho Campos, coordenador do Grupo de Física de Polímeros (FisPol) do Departamento de Engenharia de Materiais e de Bioprocessos (DEMBio) da Faculdade Engenharia Química/UNICAMP;
- Medidor de Ângulo de Contato: goniômetro Tantey - mod. CAM-MICRO, pertencente à Faculdade de Engenharia Química - UNICAMP;
- Banho-Maria pertencente à Faculdade de Tecnologia de America - FATEC;
- Pinça de metal, placa de Petri, régua e tesoura.

### 3.3 METODOLOGIA

#### 3.3.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Foram realizados testes em amostras de tecido de seda:

- Cruas, sem tratamento;
- Degomadas com sabão de Marselha;
- Tratadas com Descarga Corona.

Recortaram-se amostras em tiras retangulares de 1x3cm (3cm<sup>2</sup>) e devidamente armazenadas em placas de Petri para posterior realização dos testes.

##### 3.3.1.1 AMOSTRAS DEGOMADAS COM SABÃO DE MARSELHA

As amostras foram tratadas em equipamentos do tipo banho-maria. O processo de degomagem consiste em tratar durante 1 hora a 90-95°C em pH de 9,3-10 para as seguintes condições de banho:

- 8-10 g/l de sabão de Marselha;
- 1 g/l de carbonato de sódio;
- 1 g/l de tripolifosfato de sódio.

Após a degomagem as amostras são lavadas em água corrente e secas. Em seguida, recortam-se amostras (1x3 cm) que são mantidas em placas de Petri para posterior tratamento Corona e respectivas medidas de ângulo de contato.

##### 3.3.1.2 AMOSTRAS PREPARADAS PARA TRATAMENTO CORONA

Submeteram-se as amostras ao tratamento corona em função dos parâmetros de tempo (5s a 120s) e corrente de corona fixada em 130 microampères, para as seguintes condições ambientes: temperatura de 27°C (+/- 3°) e umidade relativa de 45% (+/- 3%).

### 3.4 MEDIDAS

As amostras de tecido, antes e após tratamento corona, são colocadas sobre o suporte do equipamento de medida de ângulo de contato e uma gota de líquido (água destilada) é depositada sobre a amostra por meio de seringa calibrada (dosador). Um feixe de luz branca faz com que ocorra uma imagem da gota no anteparo e, por meio de um medidor graduado, mede-se o ângulo entre a gota e a superfície da amostra. Realizaram-se estas medidas, em pelo menos triplicatas, nas seguintes condições ambientes: temperatura de 27°C (+/- 3°) e umidade relativa de 45% (+/- 3%).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 TECIDO DE SEDA CRUA SEM TRATAMENTO E TECIDO DEGOMADO COM SABÃO DE MARSELHA

A Figura 3 apresenta os resultados da medida de ângulo de contato entre gota d'água e superfície de tecido de seda crua sem degomagem e entre gota d'água e superfície de tecido de seda degomada com sabão de Marselha, todos sem tratamento corona.

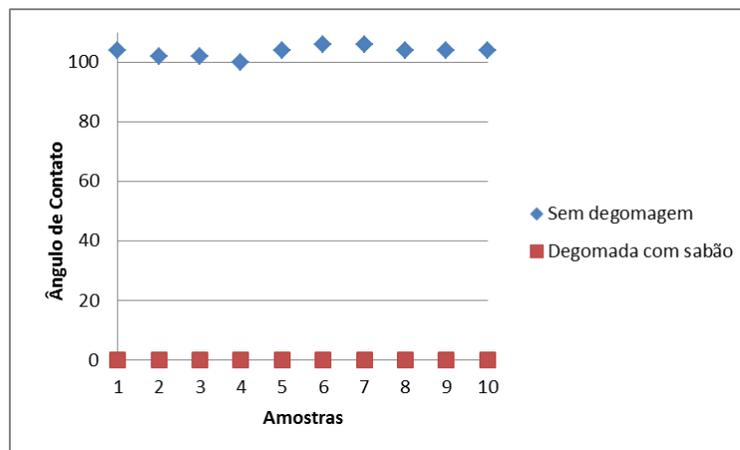


Figura 3: Ângulo de contato para várias amostras de tecido de seda crua sem degomagem e amostras de tecido de seda degomada com sabão de Marselha, todas sem tratamento corona.

Analisando-se os resultados apresentados na Figura 3, observa-se que as amostras de seda crua sem tratamento apresentam ângulo de contato ao redor de  $102^\circ$ , indicando, assim, que o tecido sem tratamento é totalmente hidrófobo (não absorve água). Observa-se, também, que as amostras tratadas através da degomagem com sabão de Marselha, processo químico convencional de tratamento, apresentam ângulo de contato de  $0^\circ$ , ou seja, promovem a total absorção de água tornando o tecido completamente hidrofílico.

### 4.2 TECIDOS DE SEDA CRUA COM APLICAÇÃO DE TRATAMENTO CORONA

A figura 4 apresenta os valores do ângulo de contato em função do tempo de tratamento corona para amostras de seda crua para várias distâncias (4, 7 e 10 mm) entre o fio corona e a superfície do tecido, mantendo-se a corrente corona em 130 microampères.

