

EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO EM TECIDO DE POLI (TEREFTALATO DE ETILENO) - PET

J. G. de CARVALHO¹ e J. SINÉZIO C. C.²

¹3M do Brasil

² UNICAMP – Faculdade de Engenharia Química, Departamento de Engenharia de Materiais e Bioprocessos.

E-mail para contato: carvalhojos@hotmail.com, sinezio@feq.unicamp.br,

RESUMO – Dentre os materiais utilizados na indústria têxtil as fibras do polímero poli (tereftalato de etileno) (PET) representa mais de 50%, tanto em vestuário quanto em decoração e dentre as exigências do consumidor esta a estabilidade dimensional do tecido. Esta propriedade física é alcançada pelo processo de termofixação, o qual tem por base o adequado tratamento térmico, encontrando-se uma combinação ideal de temperatura e tempo, principalmente na etapa de beneficiamento do tecido. Devido à importância deste processo e da quantidade reduzida de trabalhos científicos, este trabalho visa colaborar no entendimento das propriedades físicas (encolhimento, hidrofiliidade, alongamento e ruptura) de tecidos contendo fibras de PET. Recortaram-se amostras de tecido plano (100% de fibras PET) e após serem submetidas a tratamento térmico entre 120 e 220 °C e tempos de 30 a 120s avaliaram-se as características físicas através de ensaios de acordo com respectivas normas técnicas. Os resultados mostram que: quanto maior o valor da temperatura maior é o encolhimento, chegando a 12% para temperatura de 220 °C; maior índice de alongamento (20%) ocorreu para temperatura de 220 °C; a hidrofiliidade diminui quanto maior a temperatura e o tempo de tratamento não altera essas propriedades físicas.

1. INTRODUÇÃO

As fibras sintéticas são utilizadas nas indústrias para obter diferentes produtos, como por exemplo: vestuário, estofamento para automóveis, fabricação de entretelas, material hospitalar e de limpeza. Essas fibras representam uma produção de cerca de 350 mil toneladas/ano, ABRAFAS (2013). Entre as fibras sintéticas para aplicação no segmento têxtil, as do polímero Poli (tereftalato de etileno) – PET, são as mais utilizadas, Scheirs (2003), ABRAFAS (2013).

Durante a fabricação e consumo de tecidos feitos com fibras do polímero PET, uma propriedade fundamental é a estabilidade dimensional que é obtida por meio do tratamento térmico que na indústria têxtil é conhecido como termofixação.

O processo de termofixação promove alterações em propriedades do tecido, como por exemplo, hidrofiliidade, estabilidade dimensional e alongamento. Essas propriedades são importantes para os processos de beneficiamento do tecido, fazendo-se necessário o entendimento do impacto causado pelo processo de termofixação nas referidas propriedades.

2. FIBRAS DE POLIÉSTER

As normas ISO 2076 e a Diretiva UE definem o nome genérico poliéster (PES) como “fibra composta de macromoléculas lineares cuja cadeia contém um mínimo de 85% em massa de um diol e do ácido tereftálico”, Guillen (2003).

O PET é o mais importante membro da família dos poliésteres. Foi desenvolvido por dois químicos britânicos Whinfield e Dickson em 1941 e é classificado quimicamente como um polímero termoplástico, ou seja, funde por aquecimento e solidifica por resfriamento. Pode ser apresentado no estado amorfo (transparente), parcialmente cristalino e orientado (translúcido) e altamente cristalino (opaco), Scheirs (2003), Ludewig (1964). Este polímero é obtido pela polimerização por condensação do ácido tereftálico (ou tereftalato de dimetila) com o etileno glicol, Odian (1991).

Das fibras sintéticas produzidas em 2012 no Brasil, aproximadamente, 77% foram de poliéster, 16% náilon, 4% acrílico e 3% elastômeros, ABRAFAS (2013).

