

2º Seminário Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação na Indústria Têxtil



Organizadores
Rafael Pereira Ocampo Moré
Ana Julia Dal Forno
Cláudio José Amante
Alexandre Moraes Ramos

2º Seminário Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação na Indústria Têxtil



Organizadores
Rafael Pereira Ocampo Moré
Ana Julia Dal Forno
Cláudio José Amante
Alexandre Moraes Ramos

2º Seminário Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação na Indústria Têxtil



Organizadores
Rafael Pereira Ocampo Moré
Ana Julia Dal Forno
Cláudio José Amante
Alexandre Moraes Ramos



FLORIANÓPOLIS – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Reitor

Luiz Carlos Cancellier de Olivo

Vice-Reitora

Alacoque Lorenzini Erdmann

CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS

Diretor

Ubaldo Cesar Balthazar

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO

Coordenador

Arno Dal Ri Júnior

Subcoordenador

Everton das Neves Gonçalves

Organização

Rafael Pereira Ocampo Moré; Ana Julia Dal Forno

Cláudio José Amante; Alexandre Moraes Ramos

Apoio

Centro de Ciências Jurídicas da

Universidade Federal de Santa Catarina

Projeto "Mais Ciência – Plataforma Digital, Eventos Jurídicos e Inovação", da Fundação Boiteux (FUNJAB)

Comissão Organizadora dos Eventos

Aline Larroyed

Aluizia Aparecida Cadori

Ana Paula Gomes Pinto

Araken Alves de Lima

Arno Dal Ri Junior

Camila Matos

Carlos Alberto Diniz dos Santos Filho

Cláudio José Amante

Cristiane Derani

Cristiani Fontanela

Daniela Lippstein

Fernando Alvaro Ostuni Gauthier

Gertrudes Aparecida Dandolini

Jennyffer Mesquita

João Artur de Souza

Jose Isaac Pilati

Juliano Scherner Rossi

Luiz Otávio Pimentel

Marcelo Chimento

Maria Isabel de Toledo Andrade Cunha

Marina Machado Silva

Rita Pinheiro Machado

Suelen Carls

Ubaldo Cesar Balthazar

Coordenação Editorial

Denise Aparecida Bunn

Revisão de Português e Normalização ABNT

Claudía Leal Estevão

Márcia Regina Pereira Sagaz

Patricia Regina Costa

Capa, Projeto Gráfico e Editoração

Cláudio José Girardi

Ficha Catalográfica

S471s Seminário Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação na
Indústria Têxtil (2. : 2017 : Blumenau, SC)
2º Seminário Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
na Indústria Têxtil [Recurso eletrônico on-line] / organizadores
Rafael Pereira Ocampo Moré...[et al.]. – Florianópolis :
FUNJAB, 2017.

Inclui referências

ISBN: 978-85-7840-231-0

Disponível em: funjab.ufsc.br

1. Ciência. 2. Tecnologia. 3. Indústria Têxtil – Santa
Catarina. 4. Inovação. 5. Desenvolvimento tecnológico.

I. Moré, Rafael Pereira Ocampo. II. Título.

CDU: 677

Sumário

Sumário

Efeito de Componentes de Mistura de Enzimas e Tensoativo em Formulação para Biopurga11

Carolina D'ávila Kramer Cavalcanti – José Alexandre Borges Valle

Jürgen Andreus – Cintia Marangoni – Rita de Cassia Siqueira Curto Valle

Análise da Propriedade Industrial da Disney Enterprise23

Thays de Almeida Velho – Ana Julia Dal Forno

Potencialidade da Destilação por Membranas por Contato Direto para Recuperação de Águas Residuais Têxteis33

Helois Ramlow – Victor Hugo Correa – Rita de Cassia Siqueira Curto Valle

José Alexandre Borges Valle – Andrea Cristiane Krause Bierhalz – Cintia Marangoni

Análise da Fibra de Lã Canina por meio do Tratamento Superficial para Aplicações em Materiais Poliméricos43

Francisco Claudivan da Silva – Victor Fischer Missfeld – Rasiah Ladchumananandasivam

O Empreendedorismo na Formação do Engenheiro Têxtil: o plano de negócios para uma indústria de microfibras com resíduos têxteis 51

Edna Regina Evaristo – Ana Julia Dal Forno – Ana Paula Immich Boemo

Ida Luciana Martins Noriler – José Alexandre Borges Valle

Desenvolvimento de Estruturas Auxéticas a partir da Tecnologia de Malharia por Trama 61

Fernanda Steffens – Wolfi Utech Junior – Fernando R. Oliveira

Inovações Têxteis e Forças Armadas 73

Fernanda Steffens – Fernando R. Oliveira – Michele Schmidt

Inovação: têxteis além do vestuário 89

Fernando R. Oliveira – Fernanda Steffens – Kerolyn Paula F. Sousa

Remodelando o Uniforme Escolar das Escolas Públicas do Município de Blumenau numa Perspectiva Sociotécnica 103

Marilise Luiza Martins dos Reis Sayão – Brenda Teresa Porto de Matos

Laura Palermo Gomes – Fabieli Diones Breier

Reaproveitamento de Retalhos de Tecido na Fabricação de Adsorventes.. 123

Jeferson Correia – Andressa Regina Vasques Mendonça – Selene Maria de Arruda

Guelli Ulson de Souza – Rita de Cassia Siqueira Curto Valle

José Alexandre Borges Valle

Amarrotamento de Substratos Têxteis 137

Sálvio Lima de Carvalho Neto – José Alexandre Borges Valle

Daniel Alejandro Ponce Saldías – Rita de Cassia Siqueira Curto Valle

Catia Rosana Lange de Aguiar – Grazyella Cristina Oliveira de Aguiar

Apresentação

O presente livro é fruto do debate realizado no 2º Seminário Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação na Indústria Têxtil, que aconteceu em 19 de abril de 2017, no SENAI-Blumenau, e contou com a participação de pesquisadores, de profissionais, de representantes de empresas e do setor público. Foi organizado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por meio da Secretaria de Inovação (SINOVA).

No evento, foram abordados os temas inovação, pesquisa e desenvolvimento em áreas, como transporte e logística, ferramentas estratégicas, inovações em P&D, mapa estratégico e outros relacionados à indústria têxtil.

O Seminário integrou o projeto “Mais Ciência – Plataforma Digital, Eventos Jurídicos e Inovação”, da Fundação Boiteux (FUNJAB), órgão de apoio à UFSC, ligado ao Centro de Ciências Jurídicas (CCJ).

É importante destacar o apoio da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC), do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) e de seus interlocutores, do Instituto Euvaldo Lodi (IEL) e do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) que cederam o espaço físico para a realização do evento.

O Seminário reuniu ilustres pesquisadores e profissionais de diversas instituições brasileiras, como o Dr. Ricardo Carvalho (INPI), o Dr. Fernando Oliveira (UFSC-Blumenau) e o Sr. Jairo Dias (Instituto SENAI de Tecnologia Têxtil).

Num formato dinâmico e interativo, com gravação simultânea, o debate retratou na prática os desafios do setor têxtil brasileiro, bem como seu marco regulatório legal, além do seu destaque no cenário mundial, a partir de novas soluções profissionais e tecnológicas. Buscou retratar o desafio de compreender as dimensões do parque industrial têxtil do Brasil, que é o 4º maior do mundo, e relacionar as ações que estão sendo pensadas para o futuro.

Efeito de Componentes de Mistura de Enzimas e Tensoativo em Formulação para Biopurga

Carolina D'ávila Kramer Cavalcanti

Aluna de Iniciação Científica do curso de Engenharia Têxtil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). *E-mail:* carolina.kramer@grad.ufsc.br

José Alexandre Borges Valle

Pós-doutor em Engenharia Química, pela Universidade do Porto. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* alexandre.valle@ufsc.br

Jürgen Andreus

Doutor em Engenharia Química e Meio Ambiente, pela Technische Universität Graz. Docente da Universidade Regional de Blumenau (FURB), no curso de Química. *E-mail:* jandreaus@furb.br

Cintia Marangoni

Pós-doutora em Química, pela UFSC. Docente da UFSC, no curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* cintia.marangoni@ufsc.br

Rita de Cassia Siqueira Curto Valle

Doutora em Química, pela UFSC. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* rita.valle@ufsc.br

Resumo

Neste trabalho foi estudado o comportamento de diversas enzimas em substrato têxtil, malha 100% algodão, com o objetivo de aplicá-las no processo de biopurga. Atualmente, a primeira etapa do beneficiamento têxtil, a purga, foi realizada por meio de compostos alcalinos extremamente concentrados, essas soluções, além de danificarem a fibra têxtil, no final do processo, são descartadas como efluentes. Os efluentes têxteis acarretam em um grande prejuízo ambiental devido às suas características químicas. Como proposta o projeto visou elaborar um *blend* de enzimas e tensoativos biodegradáveis para a substituição do método convencional de purga alcalina. Primeiramente foram caracterizadas as enzimas pectato liase e lipase, posteriormente foram avaliadas as suas atividades em contato com tensoativos. A partir da caracterização das enzimas foi proposto um *blend* composto por pectato liase, lipase e o tensoativo Glucopom. A eficiência da purga enzimática foi evidenciada por meio do aumento da hidrofiliabilidade da malha 100% algodão, mostrando-se uma alternativa biodegradável, economicamente interessante e eficiente para o processo de purga alcalina.

Palavras-chave: Enzimas. Purga. Purga enzimática. Malha 100% algodão.

Introdução

O algodão é uma fibra têxtil natural de origem vegetal obtida da planta *Gossypium*. Sua composição consiste majoritariamente em celulose, cerca de 80%, mas também apresenta outras substâncias, como proteínas, pectinas, ceras, cinzas, entre outras. Essas impurezas são responsáveis pela característica hidrofóbica da fibra crua (LIN; HSIEH, 2001). A remoção dos compostos indesejáveis ocorre geralmente por meio de purga alcalina, utilizando-se soda cáustica (2%–5%), água próximo à fervura e outros compostos como surfactantes, sequestrantes e caso se queira um grau de alveamento mais importante usa-se também peróxido de hidrogênio (KARMAKAR, 1999), sendo que nessa etapa ocorre o uso de produtos químicos mais agressivos e de maior consumo energético na indústria de beneficiamento têxtil (LOSONCZI *et al.*, 2004). Com a atual conjuntura, a indústria têxtil está recebendo pressão para desenvolver processos altamente competitivos, eficientes e de baixo custo, com tecnologias sustentáveis para atender às exigências dos consumidores (MEHLER, 2013), e, nesse sentido, processos, como a purga alcalina, têm recebido críticas e solicitações de tecnologias alternativas que assegurem a qualidade do material e seja ecologicamente amigável (SHAHID *et al.*, 2016). A biopurga é um processo que se basearia em utilizar enzimas para a remoção de impurezas não celulósicas em substratos de algodão. Apoiado na composição de impurezas não celulósicas do algodão, utiliza várias enzimas, como as pectinases alcalinas ou ácidas, celulases, proteases, xilanasas e lipases, que têm sido investigadas e avaliadas como agentes na biopurga de forma pura ou associada (EREN; ERISMIS, 2013; NIAZ *et al.*, 2011; VIGNESWARAN *et al.*, 2013; ABDEL-HALIM; FAHMY; PREŠA; TAVČER, 2008; SARAVANAN; VASANTHI; RAMACHANDRAN, 2009; ALY; MOUSTAFA; HEBEISH, 2004; MOLINA; PELISSARI; VITORELLO, 2001; GUSAKOV *et al.*, 2000).

As pectinases agem nos compostos pécnicos da cutícula e parede primária da fibra, que atua como uma barreira impermeável fortemente unida à celulose e aos outros componentes que conferem características hidrofóbicas. A degradação e eliminação de pectinas propicia a remoção das demais impurezas pela facilitação da ação de outros agentes do banho, enzimas e/ou tensoativos, sem causar despolimerização da celulose e perdas de peso e resistência dos materiais (KEKOS *et al.*, 2008). Kalantzi *et al.* (2010) citam a necessidade de uso de outras enzimas concomitantes no processo de biopurga que garantam a remoção de impurezas insolúveis, notadamente as substâncias lipídicas, além do uso de celulases que auxiliam na quebra da cutícula e da parede primária, favorecendo a ação das pectinases e conseqüente completa quebra das ligações da pectina (NIAZ *et al.*, 2011). Atenção no uso de celulase é requerida por possibilidade de perda de massa e de resistência da fibra (HARTZELL; HSIEH, 1998; ARAÚJO; CASAL; CAVACO-PAULO, 2008). Outro aspecto importante a ser estudado se refere ao uso de tensoativos e sequestrantes no banho de biopurga para garantir a hidrofiliidade do material têxtil e o melhor desempenho de enzimas, respectivamente (CSISZÁR *et al.*, 2001; TZANOV *et al.*, 2001; SHAFIE; FOUUDA; HASHEM, 2009). Essa tecnologia proporciona pleno suporte à indústria têxtil nessa atual tendência em reduzir as condições agressivas dos processos, além de proporcionar inovação com excelente custo-benefício, melhorando a qualidade dos artigos têxteis e em total acordo com as regulamentações ambientais.

Apesar da existência de diversos trabalhos que demonstram o potencial de utilização de pré-tratamento enzimático pouco se utiliza de tratamentos estatísticos para propor misturas de enzimas que permitam avaliar as quantidades adequadas de diferentes enzimas que atuarão na remoção dos respectivos substratos que compõem as impurezas de um material têxtil. Todos esses parâmetros têm efeitos importantes sobre a eficiência dos processos poste-

riores do beneficiamento têxtil. Nesse estudo se propõe um estudo de planejamento experimental utilizando enzimas pectato liase, lipase e um tensoativo para avaliar o ganho de hidrofiliidade em malha 100 % algodão.

Material e Métodos

Os experimentos ocorreram no Laboratório de Análise Têxtil e no Laboratório Têxtil de Ensaaios Físicos e Físico-Químicos da Universidade Regional de Blumenau (FURB) e no Laboratório de Meio Ambiente do Departamento de Engenharias da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC-*Campus* Blumenau).

Foram utilizadas as enzimas lipase, Lipolase® 100 L e pectato liase, BioPrep® 3000 L. Como substrato para os experimentos, foi utilizada malha 100% algodão, crua, em amostras de aproximadamente 5 g, com dimensões de 15 x 20 cm, densidade aproximada de 167 g/m².

Processo de Purga

No processo de purga enzimática amostras de 5 g de malha 100% algodão, foram encubadas por 20 minutos em um banho a 60°C, em agitação constante, a relação de banho utilizada foi de 1:8 e as concentrações utilizadas foram: lipase 80U/g, pectato liase 120 U/g e Glucopom 1 g/L. Depois desse processo, as amostras foram fervidas por 10 minutos em temperatura de aproximadamente 95°C para inativação das enzimas, lavadas em água abundante e colocadas para secar por um período de 24 horas.

O processo de purga alcalina consistiu em submeter as amostras de tecido em um preparo alcalino, com relação de banho 1:8 e concentrações de hidróxido de sódio 50% (4 mL/L), peróxido de hidrogênio (1,6%), temperatura de 95°C em 25 minutos. Depois de

submetidas ao banho alcalino, as amostras foram submetidas a um banho ácido para estabilização, com parâmetros de: concentração de ácido acético 90% (0,8 g/L), temperatura de 50°C por 10 m. Depois do banho ácido, as amostras foram lavadas em água abundante e postas para secar em temperatura ambiente por um período de 24 horas.

Medida da Hidrofilidade da Malha 100% Algodão

Como referência para o experimento de hidrofilidade, usou-se a norma técnica NRB 13.000. O aparato experimental foi montado de forma que as amostras de tecido foram fixadas em um bastidor de bordado, esse bastidor foi fixo em um suporte que dista exatamente 4 mm da bureta. A bureta deixa a gota d'água destilada em temperatura ambiente cair sobre o tecido e o resultado obtido é exatamente o tempo que o tecido leva para absorver uma gota de água.

Planejamento Experimental

O planejamento experimental foi realizado segundo um delineamento experimental fatorial com metodologia de superfície de resposta rotacional 23 com o ponto axial $\alpha = 1,6817$. Foram realizados um total de 15 tratamentos com 6 replicações no ponto central. A resposta, hidrofilidade, foi analisada estatisticamente com nível de significância, ao nível de 5%, dos efeitos foi estabelecida por meio de análise de variância utilizando o *software* Statistica 7.0.

Resultados e Discussão

A estimativa do efeito da pectato liase, lipase e glucocon sobre a hidrofildade da malha crua 100% algodão está apresentado na Tabela 1.

Apresentam significância para o processo a enzima pectato liase e o Glucocon. Isso devido às características das fibras de algodão cuja cutícula possui uma concentração de pectina que é a grande responsável pela hidrofobicidade. Os lipídios presentes estão sendo removidos mais fortemente pela presença do tensoativo que pela enzima lipase, por isso a não significância desse fator para o processo de biopurga.