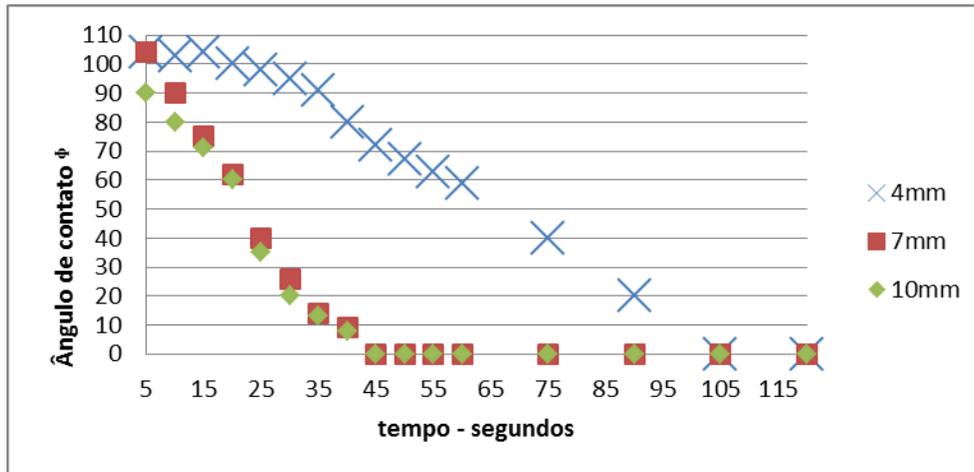


Figura 4: Ângulo de contato em função do tempo de tratamento corona para amostras de tecido de seda crua, para distâncias de 4, 7 e 10 mm entre fio corona e superfície da amostra.

Ao analisar a Figura 4 pode-se observar que: (i) o tratamento corona é muito eficiente em promover a hidrofiliabilidade em tecido de seda crua; (ii) independente da distância fio corona-tecido, o ângulo de contato diminui à medida que o tempo de tratamento corona aumenta, chegando até completa molhabilidade (ângulo zero), sendo de 45s para as distâncias de 7 e 10 mm e de 105s para distância de 4 mm e (iii) para as distâncias de 7 e 10 mm o ângulo de contato tem praticamente o mesmo comportamento em função do tempo e decai mais rapidamente quando comparado com a distância de 4 mm.

Cabe ressaltar que este último resultado observado, ou seja, o fato de que para as distâncias de 7 e 10 mm (item (iii)) o ângulo de contato decair mais rapidamente do que para 4 mm, ainda não está completamente entendido e será oportunamente investigado. Acredita-se que para as distâncias maiores (7 e 10 mm) a área de tratamento corona seja mais ampla do que para 4 mm. Observou-se também que durante alguns experimentos para a distância de 4 mm ocorre o faiscamento na descarga corona carbonizando pontualmente a superfície das amostras e nestes casos as amostras eram descartadas.

Importante salientar que em relação ao toque do tecido não se observou nenhuma modificação após o tratamento corona, principalmente quando não ocorre o faiscamento.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com ensaios realizados neste trabalho, relativo aos efeitos da degomagem com sabão de Marselha e tratamento corona sobre as propriedades hidrofílicas em tecido de seda crua, pode-se concluir que:

- Tanto a referida degomagem quanto o tratamento corona promovem eficiente hidrofiliabilidade na seda;

- O tempo de tratamento corona para completa hidrofiliabilidade é de 45 s para distâncias de 7 ou 10 mm, o que é considerado muito rápido em comparação com o processo de degomagem tradicional com sabão de Marselha (60 minutos);
- O processo corona não gera efluentes quando comparado com o processo de degomagem.

Com base em tais resultados, estudos serão realizados para quantificar outras propriedades fundamentais da seda para aplicações na indústria têxtil.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Empresa Fatto a Mano/Parque Têxtil de Americana/SP pela prontidão no fornecimento do tecido de seda crua utilizada neste trabalho.

## 7. BIBLIOGRAFIA

BRIGGS, D.; KENDALL, C. R.; BL YTHE, AR.; WOOTON, A.B. *Electrical Discharge Treatment of Polypropylene Film*. Polymer, v.24, p.47, 1983.

CAPAR G.; AYGUN S. S.; GECIR M. R. Treatment of silk production wastewater by membrane process of sericin recovery. **Journal of Membrane Science**, v. 325, p. 920 - 931, 2008.

CHAN, C. M., *Polymer Surface Modification and Characterization*. Munich:Hanser Gardner Publications INC., 1994.

COMYN, J. *Adhesion Science*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1997.

FARLEY, J. M., MEKA, P., *Heat Sealing of Semicrystalline Polymer Films. II Effect of the Corona Discharge Treatment of LLDPE*. Journal Applied Polymer Science, v.51, p 121-131, 1994

KESSLER, L., FISHER, W.K. *Study of Electrostatic Behavior of Carpets Containing Conductive Yarns*. Journal of Electrostatics, v. 39, n.4, p. 253-275, 1997.

VAITHANOMSAT P.; KITPREECHAVANICH V. Sericin separation from silk degumming wastewater. **Separation and Purification Technology**, v. 59, p. 129 - 133, 2008.

YAN, K., HEESCH, E. J. EM., PEMEN, A. J. M., HUIJBRECHTS, P.A.H. U., *Elements of Pulsed Corona Induced Non-thermal Plasmas for Pollution Control and Sustainable Developments*. Journal of Electrostatics, v. 51-55, p.218-224.1999.

ZISMAN, W.A. *Relation of Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitution*, Washington. Cap.1: Contact Angle, Wettability, and Adhesion, Advance in Chemistry Series, 1994.