O PET usado na produção de fibras têxteis apresenta grau de polimerização em torno de 100, comprimento de cadeia em torno de 100 nm e peso molecular aproximadamente entre 15000 e 20000, Araujo (1984), Kim (2006). Essas fibras são compostas de regiões cristalinas, semicristalinas e amorfas. A massa específica do PET amorfo é 1,33 g/cm³, mas a orientação e o aumento de cristalinidade fazem com que essa massa varie entre 1,38 e 1,40 g/cm³. A temperatura de transição vítrea (tg) está entre 65 e 75°C, e a temperatura de fusão (tm) entre ~265 e 285 °C, Kim (2006).

3. ESTABILIDADE DIMENSIONAL

Na produção dos tecidos e nos seus diferentes processos de beneficiamento, surgem alterações dimensionais devido a ações mecânicas, térmicas e químicas que, na maioria dos casos, se manifestam posteriormente, por um encurtamento na direção longitudinal. Este fenômeno é geralmente, referido como encolhimento. O valor do encolhimento de um tecido depende principalmente da influência do material e das condições de produção, como o meio em que o tecido é beneficiado (água, vapor, calor, seco, etc.), a temperatura e os esforços mecânicos, aos quais ele é submetido, Geocities (2014).

O mecanismo do encolhimento pode, parcialmente, ser explicado pelo alívio de tensões internas introduzidas nos fios durante os processos de fiação e tecelagem. Pela atuação de água, ar quente ou vapor, as tensões latentes podem ser aliviadas. Os tecidos tendem então a atingir um estado estável em suas dimensões, e o tempo necessário para isto vai depender do tipo da fibra, do tipo e condições de tratamentos aplicados nos tratamentos hidrotérmicos, o encolhimento não é linear com o aumento da temperatura. Já no tratamento em ar quente, há certa linearidade na relação entre a temperatura e o

encolhimento, Geocities (2014).

Assim nota-se claramente a importância do conhecimento sobre tratamentos térmicos e processos de termofixação, pois estes são fundamentais para estabilidade e propriedades físico-químicas das fibras têxteis.

4. TERMOFIXAÇÃO

O processo de termofixação é baseado no aquecimento das fibras dentro de uma faixa específica de temperatura cujo limite superior é a temperatura de fusão e o limite inferior é a temperatura de transição vítrea (necessária para quebrar as ligações secundárias) e os principais resultados obtidos pelo processo de termofixação são: homogeneização da estrutura da fibra, eliminação de tensão interna da fibra resultando em redução do encolhimento durante processos de beneficiamento subsequentes e uso final, aumento da estabilidade dimensional e redução do enrolamento das laterais de tecidos planos e malhas, Rouette (2001).

As mudanças causadas pela termofixação não são apenas mecânicas, mas também nas propriedades de tingimento das fibras sintéticas. A temperatura selecionada determina as propriedades de tingimento subsequentes como segue: Com o aumento da temperatura (no caso do poliéster, acima de 200 °C) a proporção de regiões cristalinas diminui porque os cristalitos instáveis fundem e a massa polimérica recristaliza parcialmente posteriormente. Quanto maior a proporção de regiões não cristalinas depois da termofixação, que também é influenciada pela taxa de resfriamento (resfriamento rápido reduz a recristalização), melhores serão as propriedades de tingimento posterior, Rouette (2001).

A termofixação dos tecidos de poliéster pode ser feita em temperaturas nominais compreendidas entre 160 °C e 220 °C e tempos de 30 a 120 segundos, Rouette (2001).

Giordano e Sinézio (2006) estudaram a influência dos parâmetros tempo e temperatura de termofixação na estabilidade dimensional do tecido de poliéster. Eles demonstraram que temperaturas de termofixação acima de 170 °C conferem ao tecido boa estabilidade dimensional, ou seja, o tecido termofixado em tais temperaturas, não se encolhe quando submetido a tratamentos posteriores ou durante o uso.

Garcém et al. (2007) estudaram a influência da temperatura de termofixação do poliéster na absorção e velocidade de difusão de corantes dispersos. Segundo esses autores temperaturas de termofixação, entre 190 e 200 °C, aumenta a absorção de algumas classes de corante disperso pelo substrato têxtil e a difusão do corante não apresenta uma relação linear com a temperatura de termofixação, sendo que tipos de corantes dispersos analisados apresentaram comportamentos diferentes uns dos outros.