Tabela 1 – Efeitos Principais e de Interação dos Fatores Estudados

	Efeito	t(5)	p-value
(1) Pectato Liase (L)	0,612418	5,65800	0,029846
Pectato Liase (Q)	0,911185	7,64847	0,016668
(2) Lipase (L)	0,260946	2,41082	0,137454
Lipase (Q)	-0,361607	-3,03532	0,093557
(3) Glucocon (L)	2,946211	27,2194	0,001347
Glucocon (Q)	1,406160	11,8037	0,007101
(1L) by (2L)	0,450000	3,18198	0,086188
(1L) by (3L)	2,050000	14,4959	0,004725
(2L) by (3L)	-0,150000	-1,06066	0,400000

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Nos ensaios em que houve ausência de pectato liase (234 segundos) ou com ausência de lipase (136 segundos) observou-se uma hidrofildade reduzida, fato não observado quando a ausência era de tensoativo no meio de biopurga (42 segundos). Essa diferença remete o quanto o uso de enzimas é interessante no processo de aumento de hidrofildade de malha 100% algodão. Não se pode afirmar que o uso de tensoativos não tem efeito, mas que o uso de Glucocon 650 não contribui de forma significativa para a respos-

ta. Novos testes com outros tensoativos devem ser realizados. Nas Figuras 1A e 1B pode-se observar onde as concentrações das enzimas lipase e pectato liase apresentam ponto de mínimo, ou seja, menos tempo de absorção da gota.

Figura 1A – Curva de superfície de resposta entre os fatores Glucopon e pectato liase

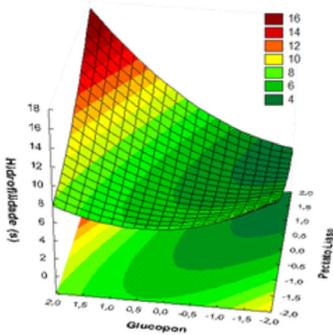
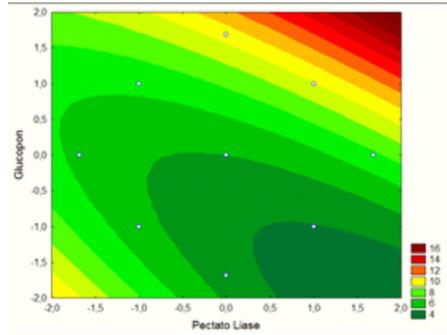


Figura 1B – Curva de Nível entre os fatores Glucopon e pectato liase



Elaboradas pelos autores deste artigo

Como é desejável obter-se o menor tempo como resposta, o que se reflete num aumento de hidrofiliidade em decorrência dos tratamentos realizados, observa-se que a região ótima da curva de superfície de resposta se encontra em circunstância em que a lipase se apresenta na maior concentração estudada (+ α), enquanto que a pectato liase pode estar em torno da concentração utilizada no nível +1. Esse resultado pode indicar que pode ser possível aumentar ainda mais a hidrofiliidade do algodão aumentando-se a quantidade de enzima lipase no meio. Entretanto, deve-se levar em consideração que o efeito positivo na resposta tempo (variável analisada) o que indica que quando o tensoativo se encontra em nível alto há um aumento do tempo de absorção da gota, podendo estar demonstrando que existe uma relação desfavorável entre a enzima e o Glucopon 650. Uma hipótese é de que pode estar havendo atuação da lipase sobre a cauda polar do tensoativo, reduzindo sua

ação surfactante sobre o processo, não favorecendo a umectância da malha.

A análise estatística também possibilita obter um modelo estatístico, conforme demonstra a Equação 1, na qual só resultam os efeitos significativos dos fatores estudados, nesse caso pectato liase linear e quadrática e lipase linear.

$$T = 33,82 - 29,85 \cdot CPL + 20,39 \cdot CPL^2 - 19,73 \cdot CL \quad [\text{Eq.1}]$$

Em que T representa o tempo total de absorção da gota pelo tecido, *CPL* representa o valor da concentração da pectato liase e *CL* representa o valor da concentração de lipase.

No teste de purga alcalina, obteve-se o valor médio de hidrofili-
dade de 23 segundos e com um desvio padrão de 8,97. Essa vari-
ância nas repostas obtidas com os ensaios de purga alcalina pode
estar relacionada ao tipo de malha utilizada ou com questões de
agitação do sistema.

Conclusões

Pode-se constatar que a purga enzimática é uma alternativa viável em substituição ao processo convencional, purga alcalina. As alternativas sustentáveis aos processos têxteis convencionais estão se mostrando muito mais atrativas financeira e economicamente em relação aos insumos químicos necessários. Para que haja uma reforma no processo produtivo da cadeia têxtil nacional, de forma que todos os processos se tornem os mais ambientalmente corretos possível, respeitando as condições ambientais e humanas, é necessário que os empresários reformulem suas formas de pensar para que aceitem as inovações propostas pelas instituições de ensino e pelo mercado consumidor.

A maior hidrofiliidade atingida se deu nas concentrações máximas de pectato liase e GlucoPON, sendo que a enzima lipase não se apresentou com um fator significativo nas condições estudadas.

O método de superfície de resposta se mostrou como uma importante ferramenta estatística para conhecimento das variáveis estudadas e tomada de decisão sobre os componentes de uma formulação. Os componentes estudados demonstraram ganhos significativos em processo de biopurga estudado.

Agradecimentos

À Akmey Biotecnologia Têxtil, pela doação das enzimas, à empresa Carolina Alves, pela doação da malha e ao CNPq, pelo fomento à pesquisa, fornecendo bolsa de Iniciação Científica.

Referências

ABDEL-HALIM, E. S.; FAHMY, H. M.; FOU DA, M. M. G. Bioscouring of linen fabric in comparison with conventional chemical treatment. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 74, n. 3/4, p. 707–711, 2008.

ALY, A. S.; MOUSTAFA, A. B.; HEBEISH, A. Bio-technological treatment of cellulosic textiles. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 12, p. 697–705, 2004.

ARAÚJO, R.; CASAL, M.; CAVACO-PAULO, A. Application of enzymes for textile fibres processing. **Biocatalysis and Biotransformation**, [S. l.], v. 26, n. 5, p. 332–349, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13000**: material têxtil: determinação da hidrofiliidade de tecidos. Rio de Janeiro, 1993.

CSISZÁR, E. *et al.* Enzymes and chelating agent in cotton pretreatment. **Journal of Biotechnology**, [S. l.], v. 89, n. 2/3, p. 271–279, 2001.

EREN, H. A.; ERISMIS, B. Ultrasound-assisted bioscouring of cotton. **Coloration Technology**, [S. l.], v. 129, n. 5, p. 360–366, 2013.

- GUSAKOV, A. V. *et al.* A Comparative study of different cellulase preparations in the enzymatic treatment of cotton fabrics. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, [S. l.], v. 88, p. 119–126, 2000.
- HARTZELL, M. M.; HSIEH, Y. L. Enzymatic scouring to improve cotton fabric wettability. **Textile Research Journal April**, [S. l.], v. 68, p. 233–241, 1998.
- KARMAKAR, S. R., **Textile science and technology**. Chemical technology in the pre-treatment processes of textiles. v. 12, New York: Elsevier, 1999, p. 3–44.
- KALANTZI, S. *et al.* Improved properties of cotton fabrics treated with lipase and its combination with pectinase. **Fibres & textiles in eastern Europe**, [S. l.], v. 82, n. 5, p. 86–92, 2010.
- KEKOS, D. *et al.* Effect of pectate lyase bioscouring on physical, chemical and lowstress mechanical properties of cotton fabrics. **Bioresource Technol**, [S. l.], v. 99, p. 8185–8192, 2008.
- LIN, C-H.; HSIEH, Y-L. Direct scouring of greige cotton fabric with proteases. **Textile Research Journal**, [S. l.], v. 5, p. 415–434, 2001.
- LOSONCZI, A. *et al.* Bleachability and dyeing properties of biopretreated and conventionally scoured cotton fabrics. **Textile Research Journal**, [S. l.], v. 74, p. 501–508, 2004.
- MEHLER, J. R. Desafios da indústria têxtil e as demandas de sustentabilidade. **Revista Diálogos Interdisciplinares**, [S. l.], v. 2, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www3.brazcubas.br/ojs2/index.php/dialogos/article/view/19/28>>. Acesso em: 13 maio 2014.
- MOLINA, Silvia M. G.; PELISSARI, Francisco A.; VITORELLO, Cláudia B. M. Screening and genetic improvement of pectinolytic fungi for degumming of textile fibers. **Brazilian Journal of Microbiology**, [S. l.], v. 32, n. 4, 2001.
- NI AZ, A. *et al.* Bioscouring of cellulosic textiles. **Coloration Technology**, [S. l.], v. 127, p. 211–216, 2011.
- PREŠA, P.; TAVČER, P. F. Low Water and Energy Saving process for cotton pretreatment. **Textile Research Journal January**, [S. l.], v. 79, p. 76–88, 2009.
- SARAVANAN, D.; VASANTHI, N. S.; RAMACHANDRAN, T. A review on influential behaviour of biopolishing on dyeability and certain physico-mechanical properties of cotton fabrics. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 76, n. 1, p. 1–7, 2009.

SHAFIE, A.; FOUDA, M. M. G.; HASHEM, M. One-step process for bio-scouring and peracetic acid bleaching of cotton fabric. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 78, n. 2, p. 302–308, 2009.

SHAHID, M. *et al.* Enzymatic processing of natural fibres: White biotechnology for sustainable development. **Green Chemistry**, EUA, v. 18, n. 8, p. 2256–2281, 2016.

TZANOV, T. *et al.* Bio-preparation of cotton fabrics. **Enzyme and Microbial Technology**, [S. l.], v. 29, n. 6/7, p. 357–362, 2001.

VIGNESWARAN, C., *et al.* Ecofriendly approach to improve pectinolytic reaction and process optimization of ioscouring of organic cotton textiles. **Journal of engineered fibers and fabrics**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 121–133, 2013.

Análise da Propriedade Industrial da Disney Enterprise

Thays de Almeida Velho

Aluna do curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
E-mail: thays.velho@grad.ufsc.br

Ana Julia Dal Forno

Pós-doutora em Engenharia de Produção, pela UFSC. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias.
E-mail: ana.forno@ufsc.br

Resumo

A gestão e o conhecimento sobre Propriedade Industrial são importantes para promover a inovação e o avanço tecnológico na indústria, pois todas as informações de um determinado projeto estão contidas nos documentos de patentes. Desse modo, o presente trabalho analisa de que forma a Engenharia, como ciência e tecnologia, se desenvolve a partir do uso da Propriedade Industrial na maior empresa de entretenimento do mundo, a Disney Enterprise Inc., além de apresentar desenhos de patentes que envolvem a Engenharia em sua produção. O artigo também observa a quantidade de patentes, registradas de 1988 a 2017, nos últimos 20 anos, portanto.

Palavras-chave: Propriedade Industrial. Inovação. Engenharias. Disney Enterprise.

Introdução

Segundo a Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, o acesso à informação é garantido e deve ser possibilitado em conformidade com os princípios básicos da Administração Pública. Dessa forma, pode-se ressaltar a importância de utilizar os registros de patentes como ferramenta de referência técnico-econômica para disseminar o conhecimento e o desenvolvimento da inovação.

Segundo Carvalho (2017), mais de dois terços das informações tecnológicas estão contidos nos documentos de patentes. Além disso, o segredo da competitividade sustentável é a habilidade de provocar e incorporar inovações. Assim, para ampliar esse procedimento de inovação, é necessário ter acesso às informações e um *know-how* de como usar, assimilar e condensar esses conhecimentos (LASTRES *et al.*, 2002).

Este artigo tem como objetivo analisar de que forma a Engenharia fundamentada na ciência e na tecnologia atuam a partir das patentes de invenção que a Disney Enterprise Inc. (doravante Disney) possui.

Metodologia

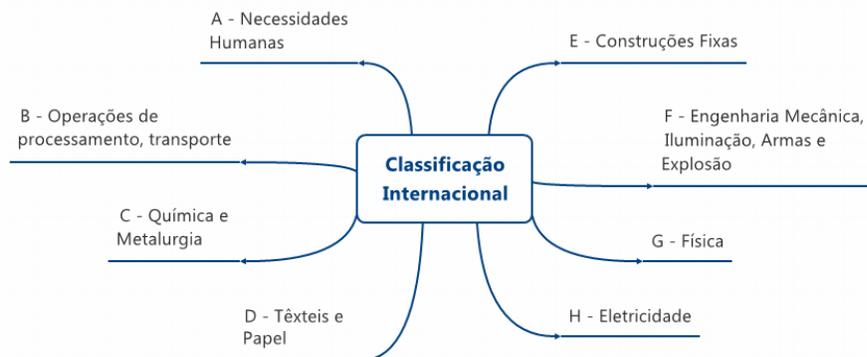
A pesquisa foi realizada a partir do levantamento de dados da plataforma da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), utilizando a palavra de requerente “*Disney Enterprise Inc.*”. Cada registro foi mapeado pela sua classificação internacional e também pelo período do depósito. Conforme as Figuras 1 e 2, o foco deste estudo foi somente a qualificação e a quantificação de registros relacionados à Engenharia.

Figura 1 – Classificação Quanto à Qualificação do Depósito

Exemplo: A Seção	01 Classe	B Subclasse	1/00 ou 1/24 Grupo	Grupo Principal Subgrupo
------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	-----------------------------

Fonte: OMPI (2017)

Figura 2 – Classificação Quanto ao Número de Depósitos em Engenharia



Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo

A metodologia utilizada foi a Bibliometria que, segundo Tague-Sutcliffe (1992), define-se como o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada.

Ao longo do trabalho, serão referenciados os tipos de depósitos, assim como sua evolução e impacto na economia e na inovação.

Resultados da Bibliometria

Uma boa evidência para mensurar o grau de inovação e o ritmo da economia, é o estudo da quantidade de depósitos de patentes solicitadas por país, pois o investimento em pesquisa e desenvolvimento, por companhias de todos os portes e universidades, demonstra o estado de produtividade de um governo (FREIRE, 2016).

Dessa forma, Salomão (2016) reporta que a Disney está em primeiro lugar entre as dez empresas mais poderosas do mundo, com o valor de marca em US\$ 31,67 bilhões de dólares. Isso revela o quanto a empresa se dedica à excelência em avanço da ciência, pois quanto maior o potencial de crescimento, maior o valor da

empresa, ou seja, o investimento no desenvolvimento tecnológico juntamente com a proteção intelectual, faz com que a Disney seja a empresa mais valorizada no planeta.

Dados da OMPI revelam que a Disney, como requerente, possui 1937 depósitos de patentes, sendo 908 de classificação G (Física) e 618 patentes da categoria H (Eletricidade). Esses dados são o reflexo do uso da Engenharia como recurso para promover inovação e difundir estudos.

A Tabela 1 expõe essa quantidade de depósitos de patentes em relação à sua classificação internacional, como também a multidisciplinaridade quanto às tecnologias desenvolvidas.

Tabela 1 – Quantidade de Patentes Depositadas de Acordo com as Classificações

Classificação	Quantidade
A – Necessidades Humanas	287
B – Operações de processamento, transporte	76
C – Química e Metalurgia	9
D – Têxteis e Papel	0
E – Construções Fixas	3
F – Engenharia Mecânica, Iluminação, Armas e Explosão	36
G – Física	908
H – Eletricidade	618
Total	1937

Elaborada pelas autoras deste artigo

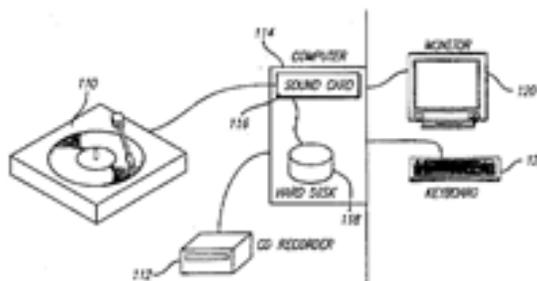
No que se refere aos históricos de patentes da Disney, a primeira patente datada na plataforma da OMPI teve o registro em 1998, apresentou uma classificação G11B 5/86, e foi intitulada de *Método e aparelho para reduzir o ruído usando uma pluralidade de cópias de gravação*. As Figuras 3 e 4 a especificam a simbologia e o desenho da tecnologia registrada.

Figura 3 – Especificação da Simbologia Utilizada no Depósito de 1998



Fonte: OMPI (2017)

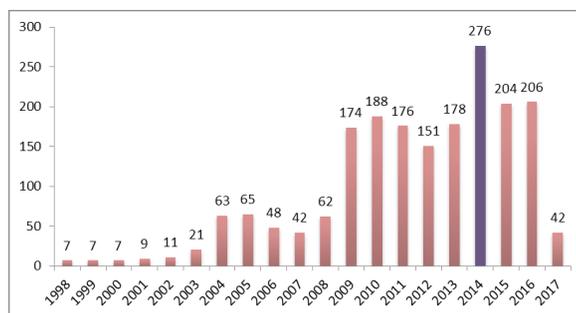
Figura 4 – Desenho da Patente de 1998



Fonte: OMPI (2017)

Outra análise realizada foi quanto à quantidade de depósitos de patentes e seus respectivos anos. O Gráfico 1 apresenta a evolução e esclarece, de forma quantitativa, como a Disney foi se tornando referência em desenvolvimento de inovação no mercado tecnológico e econômico. O maior número ocorreu no ano de 2014, identificado no gráfico pela cor roxa, com 276 registros equivalentes a 14% dos depósitos totais.