Rao et al. (2008) observaram que variando a temperatura de termofixação de filmes de PET é possível variar sistematicamente a morfologia cristalina desse material.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Materiais

- Tecido 100 % poliéster (Urdume 36 fios/cm 30 tex, trama 24 fios/cm 80 tex, 350 g/m²);
- Dinamômetro, Rama, Balança, Corante, Vidrarias.

5.2. Métodos

5.2. 1. Ensaio de alongamento e tração

Recortou-se amostras de tecido de poliéster e preparou-se as mesmas para o ensaio de resistência à tração e alongamento nos sentidos da trama e do urdume, segundo a norma NBR 11912. Submeteu-se as amostras ao processo de termofixação em diferentes condições de tempo e temperatura. Submeteu-se amostras termofixadas e sem termofixar ao ensaio de alongamento ruptura em dinamômetro como descrito na norma NBR 11912 com o objetivo de verificar a influência do tempo e temperatura de termofixação nas propriedades de alongamento e força de ruptura do tecido de poliéster.

5.2. 2. Termofixação e encolhimento

Termofixou-se amostras de tecido de poliéster nas seguintes temperaturas: 120, 160, 180, 200 e 220 °C por 30, 60, 90 e 200 segundos. Utilizou-se rama de laboratório com controles automáticos de tempo e temperatura.

Com o objetivo de verificar a influência da temperatura e tempo de termofixação no encolhimento do tecido de poliéster, mediu-se as dimensões das amostras preparadas para ensaio de alongamento ruptura antes e depois da termofixação e em seguida calculou-se o percentual de encolhimento das mesmas.

5.2. 3. Hidrofilidade

Mediu-se a hidrofilidade do tecido através da análise de absorção de gota de solução de corante depositada na superfície do tecido, de acordo com a norma NBR 13000.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Encolhimento

A figura 1 apresenta os resultados das amostras do tecido de poliéster submetidas aos ensaios de encolhimento em função da temperatura de termofixação para urdume (Fig. 1A) e trama (Fig. 1B). Observa-se nessa figura, que o processo de termofixação promove encolhimento do tecido de poliéster no sentido da trama e do urdume, e esse encolhimento varia com tempo e temperatura de termofixação. Pode-se observar que o encolhimento aumenta com o aumento da temperatura do

processo. Observa-se que para temperatura de 120 °C o encolhimento é pequeno em comparação às demais temperaturas e atinge seu maior valor na temperatura de 220 °C, onde observa-se encolhimento ~12% no sentido da trama e ~10% no sentido do urdume. Observa-se também que o tempo de processo praticamente não influencia a propriedade de encolhimento do tecido de poliéster.

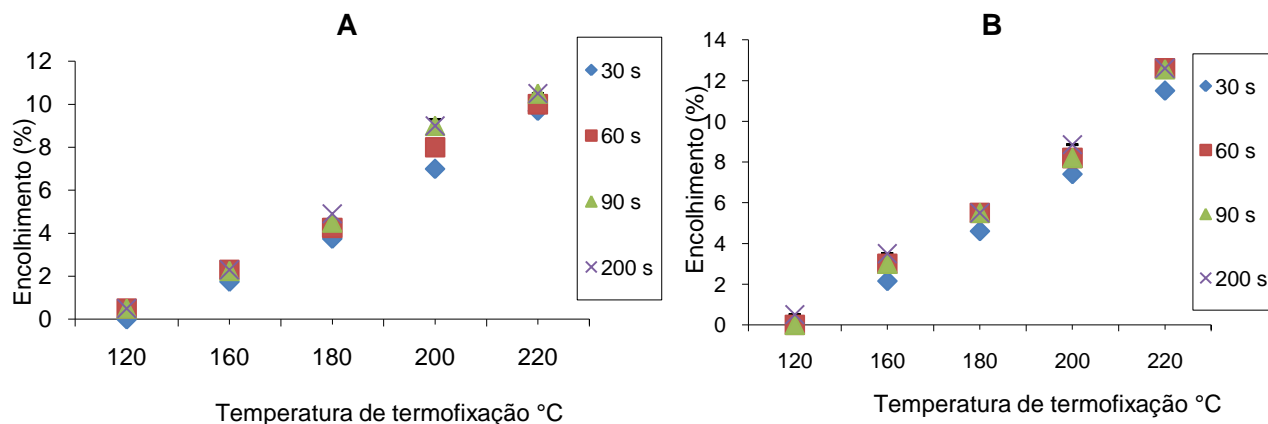


Figura 1: Encolhimento (%) em função da temperatura de termofixação para amostras de tecido de poliéster no sentido do urdume (A) e no sentido da trama (B) para tempos de termofixação de 30, 60, 90 e 200s.

O comportamento observado na figura 4 para o tecido de poliéster pode ser explicado da seguinte forma: o estado físico-mecânico borrachoso, para polímeros semicristalinos como o PET, acontece em temperaturas entre T_g e T_m que no caso do PET são ~ 65 e ~ 265 °C respectivamente. Nessa faixa de temperatura o PET ao ser aquecido tende a encolher. Isso acontece porque as cadeias poliméricas da fibra que foram estiradas durante o processo de fabricação contraem com o aumento da temperatura. Essa contração acontece porque para aumentar a entropia do sistema, é necessário aumentar o número de conformações possíveis da cadeia, que pode ser conseguido com a aproximação das suas duas pontas. Esse comportamento se repete para todas as cadeias gerando o efeito macroscópico de contração ou encolhimento.

6.2. Alongamento e Ruptura

A figura 2 apresenta os resultados das amostras do tecido de poliéster submetidas aos ensaios de alongamento em função da temperatura de termofixação para trama (Fig. 2A) e urdume (Fig. 2B). Observa-se que o processo de termofixação promove o aumento do alongamento do tecido de poliéster nos sentidos da trama e do urdume, e esse aumento varia com a temperatura de termofixação, ou seja, aumentando a temperatura de termofixação aumenta-se também o percentual de alongamento do tecido que atinge valor de ~20% para a temperatura de 220 °C. Observa-se também que o tempo de termofixação não promove alterações consideráveis no percentual de alongamento do tecido de poliéster nos sentidos da trama e do urdume.

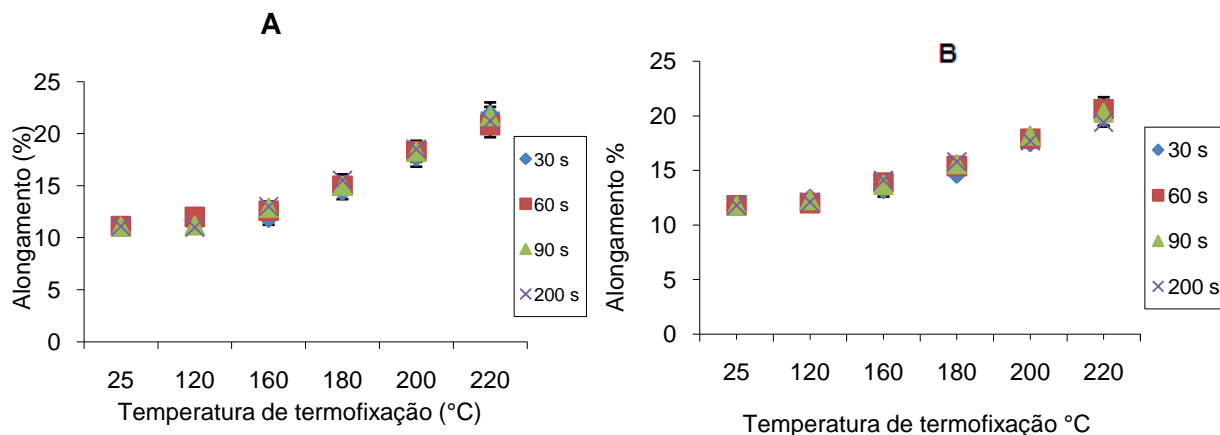


Figura 2: Alongamento (%) em função da temperatura de termofixação para amostras de tecido de poliéster no sentido da trama (A) e no sentido do urdume (B) para os tempos de termofixação 30, 60, 90 e 200s.