Gráfico 1 – Quantidades de Patentes e Respetivos Anos de Depósito da Disney

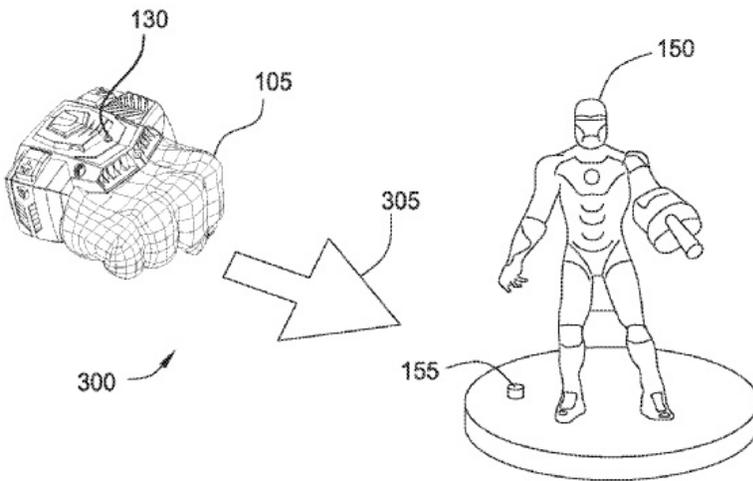


Fonte: Elaborado pelas autoras deste artigo

Esses dados são relevantes para comprovar como a Disney fortaleceu-se ao longo dos anos.

No ano de 2017, em apenas quatro meses, a companhia realizou mais de 40 registros, isso significa que, na plataforma OMPI, um a cada 200 depósitos foram requeridos pela Disney. Neste trabalho apresentam-se a seguir exemplos dessas patentes.

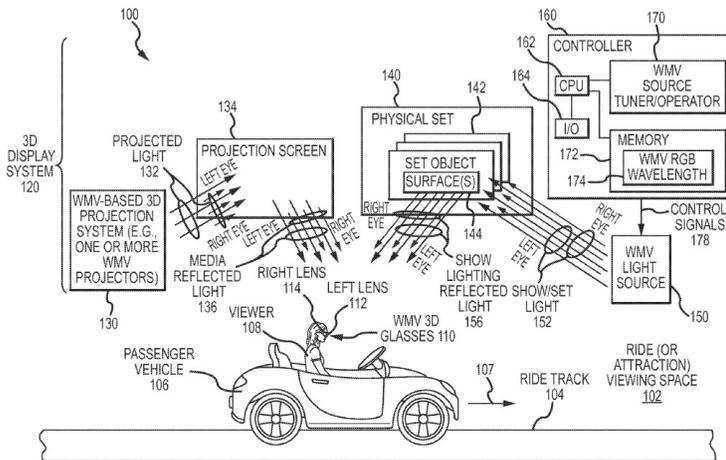
Figura 5 – Patente para Seleção de Modos de Transmissão Infravermelhos com Base nas Ações dos Usuários



Fonte: OMPI (2017)

A Figura 5 expõe formas de realização utilizadas para múltiplos modos de transmissão diferentes de um sistema de comunicação por infravermelho ou luz visível para simular ações do utilizador que correspondem a distâncias diferentes, por exemplo, um ataque a distância.

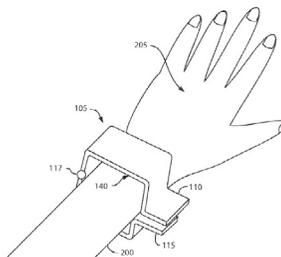
Figura 6 – Sistema de Exibição com Iluminação de Projeto Normalizada para Ambiente de Visualização Multiplex de Wavelength (WMV)



Fonte: OMPI (2017)

A Figura 6 demonstra um sistema de exibição para iluminar superfícies de objetos em um conjunto de passeio ou *show* para visualização por um espectador que esteja utilizando óculos tridimensionais (3D).

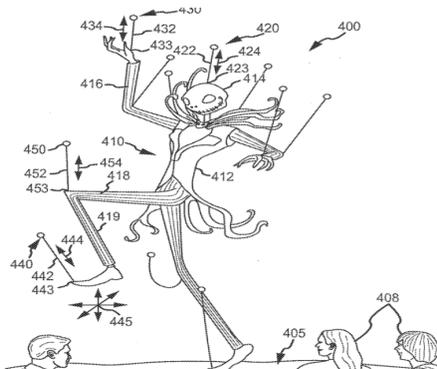
Figura 7 – Patente de Identificação de Gestos de Mão com Base no Movimento Muscular do Braço



Fonte: OMPI (2017)

Outra patente descrita é a da Figura 7, sendo braçadeiras que capturam os dados do sensor utilizados para identificar os gestos das mãos.

Figura 8 – Sistema de Exibição Aérea com Marionetes Articuladas e Apoiadas por Instrumentos de Voo

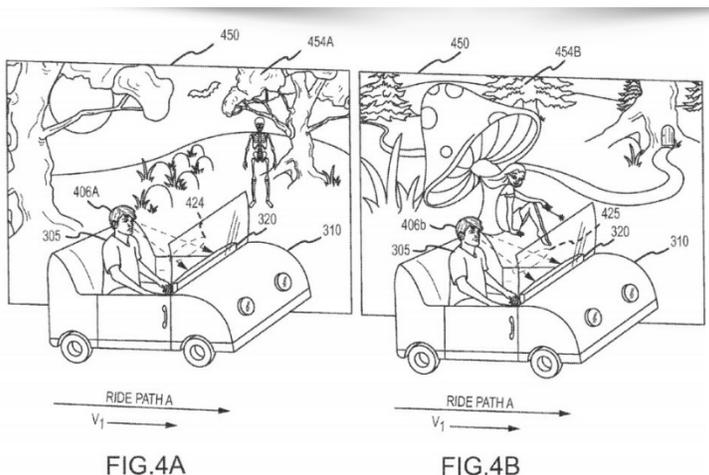


Fonte: ICAMP (2017)

Na Figura 8, o sistema de *drones* apresentado tem a função de usá-los para auxiliar nas apresentações aéreas de caráter complexo, como também inovar nos *shows*.

Por último, a Figura 9 mostra uma tecnologia que pode responder a estímulos emocionais e de interesse de cada convidado para, dessa forma, personalizar a sensação de cada indivíduo.

Figura 9 – Detecção e Gerenciamento de Veículos Baseado na Consciência do Ocupante



Fonte: OMPI (2017)

Conclusão

O objetivo da pesquisa foi atingido ao descrever o caso da Disney. Foi evidenciado que aproximadamente 80% dos depósitos utilizam a Engenharia como ferramenta, ou seja, a técnica em prol do avanço da Propriedade Industrial e da disseminação de conhecimento, sendo importante observar de que forma a ciência atua no desenvolvimento de inovação na Disney Enterprise.

Durante a pesquisa foi possível identificar qual a propriedade industrial relacionada à Engenharia que a maior empresa de entretenimento do mundo possui.

As pesquisas futuras do grupo de pesquisa irão avaliar as patentes existentes no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) dos anos de 2013 a 2017 e classificá-las detalhadamente sob a ótica da Engenharia.

Referências

ICAMP MARCAS E PATENTES. **Disney entra com pedido de patente de drones.** [2017]. Disponível em: <<http://www.icamp.com.br/disney-entra-com-pedido-de-patente-de-drones/>>. Acesso em: 23 maio 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL (INPI). **Portal virtual.** [2017]. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

FREIRE, Rafael. **Qual é a relação entre patente e tamanho da economia.** 2016. Disponível em: <<http://www.inova.jor.br/2016/10/19/pedidos-patentes-tamanho-economia/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

LASTRES, Helena Maria Martins *et al.* (Ed.). Desafios e oportunidades da era do conhecimento. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 60–66, 2002.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciométrica e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 134–140, maio/ago. 1998.

MORE. **Mecanismo online para referências**. Versão 2. 0. Florianópolis: UFSC/ Rexlab, 2013. Disponível em: <<http://www.more.ufsc.br/>>. Acesso em: 3 maio 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL (OMPI). DISNEY ENTERPRISE INC. David Tillman Naney. **Selecionando modos de transmissão infravermelhos com base nas ações dos usuários**. US nº 14934344, 6 nov. 2015, 11 maio 2017. Disponível em: <Goo.gl/A8GXb4>. Acesso em: 23 maio 2017.

_____. Dumene Comploi. **Detecção e gerenciamento de veículos baseado na consciência do ocupante**. US nº 14804451, 21 jul. 2015, 26 jan. 2017. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/y2017/0021282.html>>. Acesso em: 23 maio 2017.

_____. Lanny S. Smoot; Michael P. Goslin; Daniel James Reetz. **Identificação de gestos de mão com base no movimento muscular no braço**. US nº 14823685, 11 ago. 2015, 16 fev. 2017. Disponível em: <Goo.gl/QcZau7>. Acesso em: 23 maio 2017.

_____. Mark A. Reichow; Steven T. Kosakura; Thomas Tracey Tait. **Sistema de exibição com iluminação de projeto normalizada para ambiente de visualização multiplex de Wavelength (WMV)**. US nº 14927601, 30 out. 2015, 4 maio 2017. Disponível em: <Goo.gl/srrMtX>. Acesso em: 23 maio 2017.

_____. **Classificação Internacional de Patentes**. Disponível em: <<http://ipc.inpi.gov.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

_____. Patentscop. **Coleções internacionais e nacionais de patentes**. 2017. Disponível em: <<http://www.wipo.int/patentscope/en/>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

RODRIGUES, Ricardo Carvalho. Importância dos registros de propriedade industrial, não apenas como proteção de direitos, mas como uma importante forma de difusão de informação e conhecimento tecnológico. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL, 2., 2017, Blumenau. **Anais...** Florianópolis: Sinova, 2017.

SALOMÃO, Karin. As 10 marcas mais poderosas do mundo – Disney em 1º lugar. 2016. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/marketing/as-10-marcas-mais-poderosas-do-mundo-disney-em-1o-lugar/>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

TAGUE-SUTCLIFE, J. An introduction to informetrics. **Information Processing & Management**, Oxford, v. 28, n. 1, p. 1–3, 1992.

Potencialidade da Destilação por Membranas por Contato Direto para Recuperação de Águas Residuais Têxteis

Heloisa Ramlow

Aluna de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. *E-mail*: heloramlow@gmail.com

Victor Hugo Correa

Aluno de Graduação da UFSC, no curso de Engenharia Têxtil. *E-mail*: v.h.m.c@hotmail.com

Rita de Cassia Siqueira Curto Valle

Doutora em Engenharia Química, pela UFSC. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail*: rita.valle@ufsc.br

José Alexandre Borges Valle

Pós-doutor em Engenharia Química, pela Universidade do Porto. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail*: alexandre.valle@ufsc.br

Andrea Cristiane Krause Bierhalz

Doutora em Engenharia Química, pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail*: andrea.krause@ufsc.br

Cintia Marangoni

Pós-doutora em Química, pela UFSC. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail*: cintia.marangoni@ufsc.br

Resumo

Nos últimos anos estudos contemplando o processo de separação de Destilação por Membranas por Contato Direto (DMCD) tem-se desenvolvido devido à sua recuperação eficiente de água com possibilidade de reuso. O presente trabalho apresenta uma investigação da potencialidade do processo de DMCD no tratamento de águas residuais têxteis contendo corantes dispersos. Duas soluções de corante disperso, nas cores preto e vermelho, com $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ cada, foram utilizadas como solução modelo para representar o efluente. A membrana plana comercial utilizada durante os experimentos é composta por poliamida. Os resultados mostraram que os valores médios de fluxo permeado e de taxa de rejeição de corante foram respectivamente $29,3 \text{ kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1})$ e $92,10\%$ para o corante preto disperso e de $14,2 \text{ kg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1})$ e $80,7\%$ para o corante vermelho disperso, demonstrando a possibilidade de aplicação desse tratamento em águas residuais da indústria têxtil.

Palavras-chave: Corantes. Efluente têxtil. Reuso de água. Indústria têxtil.

Introdução

A escassez de água mundial devido à rápida e contínua industrialização, urbanização e crescimento populacional e agrícola tem aumentado consideravelmente a preocupação com a sustentabilidade ambiental, levando os pesquisadores a encontrar alternativas para resolver a falta de água. Apesar de ter um importante papel no cenário da economia mundial, a indústria têxtil é um dos maiores setores consumidores de água. O Banco Mundial estima que cerca de 20% da poluição da água industrial é causada pela indústria têxtil (KANT, 2012).

Sob essa condição, a indústria têxtil não irá efetivar um desenvolvimento sustentável e tem de enfrentar a pressão para recuperar e reutilizar as suas águas residuais para atender a demanda de regulamentos cada vez mais rigorosos. Logo, muitas empresas têxteis terão que reutilizar o efluente secundário para obter benefícios ambientais e econômicos.

A Destilação por Membranas por Contato Direto (DMCD) é um processo de separação conduzido termicamente, no qual apenas moléculas de vapor transferem-se através de uma membrana hidrofóbica porosa do lado de alimentação/retentado e são coletadas, depois de condensação, no lado permeado/destilado (ALKHUNDHIRI; DARWISH; HILAL, 2012). Isto é, uma diferença de temperatura através das superfícies da membrana induz a diferença de pressão de vapor em ambos os lados. A membrana está em contato direto somente com as fases líquidas, solução de um lado e água do outro (somente a fase vapor existe dentro dos poros da membrana) (MOZIA *et al.*, 2010). A natureza da força motriz e a característica hidro-repelente da membrana rejeitam teoricamente 100% dos solutos não voláteis, como os corantes têxteis (DRIOLI; ALI; MACEDONIO, 2015).

Nos últimos anos identificou-se um aumento no número de estudos de métodos de separação de corantes têxteis da água através de uma membrana, já que é possível tratar o efluente e destinar a água proveniente do processo para reuso. Estima-se que aproximadamente 21-377 L de água são consumidos por kg de produto têxtil (ASGHAR; RAMAN; DAUD, 2015), confirmando o potencial de reuso da água na indústria têxtil. No entanto, poucos estudos abordam tal aplicação, sendo ainda incipientes os resultados obtidos (MOKHTAR *et al.*, 2016). Pesquisas na literatura mostram que não existem estudos publicados sobre a aplicação do processo de DMCD para corantes dispersos.

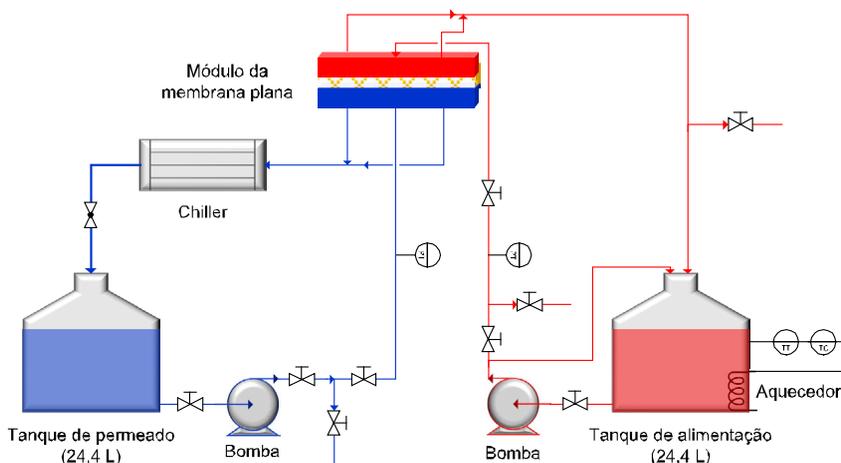
O objetivo deste trabalho é avaliar a recuperação de águas residuais com corantes dispersos aplicando-se o processo de separação de DMCD.

Metodologia

Os experimentos foram conduzidos em uma unidade experimental em escala laboratorial. O sistema consiste de um módulo de aço inoxidável contendo uma membrana plana de nanofiltração composta por poliamida (NF90, DOW FILMTEC™ Membranes). A membrana possui um diâmetro médio de poro de 0,68 nm (SERT *et al.*, 2016). A área efetiva da membrana é de 0,0177 m².

Na Figura 1 é apresentado um diagrama esquemático do experimento realizado em laboratório. O sistema foi projetado para ter duas correntes de circulação, isto é, a corrente quente (fluxo de alimentação) e a corrente fria (fluxo de permeado).

Figura 1 – Esquema do Experimento de DMCD



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

As temperaturas das soluções foram controladas utilizando-se um aquecedor e um resfriador e foram mantidas aproximadamente a 60°C e 20°C respectivamente para a alimentação e para o permeado. Soluções de corante preto disperso (30 mg·L⁻¹) e de corante vermelho disperso (30 mg·L⁻¹) foram utilizadas durante os experimentos como soluções modelo do efluente têxtil. As vazões médias de alimentação e permeado foram respectivamente 1,65 L·min⁻¹ e 0,52 L·min⁻¹. O tempo total do experimento foi de 2 horas, e a cada 30 minutos foram retiradas amostras dos tanques de alimentação e permeado para análise. Os experimentos foram realizados em duplicata e os seus valores médios foram utilizados para interpretação dos resultados.

O fluxo permeado (J) foi calculado utilizando a Equação 1, em que ΔM (kg) é a massa de permeado coletada em um tempo pré-determinado Δt (h) do processo e A (m²) é a área efetiva da membrana.

$$J = \frac{\Delta M}{A \times \Delta t} \quad (\text{Eq. 1})$$

A taxa de rejeição de corante, TR (%), da membrana foi calculada conforme Equação 2, em que CP é a concentração de corante no lado perneado e CA é a concentração de corante no lado de alimentação.

$$TR(\%) = \left(1 - \frac{C_P}{C_A}\right) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

As concentrações de corante nas amostras de alimentação e de permeado foram obtidas por meio de uma curva padrão de absorbância *versus* concentração utilizando um espectrofotômetro UV-vis (AJX 1900, Micronal) medindo a quantidade de luz absorvida em comprimento máximo de onda (301 nm).