Esse comportamento está associado ao fato de as cadeias poliméricas terem se encolhido durante a termofixação, tornando possível um alongamento maior quando submetidas a uma força de tração. Isso pode ser visto ao comparar as figuras 1 e 2, onde se observa que as amostras que tiveram maior encolhimento na termofixação, foram as mesmas que alcançaram maior alongamento nos ensaios de alongamento e ruptura.

A figura 3 apresenta os resultados das amostras do tecido de poliéster termofixadas e não termofixadas submetidas ao ensaio de alongamento em função do tempo de tratamento corona.

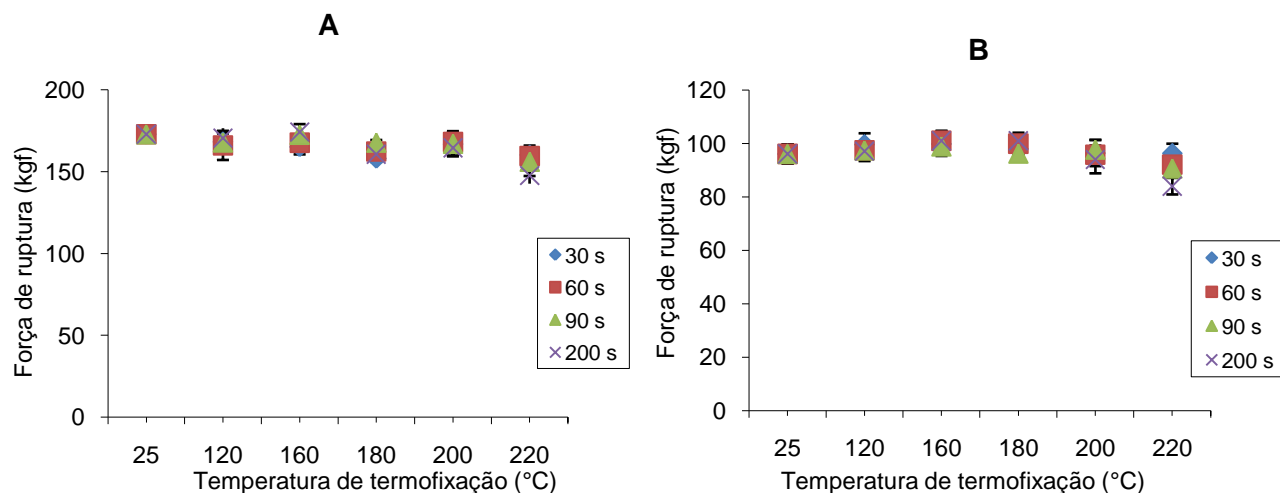


Figura 3: Força de ruptura (kgf) em função da temperatura de termofixação para amostras de tecido de poliéster no sentido da trama (A) e no sentido do urdume (B) para os tempos de termofixação 30, 60, 90 e 200s.

Observa-se na figura 3 que o processo de termofixação pouco influencia na força de ruptura das amostras de poliéster no sentido da trama e do urdume. Segundo Odian (1991), o comportamento mecânico dos polímeros está associado ao grau de cristalinidade, quantidade de ligações cruzadas, e aos valores de T_g e T_m . Acredita-se que o processo de termofixação, nas condições praticadas nesse trabalho, não proporciona mudanças significativas nessas propriedades e isso explicaria a pouca influência do processo termofixação na força de ruptura do tecido de poliéster, como se observa na figura 3.

6.3. Hidrofilidade

A figura 4 apresenta os resultados das amostras de tecido de poliéster submetidas ao ensaio de hidrofilidade em função da temperatura de termofixação.