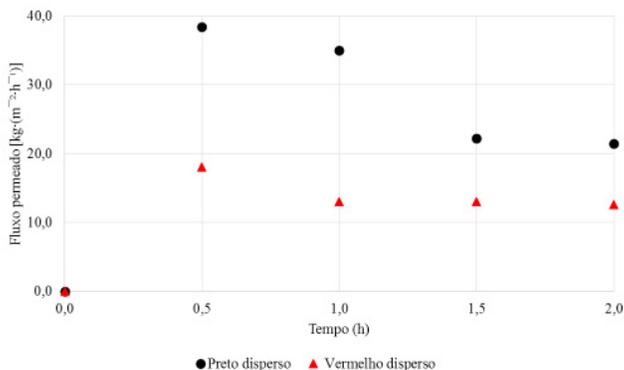
Resultados

Apresenta-se nesta seção os resultados obtidos com os experimentos.

Avaliação do Fluxo Permeado

Na Figura 2 é apresentado um gráfico comparativo dos fluxos permeados em função do tempo de separação para os corantes preto disperso e vermelho disperso. Os resultados mostraram que há uma recuperação de água no começo do experimento, com um aumento do fluxo de permeado. Porém, depois de aproximadamente 60 minutos, esse fluxo diminuiu. Observou-se uma maior recuperação de água no lado permeado para o corante preto disperso. O fluxo permeado acumulado máximo para o corante preto disperso foi de $38,4 \text{ kg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$ e para o corante vermelho disperso foi de $18,8 \text{ kg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$. O valor médio do fluxo permeado acumulado foi de $29,3 \text{ kg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$ e $14,2 \text{ kg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1})$ respectivamente para os corantes preto disperso e vermelho disperso.

Figura 2 – Variação do Fluxo Permeado em Função do Tempo de Separação

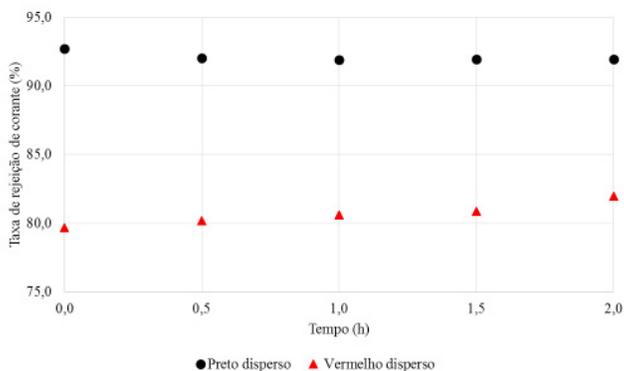


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Avaliação da Taxa de Rejeição de Corante

Na Figura 3 é apresentado um gráfico comparativo das taxas de rejeição de corante em função do tempo de separação para os corantes preto disperso e vermelho disperso. Os resultados mostraram que há uma rejeição estável e eficiente durante todo o experimento para ambos os corantes. Observou-se uma taxa de rejeição maior para o corante preto disperso. O valor médio da taxa de rejeição de corante foi de 92,1% e 80,7% respectivamente para os corantes preto disperso e vermelho disperso.

Figura 3 – Variação da Taxa de Rejeição de Corante em Função Tempo de Separação



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

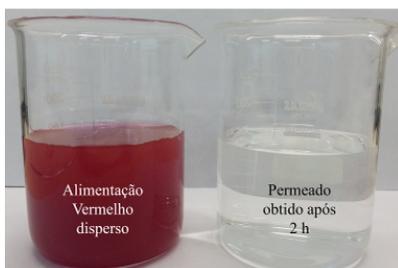
Na Figura 4 e 5 são apresentados os resultados comparativos do permeado obtido depois de 2 horas de experimento na unidade experimental de DMCD respectivamente para o corante preto disperso e vermelho disperso. É possível observar visualmente que não há presença de corante no permeado

Figura 4 – Resultado Comparativo do Permeado Obtido depois do Tratamento por DCMD com a Alimentação (corante preto disperso)



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Figura 5 – Resultado Comparativo do Permeado Obtido depois do Tratamento por DCMD com a Alimentação (corante vermelho disperso)



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Depois do tratamento das águas residuais com os corantes dispersos pelo processo de DMCD, a membrana ficou contaminada pelos corantes, sendo uma possível causa da diminuição do fluxo permeado, devido ao entupimento dos poros. A Figura 6 apresenta a membrana contaminada resultante dos experimentos.

Figura 6 – Membrana Contaminada com Corantes depois do Tratamento das Águas Residuais pelo Processo de DMCD



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Conclusão

Os resultados dos experimentos mostraram a possibilidade do uso do processo de DMCD para recuperação de água com alta taxa de rejeição de corante no lado permeado (>79%). Apesar disso, um rápido declínio do fluxo permeado foi observado, indicando a necessidade de mais testes para uma avaliação mais detalhada do comportamento do processo, já que os dados aqui apresentados são resultados preliminares.

No entanto, ressalta-se a potencialidade de aplicação do processo de DMCD visto que, apesar de bem estabelecido, é pouco aplicado para tratamento de águas residuais e posterior reuso de água na indústria têxtil. Além disso, destaca-se a contribuição deste trabalho com corantes dispersos, fato esse não avaliado na literatura.

Agradecimentos

Os autores agradecem pelo apoio financeiro da CAPES e do CNPq (PIBIC).

Referências

ALKHUDHIRI, A.; DARWISH, N.; HILAL, N. Membrane distillation: a comprehensive review. **Desalination**, [S. l.], v. 287, p. 2–18, 2012.

ASGHAR, A.; RAMAN, A. A. A.; DAUD, W. M. A. W. Advanced oxidation processes for in-situ production of hydrogen peroxide/hydroxyl radical for textile wastewater treatment: a review. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 87, n. 1, p. 826–838, 2015.

DRIOLI, E.; ALI, A.; MACEDONIO, F. Membrane distillation: recent developments and perspectives. **Desalination**, [S. l.], v. 356, p. 56–84, 2015.

KANT, R. Textile dyeing and printing industry: an environmental hazard. **Asian Dyer**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. 51–54, 2012.

MOKHTAR, N. M. *et al.* The potential of direct contact membrane distillation for industrial textile wastewater treatment using PVDF-Cloisite 15A nanocomposite membrane. **Chemical Engineering Research and Design**, [S. l.], v. 111, p. 284–293, 2016.

MOZIA, S. *et al.* Integration of photocatalysis and membrane distillation for removal of mono-and poly-azo dyes from water. **Desalination**, [S. l.], v. 250, n. 2, p. 666–672, 2010.

SERT, G. *et al.* Investigation of mini pilot scale MBR-NF and MBR-RO integrated systems performance-Preliminary field tests. **Journal of Water Process Engineering**, [S. l.], v. 12, p. 72–77, 2016.

Análise da Fibra de Lã Canina por meio do Tratamento Superficial para Aplicações em Materiais Poliméricos

Francisco Claudivan da Silva

Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Docente da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, no Departamento de Engenharias.

Victor Fischer Missfeld

Departamento de Engenharias da UFSC.

Rasiah Ladchumananandasivam

Doutor em Engenharia Têxtil, pela University of Manchester Institute of Science and Technology. Docente da UFRN, no Departamento de Engenharia Têxtil.

Resumo

Atualmente fibras naturais na fabricação de novos materiais compósitos já estão sendo utilizadas em diversos campos da Engenharia. Isso tem incentivado pesquisas no desenvolvimento de tecnologias utilizando as fibras naturais tradicionais, como o sisal, a juta, entre outras, que apresentam características promissoras. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta a lã canina, que está sendo descartada no ambiente em forma de resíduo, como uma nova opção de fibra no reforço para fabricação de compósitos. O não aproveitamento da lã canina termina causando poluição ambiental quando não há uma política de descarte desse resíduo gerado pelos *pet shops*. Inicialmente as fibras foram classificadas obtendo uma relação ao seu comprimento e sua uniformidade média. A caracterização e o tratamento químico da fibra foram realizados no Laboratório de Engenharia Têxtil da Universidade Federal de Santa Catarina (*Campus-Blumenau*). Para o tratamento foram utilizados os percentuais de 6,8% e 10% de solução de Carbonato de Sódio (Na_2CO_3). Em seguida foram analisadas as propriedades morfológicas da fibra pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Observou-se que a fibra apresentou melhores resultados no tratamento com a solução a 6%, sendo que quanto maior o percentual da concentração na solução ocorre uma maior degradação superficial da fibra.

Palavras-chave: Tratamento Químico. Fibra têxtil. Lã canina.

Introdução

A busca por novas tecnologias tem se tornado cada vez mais comum entre profissionais e pesquisadores. Muitas dessas pesquisas utilizam matéria-prima derivada de produtos naturais como processo ambientalmente amigável para o desenvolvimento de novos materiais, objetivando explorar suas propriedades físico-químicas e mecânicas para obter um produto final para aplicações diversificadas. Esses materiais, que estão em crescente avanço nas pesquisas e aplicações no campo da engenharia, são os compósitos.

Por ser constituídos de fibra e de uma matriz polimérica, as propriedades dos compósitos podem ser influenciadas pela constituição, distribuição e interação entre as matérias-primas (CALLISTER JUNIOR, 2006; RAMAKRISHNA; KUMAR; NEGI, 2009).

Apesar da diversidade, alguns materiais ainda são relegados quanto ao seu potencial econômico, social e ambiental. As pesquisas desenvolvidas atualmente comprovam a utilidade desses materiais em aplicações práticas (LADCHUMANANANDASIVAM, 2005; ASTM D854 –10, 2010; FELIPE, 2012).

A ideia é utilizar essas fibras de modo sustentável para produzir materiais inovadores com características semelhantes aos encontrados atualmente no mercado, tornando-os assim economicamente mais competitivos, uma vez que não existe no mercado tal produto com consequente valor agregado.

No presente trabalho foi realizado estudo morfológico e caracterização da lâ. Inicialmente as fibras foram tratadas em diferentes concentrações de carbonato de sódio (Na_2CO_3) para a retirada das impurezas na superfície da fibra, como pó, ceras, gorduras e outras impurezas. Análises utilizando a microscopia eletrônica de varredura mostraram a ação de cada diferente percentual da solução de Na_2CO_3 na fibra.

Materiais e Métodos

A seguir, a descrição dos materiais utilizados no trabalho, bem como os métodos de caracterização e as técnicas de análise empregadas para o estudo das fibras da lã canina de forma *in natura* e depois do tratamento.

Aquisição e Caracterização da Lã Canina

As fibras foram coletadas sem custo nos “pet shops” na cidade de Blumenau/SC. A Figura 1 ilustra o aspecto da fibra utilizada no projeto depois da tosa do animal.

Foram realizadas amostragens da fibra para uma breve classificação de sua estrutura física. O comprimento e a uniformidade das fibras foram estatisticamente avaliados utilizando-se de gráficos das amostras, emitidos pelo *classifiber*.

Figura 1 – Fibra de Lã Canina *in natura*



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Para encontrar o valor médio do comprimento e a uniformidade foi utilizada a fórmula estatística da média amostral “x-barra” (Equação 1).

$$\bar{x} = \frac{\sum (x_i)}{n} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que: **xi** = valores obtidos na amostra; **n** = número de elementos na amostra.

Tratamento Químico da Lã Canina

Inicialmente para retirada de impurezas, como suarda, poeira, cera; as fibras foram tratadas com percentuais de 6%, 8% e 10% em solução alcalina de carbonato de sódio (Na₂CO₃) por 1 hora na temperatura de 60°C. Em seguida foram lavadas e secas na estufa por 2 horas a 110°C.

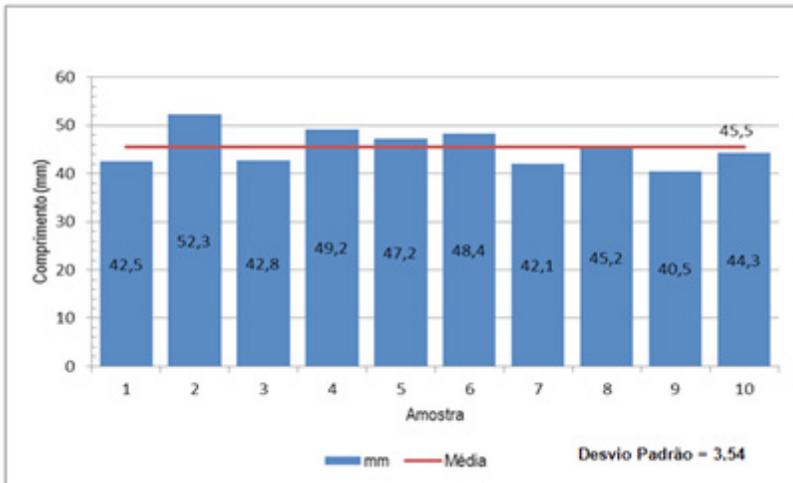
Microscopia Eletrônica de Varredura

Depois do tratamento, as amostras foram analisadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), utilizando o modelo de bancada – TM 3000 HITACHI, não sendo necessária a metalização das amostras.

Resultados e Discussões

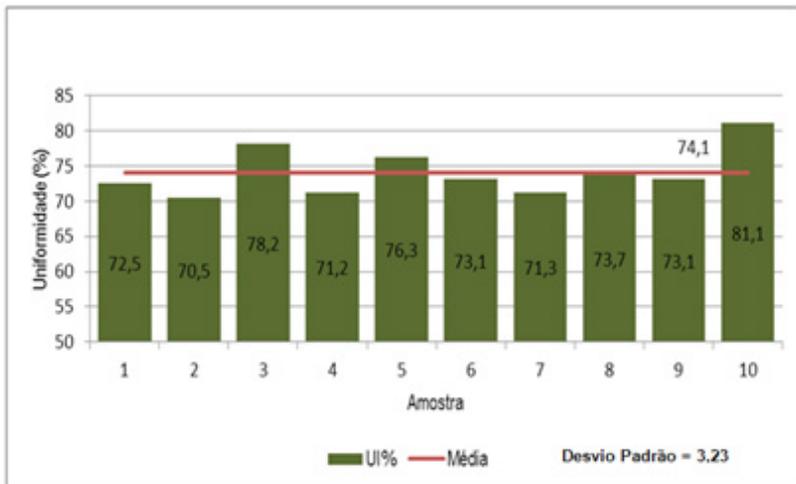
Foram realizadas amostragens da fibra para uma breve classificação de sua estrutura física com relação ao comprimento e à uniformidade, e foi determinada, estatisticamente, pelo *classifiber*. O comprimento médio da fibra encontrado foi de 45,5 mm com um desvio padrão de 3,54. Sendo a uniformidade encontrada de 74,1% com um desvio padrão de 3,23.

Gráfico 1 – Comprimento da Fibra



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Gráfico 2 – Uniformidade da Fibra



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Título é a medida que expressa a densidade linear de uma fibra (relação entre a massa e o comprimento unitário). No sistema direto a unidade Tex representa a massa em gramas de 1000 metros da fibra. Para o cálculo do título da fibra foi realizada uma

medição de 31,02 metros que pesou 0,0272 gramas, logo para fins de cálculos o título da fibra em estudo é de 0,8 tex.

Na micrografia pode-se observar a presença de impurezas entre as escamas em toda a fibra não tratada. Depois do tratamento, a superfície ficou mais lisa e com ausência de impurezas entre as escamas. A solução com melhor desempenho como agente de tratamento foi a de 6% de Na_2CO_3 . Ao aumentar a concentração da solução nas mesmas condições de temperatura e tempo, foi observado que houve a remoção das impurezas e também a quebra das escamas.

Figura 2 – Fibra *in natura*

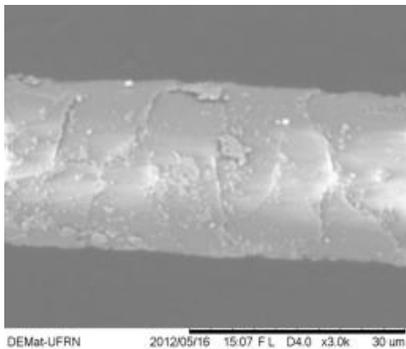


Figura 3 – 6% Na_2CO_3 – 3000x

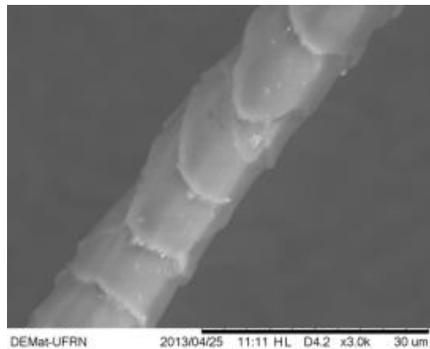


Figura 4 – 8% Na_2CO_3 – 2000x

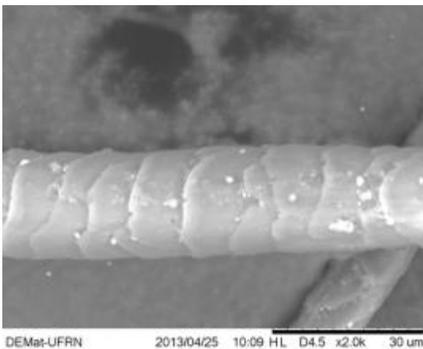


Figura 5 – 8% Na_2CO_3 – 3000x

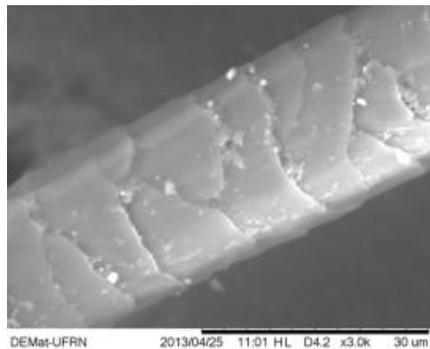


Figura 6 – 10% Na₂CO₃ – 1500x

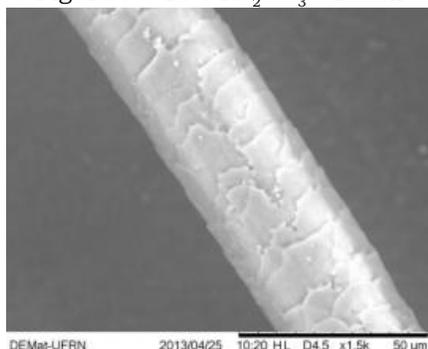
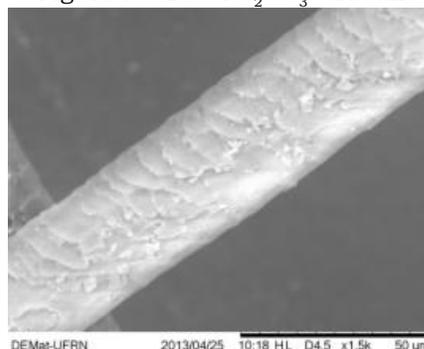


Figura 7 – 10% Na₂CO₃ – 1500x



Fonte: Elaboradas pelos autores deste artigo

Conclusões

As características físico-geométricas (comprimento e uniformidade) da fibra são semelhantes com as fibras naturais proteicas atualmente conhecidas na literatura, proporcionando assim o uso da fibra como reforço nos materiais compósitos, possibilitando a sua aplicação nas indústrias automobilística, moveleira, na construção civil, entre outras.

A fibra proteica não possui resistência na presença de álcalis, logo ao aumentar a concentração da solução foram observados danos na superfície da fibra, causando degradação em suas escamas e conseqüentemente diminuindo sua resistência mecânica.

Referências

CALLISTER JUNIOR, W. D. **Ciência e engenharia de materiais**: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

LADCHUMANANANDASIVAM, R. **Ciências dos polímeros e engenharia de fibras I**. Natal: UFRN, 2005. 39 p.

MOTHÉ, C. G.; AZEVEDO, A. D. **Análise térmica de materiais**. São Paulo: IEditora, 2002. 300 p.

MOTHÉ, C. G.; ARAÚJO, C. R. Caracterização térmica e mecânica de compósitos de poliuretano com fibras de Curauá. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 14, n. 4, p. 274–278, 2004.

RENKE, Dullart *et al.* Keratin fibers from chicken feathers: structure and advances in polymer composites. Nova Science Publishers Inc., Santiago de Querétaro, México, 2012. p. 149–211.

SILVA, C. J. S. M. *et al.* Treatment of fibres with subtilisin and subtilisin (PEG). **Enzyme and Microbial Technology**, [S. l.], v. 36, p. 917–922, 2005.

XU, W.; GUO, W.; LI, W. **Thermal analysis of ultrafine wool powder**. China: Wuhan Institute of Science and Technology, 2002.

O Empreendedorismo na Formação do Engenheiro Têxtil: o plano de negócios para uma indústria de microfibra com resíduos têxteis

Edna Regina Evaristo

Aluna da Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), do Departamento de Engenharias.

Ana Julia Dal Forno

Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias.

Ana Paula Immich Boemo

Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias.

Ida Luciana Martins Noriler

Coordenadora do curso Aprender a Empreender do projeto SEBRAE-Blumenau.

José Alexandre Borges Valle

Pós-doutor em Engenharia Química, pela Universidade do Porto. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. E-mail: alexandre.valle@ufsc.br.

Resumo

Este artigo apresenta como foi encontrada a solução para o destino de resíduo têxtil sintético descartado em aterros sanitários a partir de um relato de experiência. A solução foi alcançada por meio de conhecimentos técnicos gerados na Engenharia Têxtil e da experiência de trabalho nas empresas têxteis e da união entre empreendedor, Engenharia Têxtil e plano de negócio. A aqui apresentada foi o vencedora do 9º Concurso de Plano de Negócios do SEBRAE de 2016, na categoria industrial. A solução transcorre pela construção de um plano de negócios para abertura da empresa Endrerosa, que tem como produto principal o cobre-leito preparado a partir de poliéster com a incorporação de resíduos sintéticos. O trabalho também demonstra a importância do engenheiro têxtil na indústria, indicando que esse profissional pode orientar a transformação de resíduo que antes gerava prejuízo, em matéria-prima de valor agregado.

Palavras-chave: Resíduo sintético. Plano de negócios. Engenheiro têxtil.

Introdução

O problema do descarte do resíduo têxtil é antigo, e soluções ainda não foram implementadas em sua totalidade. Segundo dados da FIESC (2017), o Brasil conta com 31,9 mil indústrias têxteis, gerando em média de 183 mil Ton/mês de resíduos, dos quais cerca de 10% são depositados em aterro sanitário. Apesar de o destino estar correto, conforme as leis brasileiras, a maioria das empresas é prejudicada por pagar altos valores pelo descarte, e o meio ambiente perde em vários aspectos.

O empreendedorismo é um assunto cada vez mais amplo no mercado brasileiro, sendo definido por Dornelas (2008) como “[...] o envolvimento de pessoas e de processos que, em conjunto, levam à transformação de ideias em oportunidades”. O povo brasileiro possui muita criatividade e determinação para empreender, porém muitas vezes é possível perceber a falta de conhecimento técnico. Segundo o SEBRAE (2016), a taxa de sobrevivência das empresas no Brasil estava em 77%, em 2016; esse número se refere a dados de empresas constituídas em 2012.

Analisando os percentuais de mortalidade, encontram-se vários motivos, entre eles a falta de profissionais capacitados para exercer o trabalho e transformar problemas em soluções. Na área têxtil esse profissional é o engenheiro têxtil, que tem, em sua formação, o conhecimento técnico e pode desenvolver produtos que atendam às exigências e às necessidades do mercado. O empreendedor também precisa considerar o plano de negócios como elemento importante para o sucesso do empreendimento. Para demonstrar essas afirmações, relatar-se-á a experiência da empresa Endrerosa.

Trajetória da Endrerosa

Em 2002 abriu-se uma pequena indústria de vestuário, no oeste de Santa Catarina, esse empreendimento gerava muitos resí-

duos. Porém como não tinha-se nenhuma experiência sobre o assunto, a solução encontrada foi aproveitar o resíduo ao máximo, fabricando estopa e descartando o excedente. Mas esse descarte implicava em prejuízo para o meio ambiente e também para a empresa. Assim, por vários motivos, incluindo falta de experiência em administração, a empresa foi fechada.

Com isso foi possível aprender que para ser empreendedor não basta ter uma ideia, é preciso, para torná-la uma oportunidade de negócio, ter conhecimento admirativo e técnico.

Em 2016, ao cursar Engenharia Têxtil, a partir da disciplina de Polímeros, surgiu a oportunidade de aplicar o conhecimento técnico para transformar o resíduo sintético em matéria-prima para um novo produto: a manta de poliéster com resíduos têxteis para a formação do recheio de cobre-leitos, ou seja, a manta ecológica Endrerosa.

Nesse momento buscou-se o SEBRAE para elaborar o plano de negócios; e, a partir dele, foi definido o nome da empresa “EMPRESA ENDREROSA LTDA”, produzido o protótipo, realizada a busca de investidores e formalizada e abertura da empresa, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Histórico da Endrerosa



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Identificação do Problema

O problema do descarte do resíduo têxtil é muito grave, conforme Fletcher e Grose (2011). Os impactos dos resíduos gerados pelas confecções sobre o meio ambiente englobam as mudanças climáticas, os efeitos adversos sobre a água e seus ciclos, poluição química, perda da biodiversidade, uso excessivo ou inadequado de recursos não renováveis, geração de resíduos, efeitos negativos sobre a saúde humana, efeitos sociais nocivos para as comunidades produtoras. Além disso, as empresas perdem por pagar em média 470,00 reais por tonelada para fazer o descarte em aterro sanitário e ficam responsável pelo material até a sua completa decomposição, que pode levar até 400 anos.

O Brasil conta com 31,9 mil indústrias que geram em média 183 mil Ton/mês de resíduos têxteis. Grande parte dessa produção está concentrada no Vale do Itajaí, com 3.006 mil indústrias e com a geração de 38 mil Ton/mês de resíduos (SINTEX, 2015). Os resíduos sintéticos, no Vale do Itajaí, giram em torno de 18,3 mil Ton/mês, ou seja, 10% da produção nacional, desses 3,8 mil Ton/mês são destinados a aterros.

Diante desses dados, importa pensar em soluções adequadas para a implementação da empresa Endrerosa.

Desenvolvimento do Plano de Negócios

O plano de negócios, que é a parte mais importante para a constituição da empresa, consiste em realizar o planejamento da empresa, com o qual é viável identificar possíveis falhas, problemas, solucionando-os antes mesmo da abertura formal da empresa evitando assim prejuízos futuros.

Com essa ação, o que é apenas uma ideia passa a ser transferida para uma oportunidade de negócio. Segundo o SEBRAE (2017),

“O plano de negócio é o melhor instrumento para traçar um retrato fiel do mercado, do produto e das atitudes do empreendedor”.

A elaboração do plano de negócios da empresa Endrerosa passou por diversas fases, sendo elas:

1. Construção do Sumário Executivo – resumo das principais características do negócio, dados dos empreendedores e do empreendimento, descrição da missão e visão, escolha do ramo de atividade, da forma jurídica, do enquadramento tributário e do capital social.
2. Análise de Mercado – localização do público-alvo, da concorrência, dos fornecedores e do meio ambiente.
3. Plano de *Marketing* – descrição dos produtos e serviços, das estratégias promocionais, da estrutura de comercialização e da localização.
4. Plano Operacional – *layout*, capacidade produtiva e comercial, processo operacional e necessidade de funcionários.
5. Plano Financeiro – investimento inicial, estimativa de custo unitário de matéria-prima, materiais diretos e terceirização, faturamento mensal da empresa, tipos de custos variáveis, custo de comercialização, custos de materiais diretos de mercadorias vendidas, custo de mão de obra, depreciação, custos fixos, estoque inicial, caixa mínimo, capital de giro, investimentos pré-operacionais e total.
6. Demonstrativo de Resultados – indicadores de viabilidade, ponto de equilíbrio, lucratividade, rentabilidade e prazo de retorno do investimento.
7. Construção de Cenários – cenários positivos e negativos.
8. Proposta de Inovação – vantagens competitivas a médio e a longo prazo.
9. Avaliação Geral do Plano de Negócios.

Assim, o plano faz uma análise na parte externa e interna da empresa conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Análise Externa e Interna



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

O ambiente externo é definido por Michel (2004) como os elementos que estão fora do sistema empresa, mas interferem no seu funcionamento, não podendo ser controlados pela empresa. Alguns deles estão demonstrados na parte externa da Figura 2, sendo clientes, fornecedores, concorrentes e análise do impacto ambiental, que ocorrerá com a formação da empresa. Nesse momento do plano, o mais importante era saber qual a quantidade possível de venda, de compra e o que o mercado concorrente tinha para oferecer. Além dos possíveis preços de venda e da opinião dos clientes em potencial sobre a aceitação do produto no mercado. Depois da coleta dos dados, foi efetuada análise rigorosa, na qual se concluiu que a empresa tinha viabilidade e passou-se para próxima fase, o ambiente interno.

O ambiente interno consiste em montar o planejamento da empresa, no caso da Endrerosa, com três subdivisões.

As subdivisões são essenciais em uma empresa, pois é possível realizar um controle mais apurado referente ao faturamento e à qualidade, gerando lucro independente e mantendo a empresa saudável. Organizadas em blocos, como se vê na Figura 3.

Figura 3 – Produtos Desenvolvidos



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Bloco A – coleta, separação e destinação de resíduos – nesse setor a empresa faz o recolhimento dos resíduos gerados pelas empresas têxteis, tendo como seus produtos os resíduos de algodão, resíduo de tecido sintético, resíduo de papel e plástico. Os resíduos de algodão, plástico e papel devem ser coletados, separados, pesados e vendidos, já os resíduos de sintético serão coletados, separados e enviados ao setor B da empresa para a produção da manta ecológica. Conforme descrito na Figura 2, o setor A tem faturamento de 18%.

Bloco B – produção da manta ecológica Endrerosa – produzida por meio de uma massa polimérica termoplástica, com a carga de resíduo têxtil via extrusão em uma fieira para obtenção de filamentos. Esses filamentos contínuos são cortados em fibras descontínuas para produção da manta de tecido não tecido (tecido sem entrelaçamento). Como o produto é totalmente inovador foi tomado o cuidado para que a empresa dependa financeiramente o mínimo possível dele, pois é esperado que sejam realizadas alterações de processo e na demanda. Por isso foi projetado um faturamento de 8% da empresa para esse bloco.

Bloco C – produção de cobre-leito e manta com matelassê – esse é o setor mais rentável da empresa, com um faturamento de 74%. Isso é possível devido à concentração de processos na empresa. Quanto mais processos concentrados dentro da empresa maior a margem, pois não há necessidade de entrega de matéria-prima, há diminuição de estoques, não há necessidade de fretes, e há maior controle de qualidade.

Análise e Resultados dos Rendimentos da Empresa

A análise dos resultados é tão importante quando a própria construção da empresa. Apresentam-se e discutem-se aqui alguns itens de rendimentos.

A lucratividade ficou em 13,06%, percentual considerado bom, se considerada a média de lucratividade para a indústria que é de 5% a 10%; a rentabilidade ficou em 9,80%, sendo que a média no mercado é de 2% a 4%. Dois fatores fazem esse percentual ficar tão acima da média: o primeiro é a produção depender mais de mão de obra do que de máquinas e o segundo é a utilização de máquinas baratas e simples, nos blocos A e C, somente as do bloco B têm maior custo.

Também foi observado ótimo resultado em relação à parceria do engenheiro têxtil com o empreendedor, pois o produto desenvolvido foi bem aceito no mercado.

Conclusão

Este artigo buscou por meio de uma experiência prática demonstrar a importância de engenheiro têxtil na indústria e ao mesmo tempo trazer conceitos sobre empreendedorismo e sobre elaboração de plano de negócios.

Conclui-se que com a parceria do engenheiro têxtil com empreendedor é possível fazer reaproveitamento de rejeito produzido pela indústria têxtil, transformando resíduos têxteis em matéria-prima de alto valor agregado, evitando assim o gasto das empresas com descarte dos resíduos.

Já o plano de negócios é um ponto crucial para o desenvolvimento e também para a saúde financeira da empresa.

Espera-se que este estudo sirva de motivação para outros empreendedores, diante das dificuldades que existem para inovar no Brasil.

Referências

A FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FIESC). **Têxtil e vestuário**. 2012. Disponível em: <http://www2.fiescnet.com.br/web/pt/site_topo/pei/info/textil-e-vestuario>. Acesso em: 17 maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET (ABIPET). **Portal virtual**. [2017]. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE NÃO TECIDOS (ABINT). **Manual de não tecidos**. [2017]. Disponível em: <http://www.abint.org.br/pdf/Manual_ntecidos.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2016.

DEOPURA, B. L. *et al.* **Polyesters and polyamides**. 1. ed. Cambridge: Woodhead/The Textile Institute, 2008. p. 632.

DORNELAS, José Carlos Assis. **Empreendedorismo: transformando idéias em negócios**. Rio de Janeiro: Campus, 2001. p. 299.

FLETCHER, Kate; GROSE, Lynda. **Moda & sustentabilidade: design para mudança**. São Paulo: Senac, 2012.

HORROCKS, A. R.; ANAND, S. C. **Handbook of technical textiles**. Cambridge: Woodhead/The Textile Institute, 2000. p. 576.

MICHEL, Maria Helena. **Organização, sistemas e métodos na era do conhecimento: administrando as organizações no século XXI**. Unidade 3, Apostila didática. Belo Horizonte, 2004. p. 39–50. Disponível em: <http://www.unihorizontes.br/pi/pi_1sem_2007/inter_1sem_2007/admistracao/a_empresa_e_o_ambiente_uma_relacao_de_parceria.pdf>. Acesso em: 17 maio 2017.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). [2017]. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/como-elaborar-um-plano-de-negocio>>. Acesso em: 17 maio 2017.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE FIAÇÃO TECELAGEM E DO VESTUÁRIO (SINTEX). **Indústria têxtil de Santa Catarina, perspectivas e desafios para o crescimento**. 2015. Disponível em: <http://www.sintex.org.br/arquivos/249_ap_sintex-2015_final.pdf>. Acesso em: 22 maio 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). **Engenharia Têxtil, Blumenau**. [2017]. Disponível em: <<http://textil.blumenau.ufsc.br/ppc>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

Desenvolvimento de Estruturas Auxéticas a partir da Tecnologia de Malharia por Trama

Fernanda Steffens

Doutora em Engenharia Têxtil, pela Universidade do Minho. Docente da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail*: fernanda.steffens@ufsc.br

Wolfi Utech Junior

Aluno da UFSC, do curso de Engenharia Têxtil. *E-mail*: wolfijr@hotmail.com

Fernando R. Oliveira

Doutor em Engenharia Têxtil, pela Universidade do Minho. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail*: oliveira.fernando@ufsc.br

Resumo

É crescente a busca por materiais sofisticados e com propriedades que possam melhorar a vida do homem. Nesse sentido, a indústria têxtil vem acompanhando essa realidade e tem buscado o desenvolvimento de materiais diferenciados capazes de proporcionar funções além de simplesmente vestir. Os materiais auxéticos apresentam uma nova possibilidade de desenvolvimento de produtos inovadores dentro do segmento têxtil, sendo aplicados em áreas nas quais a absorção de energia e a elevada resistência ao impacto são fatores determinantes. Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar uma breve revisão da literatura a respeito dos materiais auxéticos e seu desenvolvimento a partir de tecnologias têxteis, especificamente utilizando a malharia por trama e o seu grande potencial de aplicação na criação de produtos com elevado desempenho em diversas áreas, como na proteção pessoal, área médica, esportes, entre outros.