Observa-se na figura 4 que o processo de termofixação promove a diminuição da hidrofilidade do tecido de poliéster, ou seja, as amostras termofixadas apresentam tempos maiores para absorção da gota de solução de corante. Pode-se observar que a hidrofilidade diminui com o aumento da temperatura e do tempo de termofixação. Não foi possível obter resultados de hidrofilidade para amostras do tecido termofixado na temperatura de 220 °C, ou seja, a gota de solução evaporava antes de ser absorvida pelo tecido

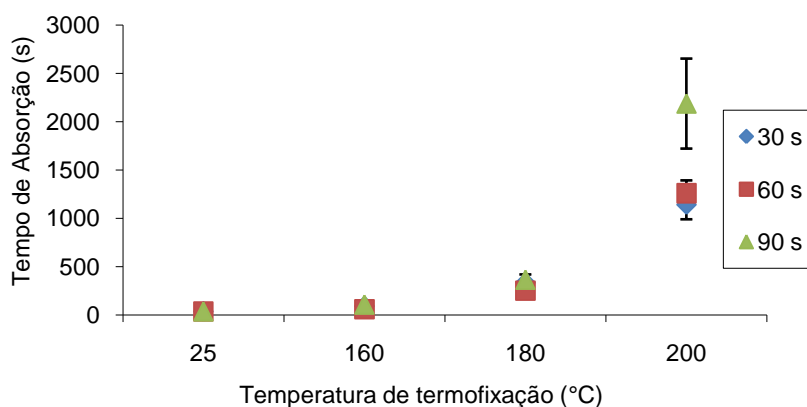


Figura 4: Tempo de absorção de uma gota de solução de corante em função do tempo de termofixação

7. CONCLUSÕES

- O tempo de termofixação de 30s e temperatura de 200 °C são suficientes para boa estabilidade dimensional do tecido.
- A termofixação promove encolhimento do tecido de poliéster e esse encolhimento aumenta com aumento da temperatura do processo. O tempo de termofixação pouco influência nessa propriedade do tecido.
- A termofixação promove o aumento do índice de alongamento do tecido de poliéster e esse

alongamento aumenta com o aumento da temperatura de termofixação. O tempo de termofixação pouco influencia nessa propriedade.

- A termofixação não promove alterações consideráveis na força de ruptura do tecido de poliéster.
- A termofixação promove a diminuição da hidrofiliidade do tecido de poliéster.

8. REFERÊNCIAS

ABRAFAS – Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas. Estatísticas, ano 2012. Disponível em: <http://www.abrafas.org.br>, Acessado em 18/11/2013.

GARCÉN, I., MAILLO, J., CAYUELA, D., PUENTE, P., GARCÉN, J., Influência da temperatura de termofixação do poliéster (PET) na velocidade de difusão de corantes dispersos. Revista Química Têxtil, N° 89, Dez 2007, pág. 26 a 36.

GEOCITIES – Análise dimensional dos tecidos. Disponível em: http://www.geocities.ws/lcrespim/trabalhos/Alterac_dimensional.PDF. Acesso em 13/04/14.

GIORDANO, J. B., SINÉZIO, J. C.C., Estudo dos Parâmetros Tempo e temperatura na Termofixação em tecidos de Poliéster. Revista Química Têxtil, N° 85, Dez 2006, pág. 44 a 54.

GUILLÉN, J. G., *Nomes genéricos das fibras químicas normativas e legislação*. Revista Química Têxtil, ano XXVI, n° 70, pg. 29, Mar. 2003.

LUDEWIG, H., *Polyester fibres chemistry and technology*, New York: Wiley-Interscience Publication, pg. 453, 1964.

NBR 13000 – Determinação da hidrofiliidade do tecido.

NBR 11912 – Determinação da resistência à tração e alongamento de tecido plano.

ODIAN, G., *Principles of polymerization*, third edition, New York: Wiley-Interscience Publication, pg. 12-194, 1991.

RAO, Y., GREENER, J., ORTA, C. A. A., HSIAO, B. S., BLANTON, T. B., The relationship between microstructure and toughness of biaxially oriented semicrystalline polyester films, Polymer, N° 49, April 2008, pg 2507–2514.

ROUETTE, HANS-KARL. *Encyclopedia of Textile Finishing*. Woodhead Publishing, 2001. 3011p.

SCHEIRS, J., LONG, T. E., *Modern Polyesters: Chemistry and Technology of Polyesters and Copolyesters*. John Wiley & Sons Ltd, England 2003.