Palavras-chave: Materiais auxéticos. Coeficiente de Poisson negativo. Indústria têxtil. Malharia por trama.

Introdução

Os materiais auxéticos¹ foram descobertos há mais de 100 anos (Bhullar; Wegner; Mioduchowski, 2010). No entanto, o seu

1 O termo auxético vem do grego e quer dizer “que pode ser aumentado” (EVANS; ALDERSON, 1992).

comportamento foi relatado pela primeira vez em 1944 (Thill *et al.*, 2008). Mas somente a partir de 1987, com o desenvolvimento de espumas de poliuretano reentrantes isotrópicas com comportamento auxético, é que se passou a dar mais atenção a esses materiais (Lee; Lakes, 1997).

Os materiais com coeficiente de Poisson negativo ($-v$) possuem um desempenho diferente dos convencionais. Quando recebem uma tensão longitudinal, sua seção transversal expande-se (o contrário do que ocorre com materiais convencionais, como o vidro e a borracha). Quando comprimidos em uma direção, os materiais auxéticos contraem-se transversalmente para essa direção (Wright *et al.*, 2012) (Figura 1). Por esse motivo suas propriedades mecânicas, como aumento da rigidez, da resistência à tração, da resistência ao cisalhamento e ao impacto são melhoradas (CHAN; EVANS, 1997). Os materiais têxteis auxéticos têm como vantagem a possibilidade de serem produzidos a partir de fibras convencionais, como poliéster, poliamida e elastano, de mono ou multifilamentos, de fibras cortadas ou a partir de fios de elevado desempenho (UGBOLUE *et al.*, 2012).

Análise Teórica

O Coeficiente de Poisson é uma das propriedades fundamentais dos materiais e, quando o material é submetido a tensão, estabelece a relação entre deformações ortogonais, ou seja, uma deformação transversal e longitudinal (UGBOLUE *et al.*, 2012), conforme demonstrado na Equação 1 a seguir:

$$v = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Em que:

v = Coeficiente de Poisson (adimensional).

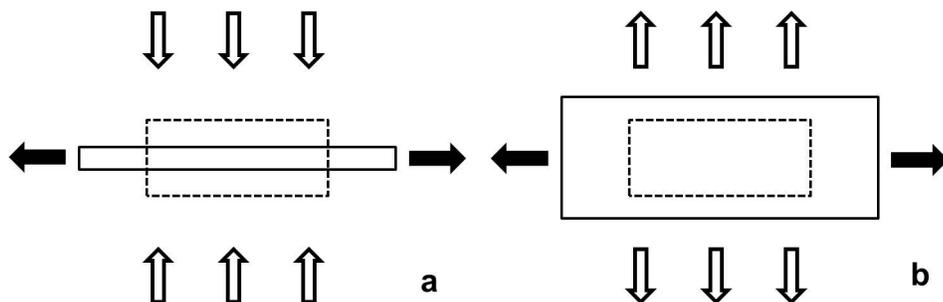
ε_x = Deformação na direção x, que é transversal.

ϵ_y = Deformação na direção y, que é transversal.

ϵ_z = Deformação na direção z, que é longitudinal.

O sinal negativo da equação é empregado porque as deformações transversais e longitudinais possuem direções contrárias.

Figura 1 – Comparação entre (a) Material Convencional e (b) Material Auxético, Quando Submetidos a uma Tensão

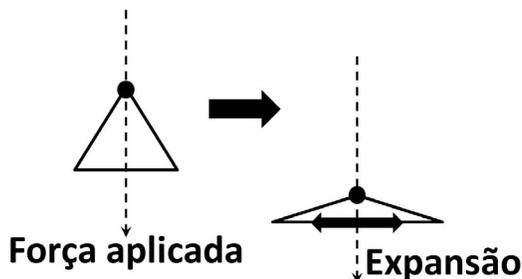


Fonte: Adaptada de Mc Mullan *et al.* (2004)

Recentemente, esses materiais vêm ganhando grande notoriedade. Verifica-se sua presença desde a escala nano até a convencional (metros), em várias formas, como gel de polímeros, compostos de fibra de carbono, espumas, polímeros micro porosos, estruturas de tijolos, entre outros (ALDERSON, A.; ALDERSON, K., 2005).

O comportamento auxético pode ser explicado em termos da sua geometria e mecanismo de deformação. O estudo de possíveis estruturas geométricas que venham a apresentar o coeficiente de Poisson negativo é muito importante para projetar e prever o comportamento auxético. O mecanismo típico de representação está ilustrado na Figura 2.

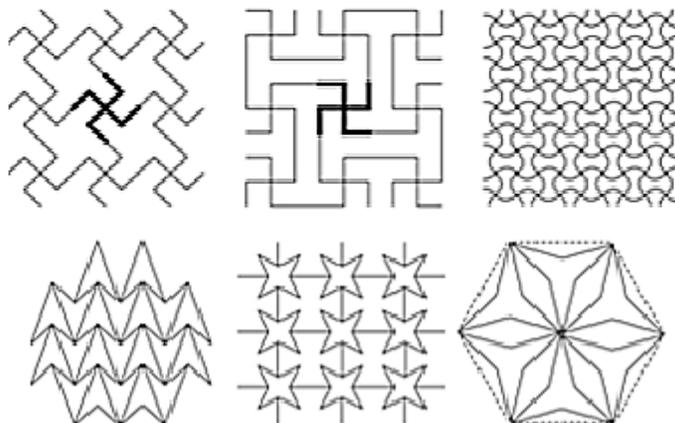
Figura 2 – Representação da Geometria de Deformação Fundamental de Material Auxético



Fonte: Adaptada de Steffens e Figueiro (2012)

O estudo de modelos geométricos possibilita observar os mecanismos de deformação em escala macro e assim prever e/ou aumentar o efeito auxético. O estudo desses modelos permite desenvolver estruturas que apresentem o coeficiente de Poisson negativo. A Figura 3 ilustra alguns desses modelos.

Figura 3 – Representação de Modelos Geométricos Utilizados no Desenvolvimento de Estruturas Auxéticas

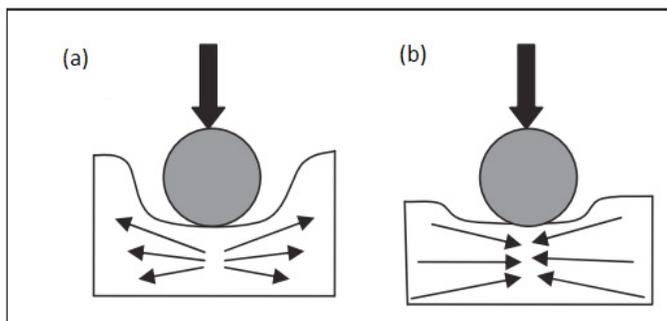


Fonte: Adaptada de Liu e Hu (2010)

Propriedades dos Materiais Auxéticos

Como citado anteriormente, os materiais auxéticos possuem, mecanicamente, propriedades únicas e melhoradas quando comparados aos materiais convencionais. Dentre essas propriedades destaca-se a ótima absorção de energia. Isso pode ser explicado, pois quando um material convencional recebe uma carga de impacto, ele se estende perpendicularmente a aplicação da força, ao passo que, em um material auxético acontece o contrário: quando recebe uma carga, o material contrai lateralmente para a região de impacto tornando o material mais denso e resistente naquela determinada região (Figura 4).

Figura 4 – Comparação entre (a) Material Convencional e (b) Material Auxético Quando Submetidos à Compressão



Fonte: Adaptada de Carneiro, Meireles e Puga (2013)

Manufatura

Os materiais auxéticos podem ser produzidos de duas maneiras principais: a partir de polímeros ou a partir de estruturas. No primeiro caso, o efeito é obtido por meio do arranjo molecular durante a síntese de polímeros; no segundo caso, seu desenvolvimento se dá por meio de estruturas. Entretanto, a manufatura desses tipos de materiais é recente e está disponível, por enquanto, somente em pequenas escalas.

Levando em consideração os avanços relativos à investigação dentro da indústria têxtil para a criação de novos produtos, verifica-se que é nova e intensa a pesquisa do desenvolvimento de materiais auxéticos a partir de conhecimentos desenvolvidos nesse ramo de atuação.

Comparando tecidos de malha com os tecidos planos, verifica-se que o primeiro grupo apresenta vantagens significativas em relação ao segundo. As malhas podem ser alongadas em ambas as direções (fileiras e colunas), aumentando assim seu potencial para formar componentes complexos e bastante curvados. Além disso, apresentam excelente resistência ao impacto e à ruptura, ótima absorção de energia e, no caso das malhas tridimensionais, exibem uma melhoria das propriedades mecânicas fora do plano (DUHOVIC; BHATTACHARYYA, 2006)

Efeitos auxéticos em materiais têxteis podem ser obtidos por meio da geometria de junção da estrutura de um tecido. A tecnologia de tricotagem é o processo até então mais utilizado para a criação de tais estruturas, e uma das principais justificativas é a possibilidade de se criar uma grande variedade de estruturas com altas velocidades de produção. Com o ponto da máquina correto e a seleção de materiais adequados é possível produzir estruturas geométricas com os mais diversos formatos, como os de quadrados, retângulos, hexágonos e de diversas outras formas (UGBOLUE, 2012).

Quanto à fabricação de estruturas auxéticas a partir da tecnologia de tricotagem, diversos parâmetros podem ser modificados para se obter as mais diferentes propriedades. Variáveis como o tipo de tecnologia a ser empregada (por trama ou por urdume), tipo de máquinas (circulares ou retilíneas), tipo de fio e entrelaçamento adotados, podem ser alteradas para se obter maior flexibilidade, maior produtividade e maior variedade de padronagens com o intuito de se otimizar o valor do coeficiente de Poisson negativo.

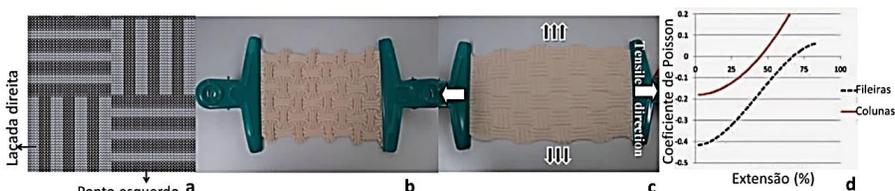
Nesse sentido, verifica-se grande avanço no desenvolvimento de estruturas no segmento têxtil que utilizam diferentes tecnologias de entrelaçamento, entre as quais se destaca a técnica de tricotagem por meio da malharia por trama.

Nessa perspectiva, são os teares retilíneos eletrônicos de malharia por trama os mais utilizados no desenvolvimento de estruturas têxteis com comportamento auxético. Além da possibilidade de um sistema de seleção de agulhas, os teares retilíneos podem também ser equipados com grande quantidade de dispositivos auxiliares, que proporcionam o desenvolvimento de ilimitadas combinações. De acordo com os requisitos definidos pelos utilizadores, os fabricantes podem dispor de equipamentos que ofereçam, por exemplo, maior ênfase na capacidade de produção da máquina, rentabilidade, redução do espaço necessário e custo, entre outras características (MEZZA; ZONDA, 2002).

A tecnologia de malharia por trama no desenvolvimento de malhas auxéticas destaca-se devido ao grande potencial de desenvolvimento de diferentes estruturas, baseadas no arranjo de diferentes geometrias, utilizando fios convencionais, como lã e algodão, combinados algumas vezes com fios de elastano (HU *et al.*, 2011). E até mesmo a utilização de filamentos mais rígidos, como os fios de elevado desempenho (STEFFENS *et al.*, 2016). A partir do desenvolvimento correto da geometria de entrelaçamento, escolha da matéria-prima e afinação do tear, é possível obter elevados valores de coeficiente de Poisson negativo (STEFFENS *et al.*, 2016). As Figuras 5 e 6 ilustram alguns exemplos de malhas desenvolvidas que apresentam o efeito auxético. No lado esquerdo de cada imagem é possível verificar o módulo de repetição da estrutura, na qual estão representadas as laçadas produzidas na frontura da frente (laçada direita) e na frontura de trás (laçada esquerda); na parte central estão ilustradas as imagens da amostra relaxada e sob tensão, indicando o efeito auxético; no lado extremo direito, a evolução do

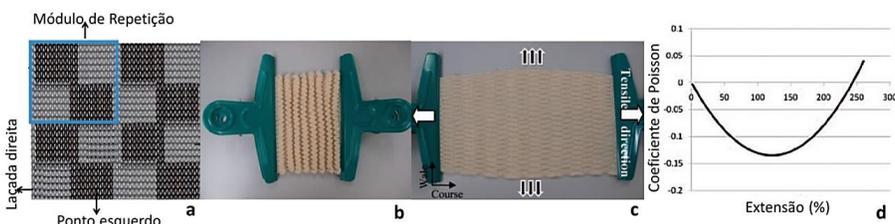
comportamento das malhas por trama auxéticas, tanto na direção das fileiras como das colunas.

Figura 5 – Malha Auxética 1: (a) módulo de repetição; (b) amostra relaxada; (c) tensão aplicada no sentido das fileiras e colunas; (d) coeficiente de Poisson *versus* extensão



Fonte: Adaptada de Hu *et al.* (2011)

Figura 6 – Malha Auxética 2: (a) módulo de repetição; (b) amostra relaxada; (c) tensão aplicada no sentido das fileiras; (d) coeficiente de Poisson *versus* extensão



Fonte: Adaptada de Hu *et al.* (2011)

Possibilidades de Aplicação

São muitas as possibilidades de aplicação dos materiais auxéticos. Podem ser utilizados, por exemplo, como filtros inteligentes, que variam o tamanho dos seus poros de acordo com o tamanho das partículas que são filtradas, aumentando a sua eficiência (ALDERSON; RUTH, 2005).

Na área médica podem ser utilizados em curativos inteligentes com liberação controlada de fármacos. Quando o local do ferimento encontra-se inchado, o curativo, por estar tensionado, proporciona a liberação do medicamento. À medida que o in-

ção vai diminuindo, interrompe a liberação dos medicamentos (ALDERSON, A.; Alderson, K. 2005).

Devido às excelentes propriedades de resistência ao cisalhamento, outra aliciente aplicação dos materiais auxéticos é na área de arquitetura, podendo ser utilizados no desenvolvimento de coberturas flexíveis empregando materiais têxteis.

No segmento esportivo também podem ser desenvolvidas estruturas de malha para serem usadas em áreas específicas, como joelhos e cotovelos, como elemento de proteção. O fato de criarem uma zona de reforço, quando comprimidas, protegem os atletas quando sofrem um determinado impacto nessas áreas.

Na área de proteção pessoal é possível utilizar malhas auxéticas para serem empregadas em coletes à prova de balas ou vestuário de proteção a diversos tipos de cortes e perfurações, podendo, conseqüentemente, diminuir o peso do material, proporcionando maior proteção e até mesmo conforto, quando comparados aos seus equivalentes convencionais.

Ainda no segmento de proteção podem-se destacar as cortinas antibombas, nas quais o pico de choque ultrapassa as cortinas, mas os estilhaços provocados pelas explosões são retidos nos cortinados (Figura 7).

Figura 7 – Representação de Cortina Antibomba



Fonte: Adaptada de Wang e Hu (2014)

Conclusão

O estudo dos materiais auxéticos é recente e várias são suas possibilidades de aplicação, substituindo seus análogos convencionais. A perspectiva em desenvolver materiais auxéticos a partir de fios e filamentos, por meio da tecnologia de malharia por trama, tem apresentado uma grande evolução. Esse conceito é ainda muito recente e inovador, mas estudos demonstram ser esse um tema aliciante para a criação de novos produtos, com elevado valor agregado, propriedades únicas, e que podem ser aplicados em inúmeras áreas. O estudo de novas estruturas têxteis, por meio das competências da indústria de malharia, demonstra o grande potencial de inovação que possui o segmento têxtil, no desenvolvimento de novas soluções.

Referências

- ALDERSON, A.; ALDERSON, K. Expanding materials and applications: exploiting auxetic textiles. **Technical Textiles International**, [S. l.], p. 29–33, 2005.
- ALDERSON, K. L.; RUTH, S.V. Auxetic materials., **Patente n. US 6.878.320 B1**, United States Patent, 12 abr. 2005.
- BHULLAR, S. K.; WEGNER, J. L.; MIODUCHOWSKI, A. Auxetic behavior of a thermoelastic layered plate. **Journal of Engineering and Technology Research**, [S. l.], v. 2, n. 9, p. 161–167, 2010.
- CARNEIRO, V. H.; MEIRELES, J.; PUGA, H. Auxetic materials. **Materials Science-Poland**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 561–571, 2013.
- CHAN, N.; EVANS, K. E. Fabrication methods for auxetic foams. **Journal of Materials Science**, [S. l.], v. 32, p. 5945–5953, 1997.
- DUHOVIC, M.; BHATTACHARYYA, D. Simulating the deformation mechanisms of knitted fabric composites. **Composites – Part A: Applied science and manufacturing**, [S. l.], v. 37, p. 1897–1915, 2006.

- EVANS, K. E.; ALDERSON, K. L. The static and dynamic moduli of auxetic microporous polyethylene. **Journal of Materials Science**, [S. 1.], v. 11, p. 1721–1724, 1992.
- HU, H. *et al.* Development of auxetic fabrics using flat knitting technology. **Textile Research Journal**, [S. 1.], v. 81, p. 1493–1502, 2011.
- LEE, T.; LAKES, R. S. Anisotropic polyurethane foam with Poisson's ratio greater than 1. **Journal of Materials Science**, v. 32, p. 2397–2401, 1997.
- LIU, Y.; HU, H. A review on auxetic structures and polymeric materials. **Scientific Research and Essays**, [S. 1.], v. 5, n. 10, p. 1052–1063, 2010.
- MC MULLAN, P. J. *et al.* textile fibers engineered from molecular auxetic polymers. **NTC Project: M04-GT21 – National Textile Center Report**, [S. 1.], n. 1063, p. 1–10, 2004.
- MEZZA, C.; ZONDA, P. **Knitting** – Reference books of textile technologies. 2. ed. Milano: Fondazione ACIMIT, 2002.
- THILL, C. *et al.* Morphing skins. **The Aeronautical Journal**, [S. 1.], n. 3216, 2008.
- STEFFENS, F. *et al.* Development of novel auxetic textile structures using high performance fibres. **Materials & Design**, [S. 1.], p. 81–89, 2016.
- STEFFENS, Fernanda; FANGUEIRO, Raul. **Materiais auxéticos** – O efeito do coeficiente de Poisson negativo. **Redige**, [S. 1.], v. 3, n. 2, 2012.
- UGBOLUE, S. C. *et al.* Engineered warp knit auxetic fabrics. **Textile Science & Engineering**, [S. 1.], v. 2, p. 1–8, 2012.
- WANG, Z.; HU, H. Auxetic materials and their potential. **Textile Research Journal**, [S. 1.], p. 1600–1611, 2014.
- Wright, J. R. *et al.* On the design and characterisation of low-stiffness auxetic yarns and fabrics. **Textile Research Journal**, [S. 1.], v. 82, p. 645–654, 2012.

Inovações Têxteis e Forças Armadas

Fernanda Steffens

Doutora em Engenharia Têxtil, pela Universidade do Minho. Docente da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* fernanda.steffens@ufsc.br

Fernando R. Oliveira

Doutor em Engenharia Têxtil, pela Universidade do Minho. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias. *E-mail:* oliveira.fernando@ufsc.br

Michele Schmidt

Aluna da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil.

Resumo

Os uniformes utilizados pelo exército, aeronáutica e marinha possuem importância fundamental e enorme representatividade na sociedade. Contudo, a literatura sobre os materiais têxteis aplicados nessas vestimentas e as inovações têxteis nessa área específica ainda são pouco difundidas cientificamente. O conhecimento sobre as propriedades dos têxteis aplicadas ao segmento militar e o estudo da inserção de novas tecnologias são de extrema importância para potencializar o desempenho e a segurança dos usuários desses materiais (vestuário/equipamentos). Dentre as principais propriedades desejadas para os têxteis militares, além da proteção propriamente dita, estão: a resistência ao rasgo e a tração; o alongamento; a solidez à lavagem, à fricção e à luz; resistência aos raios ultravioleta (UV) e à chama; propriedades antimicrobianas e superhidrofóbicas, além da possibilidade de inserção de sensores para controle das funções vitais e para comunicação. Espera-se, com esta breve revisão da literatura, apresentar as principais inovações tecnológicas e estudos científicos que vêm sendo realizados na área dos têxteis militares, evidenciando dessa forma que a engenharia têxtil e as forças armadas podem, juntas, por meio da pesquisa e do auxílio de tecnologias emergentes, desenvolver produtos inovadores e que contribuam para o aumento do conforto e da segurança fornecidos pelas fardas e pelos equipamentos militares.

Palavras-chave: Engenharia têxtil. Têxteis militares. Inovações têxteis. Forças armadas.

Introdução

Guerras e batalhas fazem parte da história desde o início da formação da nossa civilização. E, já nos primórdios, os guerreiros utilizavam diferentes tipos de materiais para a confecção de suas vestimentas de proteção. Armaduras e escudos eram produzidos a partir de madeira ou de couro, que serviam, além de proteção, como identificadores do grupo no qual os soldados pertenciam nas batalhas.

O registro da utilização de uniformes militares é remoto; existem vestígios de cerca de 3 mil anos (HORSFALL, 2012) sobre isso. Na Mesopotâmia, em meados do terceiro milênio a. C., começou-se a modernização dos exércitos, resultando no surgimento dos capacetes de metal, capas e outros detalhes que diferenciavam o vestuário do soldado. Na Idade Média, os soldados apresentavam algum tipo de símbolo como identificação no seu vestuário. Nos séculos XVI e XVII iniciou-se a modernização dos uniformes, e as pesadas armaduras e capacetes, que eram produzidas com metais, começaram a ser substituídas por tecidos mais leves e identificados com cores (CARDELLO, 2008).

Embora tenham sido institucionalmente criadas no século XIX, as forças armadas brasileiras remontam as suas origens às disputas do período colonial e da Guerra da Independência, sendo essenciais para o cumprimento da defesa da Pátria e para a segurança pública. A América do Sul é um continente relativamente pacífico, em que as guerras são um evento raro; como resultado, o Brasil não tem seu território invadido desde 1865, quando ocorreu a Guerra do Paraguai. Porém as forças armadas são formadas por instituições nas quais os brasileiros mais confiam, de acordo com pesquisa de opinião realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2014) e

pelo Datafolha (G1, 2014), sem guerras, muitas vezes os componentes dessas corporações são designados para atuarem na área urbana em momentos de desordem. Os militares possuem disciplina rigorosa e atribuições bastante perigosas, exigindo que as condições de trabalho sejam as mais favoráveis possíveis.

O uniforme militar é considerado como um dos símbolos oficiais das forças armadas, sendo padronizado de acordo com cada instituição: marinha, exército e aeronáutica (Figura 1). As fardas militares manifestam os valores, a tradição, a hierarquia e a disciplina existentes em cada uma dessas organizações. Esses elementos são representados na postura de autoridade de quem utiliza o uniforme (HORSFALL, 2012; E-MILITAR, 2016).

As fardas militares podem ser assim classificadas:

- uniformes de gala – para grandes solenidades;
- uniformes solenes – para solenidades de menor importância;
- uniformes de passeio – usados fora de serviço;
- uniformes de serviço – fardas usadas em serviço, instrução e campanha;
- uniformes de educação física – usados para praticar atividades esportivas.

Ressalta-se ainda a existência dos uniformes históricos, fardamentos exclusivos de representação ou para atividades que exijam vestimentas especiais, seja na aviação, em hospitais, no resgate ou no socorro. No Brasil, o vestuário oficial das forças armadas só pode ser utilizado por quem faz parte da corporação (E-MILITAR, 2016).

Figura 1 – Uniformes: Exército, Aeronáutica e Marinha



Fonte: Brasil 247 (2015)

Cada vez mais, a tecnologia utilizada pela indústria têxtil é um componente decisivo para o desenvolvimento de produtos de sucesso, que atendam às necessidades e aos desejos dos mais diversos tipos de consumidores. A cadeia têxtil é uma das mais complexas entre as indústrias de transformação, pela diversidade de etapas envolvidas, e pela busca por novas tecnologias, que é ampla e imprescindível. A inserção de inovações têxteis nas forças armadas tem como objetivo desenvolver materiais padronizados, leves, confortáveis e com elevado nível de proteção. O estudo das propriedades mecânicas e morfológicas dos materiais têxteis atualmente utilizados (resistência, estrutura, padronagem, matéria-prima, entre outras) e das principais tecnologias emergentes que podem ser aplicadas nesse tipo de substratos (produtos anti-UV, antimicrobianos, superhidrofóbicos, fotocromicos, termocromicos, entre outros) podem trazer melhorias significativas e principalmente aumentar consideravelmente o desempenho e a segurança dos militares.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um breve referencial teórico sobre a importância dos materiais têxteis aplicados à área militar e sobre as novas tecnologias que podem ser utilizadas, na concepção de fardamentos e dispositivos a base de fibra, com o intuito de elevar a segurança e a *performance* dos militares.

Análise Teórica e Potencial Tecnológico

O setor têxtil está cada vez mais voltado para a sustentabilidade, a internacionalização, as macrotendências e para as novas tecnologias com amplas aplicações técnicas nos mais diversos segmentos: engenharia civil, arquitetura, medicina, transportes, aeroespacial e principalmente na área de proteção (HORROKS *et al.*, 2000; CHAPMAN, 2010).

Apesar da evidente evolução tecnológica obtida com a utilização dos materiais têxteis nas áreas supracitadas, verifica-se que a literatura sobre as inovações têxteis na área militar ainda é pouco difundida cientificamente (SPARKS, 2012).

Entre os séculos XV e XVIII, as fardas militares eram confeccionadas em cores vibrantes e repletas de acessórios não recomendados, como grandes casacos, o que deixava os soldados muito vulneráveis durante as batalhas. A adaptação dos uniformes militares foi ocorrendo de forma gradual, com a substituição por materiais mais leves e resistentes, e, sobretudo, por estampas com cores e formatos que pudessem camuflar os soldados de acordo com o terreno em que se encontravam, fazendo com que seguissem despercebidos pelo exército inimigo. De maneira tática, pode-se afirmar que a camuflagem não está relacionada com a estampa do vestuário que os militares vestem, mas sim com o quão bem os militares podem estar “harmonizados” com o ambiente (BAUMBACH, 2012).

As estampas de camuflagem são compostas por cores específicas, e cada país/região cria seu padrão, de acordo com o terreno onde atua (E-MILITAR, 2016). O exército britânico foi o primeiro a introduzir a camuflagem em seus uniformes no início dos anos 1970. Ressalta-se que camuflagens recentes apresentam recursos que impedem de serem detectadas por dispositivos de intensificação de imagem, como os óculos noturnos. Além disso, pesquisas

recentes apontam para a utilização de corantes e revestimentos que proporcionem o efeito “camaleão” sobre o uniforme, fazendo com que a roupa pareça mudar de cor com a alteração da paisagem circundante (KRUEGER, 2012). A Figura 2 apresenta vários tipos de camuflagens desenvolvidas para diferentes ambientes.

Figura 2 – Diferentes Tipos de Camuflagem



Fonte: Adaptada de E-Militar (2016)

As fardas militares precisam proteger os soldados de meios extremos que podem colocar suas vidas em perigo, como invernos rigorosos, calor e umidade. Além disso, uniformes específicos para determinados grupos, como pilotos aéreos e equipes de tanque, devem possuir revestimentos em áreas específicas, como nas mangas e nas pernas, protegendo o militar contra queimaduras. Existem também os riscos químico e biológico, e nesse sentido, os uniformes militares também devem proteger o utente. Outra ameaça iminente são as pequenas armas e estilhaços produzidos por dispositivos explosivos (KRUEGER, 2012). Portanto, os materiais à base de fibras têxteis, de um modo geral, possuem exigências de elevado desempenho em diversas atividades relacionadas à área militar. O potencial para a inserção de inovações, seja no desenvolvimento

de matérias-primas, na estrutura de fios, filamentos, malhas e tecidos planos, entrançados, tecidos não tecidos, ou mesmo nos processos de funcionalização é enorme, sendo essencial a existência da sinergia entre a engenharia têxtil e as forças armadas.

Têxteis e Proteção

A prioridade fundamental dos uniformes militares é a extrema segurança que a roupa deve proporcionar. Para atingir esse objetivo, a matéria-prima, o tipo de filamento, a estrutura e o tipo de padronagem estão entre os principais atributos que irão contribuir para o desempenho desejado do artigo têxtil.

Os têxteis voltados para a proteção vão muito além do vestuário, sendo essenciais contra quedas, exposição à luz solar, à chuva, ao frio e contra o contato direto com os perigos existentes nos diferentes ambientes hostis que os militares atuam (Figura 3). Os têxteis para a proteção também envolvem outros elementos, como: coletes balísticos; mochilas, barracas, macas, paraquedas (Figura 4), entre outros. A resistência, a durabilidade e o próprio conforto são pré-requisitos essenciais para os materiais e produtos envolvidos nesse tipo de aplicação (SPARKS, 2008; SCOTT, 2005).

Figura 3 – Militar em Ação na Selva, e em Condições Extremas de Umidade



Fonte: Forças Terrestres (2015); e Vertigens (2009–2012)

Figura 4 – Têxteis Aplicados à Proteção: diferentes partes que compõem o colete balístico e paraquedas



Fonte: Forças Terrestres (2015)

A armadura utilizada como proteção pessoal é uma espécie de cobertura usada para defender o usuário contra os diversos tipos de ataques, como facas, projéteis, explosões, entre outros. O conjunto pode incluir, por exemplo, coletes à prova de bala, escudos, capacetes, ternos antibomba. Quanto maior a área do corpo coberta, maior a eficiência da proteção. No entanto, muitas vezes essas peças podem se tornar muito pesadas e não ergonômicas à medida que o nível de proteção aumenta, diminuindo a mobilidade do usuário (CHAPMAN, 2010; KRUEGER, 2012).

As ameaças típicas aos portadores das armaduras envolvem a estimativa da resistência ao ataque, a vulnerabilidade dos materiais utilizados, a avaliação da proteção, levando conseqüentemente à otimização das armaduras.

Diante disto, é importante o estudo acerca de elementos que maximizem a sobrevivência do utente, com a menor possibilidade de danos, por meio da análise de vulnerabilidade e da otimização das armaduras. Questões como: “o que é proteção para os militares?”, “como se pode medi-la?”, “como melhorá-la?”, devem ser exaustivamente exploradas.

A análise das propriedades mecânicas dos materiais compõem a armadura e a interação da roupa de proteção com projéteis de alta velocidade, esses projéteis quando entram em contato com o colete balístico conseguem “capturar” o projétil e dissipar a

energia sem causar danos ao portador; sendo esses fatores que devem ser considerados para otimizar a proteção. Para isso faz-se necessário a aplicação de ensaios normatizados nos materiais têxteis, com o intuito de verificar o seu desempenho e sua durabilidade. Nesse caso, aspectos como a resistência dos materiais, a carga máxima que é capaz de suportar, tipo de matéria-prima, dimensões do material, natureza da carga, condições ambientais e esquemas de ensaios devem ser levados em consideração para classificação e utilização adequada de determinado produto.

A análise do ciclo de vida do material têxtil depois de diversas utilizações, o controle de qualidade depois do uso, possíveis contaminações e perda de propriedades, como resistência à tração, à chama; proteção contra radiação solar nociva; repelência à água e perda das propriedades antimicrobianas devem ser consideradas para garantir a *performance* dos materiais têxteis aplicados na área militar.

O Vestuário nas Forças Armadas

Os uniformes utilizados pelas forças armadas sofreram mudanças com o passar do tempo, desde a cor, o estilo, a modelagem até as funcionalidades. Tudo isso influencia o usuário, pois estudos comprovam que o uniforme é capaz de afetar psicologicamente o desempenho dos indivíduos que os usam (CHAPMAN, 2010).

Além disso, os uniformes devem cumprir exigências para garantir elevado desempenho independente das atividades a serem executadas. Nesse sentido, podem-se citar: a avaliação estrutural (padronagem), as suas propriedades mecânicas, ou seja, resistência ao rasgo, à tração, seu alongamento, solidez à luz solar, à fricção e à lavagem, suas propriedades de repelência à água, e a própria análise da modelagem para facilitar e otimizar os movimentos

dos usuários. Nesse sentido, a contratação de profissionais da área têxtil pode trazer grandes benefícios para as forças armadas.

As pesquisas acerca dos fardamentos das forças armadas podem propiciar o desenvolvimento de novos materiais, novos *designs*, novas cores, camuflagens diferenciadas, novos acabamentos, novas técnicas de costura, entre outros.

A inserção de novas tecnologias nos diversos materiais têxteis ligados à área militar proporciona aos investigadores e aos engenheiros têxteis a capacidade de modificar as características dos substratos, tendo assim a vantagem de explorar e controlar certas propriedades dos materiais constituintes, garantindo melhor qualidade dos fardamentos e dos equipamentos e também melhor *performance* do utilizador.

Camuflagem

O propósito da camuflagem é o de permitir a maior aproximação possível do “caçador” com sua presa (inimigo). Para o cumprimento dessa exigência, é imprescindível que a probabilidade de detecção seja a menor possível. A utilização de materiais termocrômicos ou mesmo fotocrômicos, por meio do uso dos conceitos colorimétricos pode tornar a camuflagem dinâmica, criando um efeito camaleônico no uniforme dos militares.

Adaptações na Modelagem

Uma modelagem adequada dos uniformes pode trazer mais conforto e praticidade aos movimentos dos militares, evitando costuras desconfortáveis, bolsos e fechos em locais inadequados, garantindo a execução normal dos movimentos mais frequentes, permitindo consequentemente a produção de fardas mais funcionais.

Os uniformes militares devem ser desenvolvidos tanto para homens quanto para mulheres que atuam nas forças armadas. Atualmente, o projeto de armadura pessoal contempla apenas a modelagem masculina. Entretanto, a inserção das mulheres nas forças armadas vem crescendo gradualmente. O estudo a respeito do desenvolvimento de um *design* de armadura que contemple o biotipo feminino pode contribuir no aumento do conforto e do desempenho dos militares do sexo feminino, sendo esse um desafio a ser explorado.

Conforto dos Uniformes Militares

Os substratos têxteis utilizados na confecção dos uniformes devem garantir uma boa gestão de umidade, evitando que o desconforto possa interferir na atenção e conseqüentemente no desempenho do militar. O microclima formado entre o vestuário e a pele humana necessita de uma análise cuidadosa para que se possa melhor compreender o efeito de “conforto” no vestuário. As extremas temperaturas ou a sua grande variação são referidas como um segundo inimigo. As condições de um inverno úmido e frio, assim como um verão com elevadas temperaturas, podem comprometer a funcionalidade do uniforme e até gerar problemas de saúde aos utilizadores.

Além disso, a finalidade do vestuário é proteger o usuário de condições adversas, como neve, vento, frio, chuva e sol. O isolamento é necessário para equilibrar a perda de calor do corpo em consonância com a sua produção de calor. A padronagem dos uniformes, o fator de cobertura, a cor e a modelagem são variáveis que influenciam de forma significativa nas propriedades de conforto para os usuários.

Tecnologias Emergentes

A possibilidade de desenvolvimento de têxteis inovadores no segmento militar é ampla. A inserção da tecnologia tem como objetivo potencializar os uniformes e os materiais têxteis utilizados nos mais diversos acessórios dessa área, no âmbito da proteção térmica, mecânica, química e biológica (SCOTT, 2005; PAN; SUN, 2011).

Os cientistas têm visualizado as vantagens de aplicar os conhecimentos de eletrônica nas forças armadas. A inserção de sensores e fios condutores em uniformes, com o intuito de monitorar em tempo real os militares de acordo com os seus níveis de atividade, ou indicar seus sinais vitais, sua temperatura corporal e níveis de hidratação, demonstra essa tendência. Os materiais têxteis podem acomodar diversos componentes de forma a facilitar a comunicação sem fio no campo de batalha, sendo esse um avanço tecnológico apoiado em dois setores: têxtil e eletrônico, dando origem aos têxteis eletrônicos (*e-textiles*) (STOPPA; CHIOLERIO, 2014).

As fibras, os fios ou os tecidos podem ser revestidos com materiais condutores, magnéticos, materiais de mudança de fase, termo ou fotocromáticos produzindo artigos que interagem com o ambiente e respondem dinamicamente a essa interação. Os avanços recentes na proteção, a partir da utilização de têxteis, incluem o uso de materiais em escala nanométrica, a aplicação de conceitos relacionados à biomimética e da descarga plasmática, com o objetivo de proteger os usuários de ameaças químicas e biológicas. A utilização dessas tecnologias pode contribuir na redução da massa e do volume do equipamento de proteção pessoal, na melhor interação entre fibras e agentes funcionalizadores, bem como no desenvolvimento de materiais muito mais resistentes.

Sistemas que acompanham o estado de saúde do utente e reagem liberando fármacos (microcápsulas) também se destacam nessa área. A Figura 5 mostra algumas tecnologias que podem ser

aplicadas nos materiais têxteis com o intuito de torná-los funcionais e/ou inteligentes.

Figura 5 – Tecnologias Aplicadas aos Materiais Têxteis: descarga plasmática, têxteis eletrônicos, microcápsulas revestindo fibras têxteis



Fonte: Stoppa (2014), Shishoo, 2007 e BBC NEWS (2012)

A Presença do Engenheiro Têxtil no Segmento Militar

A análise do futuro dos têxteis aplicados à área militar refere-se tanto ao desenvolvimento quanto à aplicação de novas tecnologias. O processamento do produto, durante a sua manufatura, preocupa-se com a complexidade das matérias-primas envolvidas e com os requisitos que os produtos resultantes devem possuir, garantindo maior proteção possível do utente. Nesse sentido, muitos fatores devem ser considerados, desde a matéria-prima, os processos de produção, o acabamento e a até a confecção dos substratos a serem utilizados.

É alto o potencial de aplicação decorrente da constante inovação do setor têxtil nas forças armadas. O desenvolvimento de estruturas têxteis diferenciadas produzidas por meio de fios e filamentos de elevado desempenho, com acabamentos inovadores, utilizados na projeção de novos uniformes, com novos padrões de camuflagens, com cores mais resistentes aos ciclos de lavagens, com novas modelagens, e também para acessórios, como bolsas, mochilas, barracas, paraquedas, coletes, sacos de dormir e muitos outros são, certamente, temas a serem considerados para pesquisas futuras.

Conclusão

Diante do exposto, verifica-se que a discussão referente ao tema “têxteis militares” é bastante ampla, uma vez que está diretamente ligada a diferentes corporações, as quais possuem importância fundamental para a proteção do Estado. Além disso, diversas são as categorias de materiais à base de fibras utilizadas pelas forças armadas e muitas são as tecnologias emergentes que podem ser utilizadas nesse segmento.

Entretanto, a literatura sobre as inovações de materiais têxteis para a área militar ainda é pouco difundida cientificamente. Dessa forma, a sinergia entre a engenharia elétrica, a automação naval e a engenharia têxtil, por exemplo, pode trazer respostas para a criação de diversos materiais de elevada tecnologia e desempenho para as forças armadas. O desenvolvimento e a inserção de novas tecnologias servirão para potencializar a *performance* e a segurança dos militares, podendo trazer proteção térmica, mecânica, química e biológica aliada ao conforto e ao bem-estar desse profissional que defende a Pátria com a sua vida.

Referências

BAUMBACH, J. Colour and camouflage: design issues in military clothing. In: SPARKS, E. (Ed.). **Advances in military textiles and personal equipment**. Philadelphia: Woodhead Publishing in Textiles, 2012. p. 79–102.

BBC NEWS. **Time to heal**: the materials that repair themselves. 2012. Disponível em: <<http://www.bbc.com/news/science-environment-19781862>>. Acesso em: 17 maio 2017.

BRASIL 247. **Justiça diz que exército não poderá barrar pessoas com HIV**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil247.com/pt/247/brasil247/178677/Justi%C3%A7a-diz-que-Ex%C3%A9rcito-n%C3%A3o-poder%C3%A1-barrar-pessoas-com-HIV.htm>>. Acesso em: 3 maio 2017.

CARDELLO, A. V. The sensory properties and comfort of military fabrics and clothing. *In*: WILUSZ, E. (Ed.). **Military textiles**. Cambridge: Woodhead Publishing in Textiles, 2008. p. 71–106.

CHAPMAN, R. **Applications of nonwovens in technical textiles**. Washington: Elsevier, 2010.

E-MILITAR. **Uniformes militares**: história, cultura e inspiração, 2016. Disponível em: <<http://www.emilitar.com.br/blog/uniformes-militares-historia-cultura-e-inspiracao/>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

EQUIPNOR. **Personal protective equipment**. [2017]. Disponível em: <<http://www.equipnor.com/international/competences/personal-protection/>>. Acesso em: 16 maio 2017.

FORÇAS TERRESTRES. **17ª Companhia de Infantaria de Selva**. 2015. Disponível em: <<http://www.forte.jor.br/2015/11/09/17a-companhia-de-infantaria-de-selva-operacao-condor/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **FGV aponta Forças Armadas como instituição mais confiável para os brasileiros**. 2014. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/20885/PESQUISA---FGV-aponta-For%C3%A7as-Armadas-como-institu%C3%A7%C3%A3o-mais-confi%C3%A1vel-para-os-brasileiros>>. Acesso em: 1º maio 2017.

G1. **Forças Armadas e PF são instituições mais confiáveis, diz Datafolha**. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/politica/noticia/2014/07/forcas-armadas-e-pf-sao-instituicoes-mais-confiaveis-diz-datafolha.html>>. Acesso em: 1º maio 2017.

HORROKS, A. Richard *et al.* **Handbook of technical textiles**. Washington: Elsevier, 2000.

HORSFALL, I. Key issues in body armour: threats, materials and design. *In*: SPARKS, E. (Ed.). **Advances in military and personal equipment**. Philadelphia: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2012. p. 3–20.

NOVO EM FOLHA. **Repórter em cobertura de risco**. 2011. Disponível em: <http://novoemfolha.folha.blog.uol.com.br/arch2011-11-06_2011-11-12.html>. Acesso em: 16 maio 2017.

PAN, N.; SUN, G. **Functional textiles for improved performance, protection and health**. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2011.

KRUEGER, G. P. Psychological issues in military uniform design. *In*: SPARKS, E. (Ed.). **Advances in military textiles and personal equipment**. Philadelphia: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2012. p. 64–78.

SCOTT, Richard A. **Textiles for protection**. Elsevier, Washington, 2005.

SHISHOO, Roshan. **Plasma technologies for textiles**. Washington: Elsevier, 2007.

SPARKS, E. **Advances in military textiles and personal equipment**. Cambridge: Woodhead Publishing in Textiles, 2012.

STOPPA, Matteo, CHIOLERIO, Alessandro. Wearable electronics and smart textiles: a critical review. **Sensors**, [S. l.], v. 14, n. 7, p. 11957–11992, 2014.

VERTIGENS. **As 14 maiores competições de paraquedismo do mundo**. 2009–2012. Disponível em: <<http://vertigens.com/artigos/14-maiores-competicoes-paraquedismo-mundo>>. Acesso em: 17 maio 2017.

Inovação: têxteis além do vestuário

Fernando R. Oliveira

Doutor em Engenharia Têxtil. Docente da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* oliveira.fernando@ufsc.br

Fernanda Steffens

Doutora em Engenharia Têxtil. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* fernanda.steffens@ufsc.br

Kerolyn Paula F. Sousa

Aluna da UFSC, no curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* kerolyn.pfs@gmail.com

Resumo

Atualmente, a tecnologia avança em busca de materiais que atendam as expectativas dos utilizadores, levando cada vez mais em consideração a praticidade, o conforto, o custo-benefício, entre outros. Assim, os substratos à base de fibras estão cada vez mais presentes no cenário, em diferentes formas e nas mais diversas áreas de aplicação, como no segmento esportivo, no transporte, na medicina, na arquitetura, na proteção pessoal, na construção civil, entre outras. As fibras, os fios, os filamentos, os entrançados, os tecidos, as malhas e os tecidos não-tecidos são as principais matérias-primas têxteis e, se manipuladas de forma correta (modificando seus formatos, utilizando como reforços em compósitos, etc), podem dar origem aos chamados “têxteis técnicos”. Essa classe de têxteis é composta por materiais de elevado desempenho com características únicas que geram novas soluções para as mais diversas áreas, com grande potencial de aplicação, garantindo benefícios ao usuário e indo além dos denominados têxteis convencionais.

Palavras-chave: Fibras. Têxteis técnicos. Têxteis convencionais. Fibras de elevado desempenho.

Introdução

Com o passar do tempo, as necessidades humanas do dia a dia expandiram-se, tornaram-se mais exigentes e ficaram cada vez mais difíceis de serem atendidas. Isso resulta em estudos mais elaborados e aprofundados sobre inovações e melhorias para atender tais necessidades. Uma delas é a carência de alta qualidade, de conforto e de desempenho nos artigos têxteis. Dessa forma, materiais fibrosos têm sido bastante estudados com o intuito de se entender suas principais propriedades e potenciais aplicações, para empregá-los em produtos que vão muito além dos convencionais: vestuário, cama, mesa e banho (COSTA *et al.*, 2014).

As investigações relacionadas aos materiais fibrosos têm como resultado os têxteis técnicos compreendendo sua vasta possibilidade de aplicação. Têxteis técnicos são obtidos a partir de matérias-primas, como fibras, fios e filamentos, que são arranjados de diferentes formas e desenvolvidos para aplicações que necessitem de um desempenho específico e alcancem resultados que não seriam possíveis se fossem utilizados os têxteis convencionais (HORROCKS, ANANO, 2000).

As fibras têxteis são as principais matérias-primas na indústria têxtil e é possível encontrá-las nas mais diversas formas. Elas são classificadas de acordo com sua origem, que pode ser natural ou manufaturada. As naturais se subdividem em celulósicas, proteicas e minerais; enquanto que a segunda classe é dividida em sintéticas, artificiais e inorgânicas (MATHER; WARDMAN, 2011).

Com o crescimento dos têxteis técnicos, as fibras inorgânicas se tornaram mais requisitadas por apresentarem elevado desempenho, como: alta resistência mecânica, térmica, biológica e química, e alta tenacidade – características muito importantes no desenvolvimento de materiais compósitos (MONTARTO, 2010).

Os têxteis técnicos apresentam grande potencial devido à combinação entre as fibras e as tecnologias emergentes atualmente empregadas, as quais transformam os têxteis convencionais em materiais funcionais e/ou inteligentes, por meio da utilização de componentes nanotecnológicos, materiais de mudança de fase (PCMs), termocrômicos, fotocrômicos, com memória de forma, entre outros. Com isso, verifica-se a possibilidade de aplicação desses elementos técnicos nos mais diferentes segmentos, como: esporte, construção civil, proteção pessoal, arquitetura, medicina, transporte.

São inúmeras as possibilidades de desenvolver artigos inovadores; e a geometria de entrelaçamento desses produtos pode dar origem aos tecidos planos, malhas, tecidos não tecidos, e suas combinações, permitindo alterar as características do material para alcançar melhores resultados nas mais diferentes áreas (COSTA *et al.*, 2014).

Têxteis no Esporte

A proteção e o conforto são características primordiais do material têxtil, presentes tanto no vestuário como no próprio equipamento desportivo. O bom desempenho do atleta está diretamente relacionado às propriedades intrínsecas das fibras utilizadas. As principais áreas de aplicação no segmento esportivo são: calçadista, vestuário apropriado para os diversos tipos de modalidades, esportes de inverno, esportes aquáticos, academia, paraquedas, balões, velas de barcos, raquetes de tênis, etc. (COSTA *et al.*, 2014).

Para o bom desempenho do atleta, entre outras características, é importante que os materiais têxteis utilizados sejam leves, resistentes, duráveis, flexíveis, elásticos e permitam uma boa gestão de umidade. Na área desportiva, as fibras que mais se destacam são as sintéticas, justamente por apresentarem baixa densidade e baixa absorção de umidade, quando comparadas às fibras

naturais, o que favorece em vários aspectos, como na conservação de temperatura, na leveza do produto, contribuindo também para uma secagem rápida e para um maior conforto propiciado pelo material (SHISHOO, 2005).

Além disso, destaca-se também a fibra de carbono, a qual apresenta propriedades muito interessantes para o segmento esportivo, como elevada resistência e leveza, viabilizando seu uso também para outras áreas, de diferentes maneiras. No esporte, é utilizada em equipamentos, como eixos de golfe, raquetes, esquis, *snowboards*, carros de formula 1, varas de hóquei e de pescar e bicicletas. Também pode compor parte da estrutura de chuteiras, por exemplo, com o objetivo de torná-las mais leves e tenazes. Tais características podem favorecer consideravelmente os atletas, de modo que alcancem nível superior em seu desempenho (THE SOCIETY OF FIBER SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2016).

Ainda tratando-se de têxteis aplicados ao segmento esportivo, ressaltam-se as microfibras. Sua estrutura extremamente fina possibilita obter um tecido que seja mais leve, flexível e com excelentes propriedades na gestão de umidade (absorção e dessorção de suor), garantindo que o atleta não sinta desconforto por causa da sensação de “molhado” no corpo (UTTAM, 2013). Essas fibras atendem grande parte das exigências dos vestuários esportivos.

Para alguns esportes é importante que o material têxtil seja formado por diversas camadas de diferentes materiais, produzidos a partir de fibras sintéticas e/ou naturais. Um exemplo a citar é o vestuário utilizado em práticas esportivas em frio extremo. A Figura 1 ilustra uma jaqueta para neve composta por diversas camadas de materiais fibrosos que têm a função de reter o calor do corpo, absorver o suor, impedir a penetração da água e do ar, além de garantir grande leveza do produto.

Figura 1 – Jaqueta Composta por Várias Camadas para Práticas Esportivas no Inverno



Fonte: Adaptada de Gore-tex® (2017)

Têxteis na Medicina

As inovações têxteis estão cada vez mais presentes no campo da Medicina. As fibras empregadas na área da saúde podem ser naturais ou sintéticas, estando o algodão entre as mais requisitadas, por ser bastante absorvente, flexível, durável e ter toque agradável; e o poliuretano, por apresentar elasticidade e recuperação da forma, durabilidade e leveza (BARTELS, 2011).

Os materiais fibrosos presentes nessa área se dividem em:

- materiais cirúrgicos implantáveis: são aqueles que são transplantados, em sua maioria, por meio de estruturas de malha ou tecidos, a fim de substituírem partes do corpo humano. Devem ser biocompatíveis, porosos e bioestáveis, para que não ocorra rejeição do organismo humano. São bastante utilizados na constituição de tendões, válvulas cardíacas, próteses, entre outros (REBELO *et al.*, 2011).
- materiais cirúrgicos não implantáveis: são mais aplicados para tratamento de feridas, utilizando gazes e bandagens que protegem os ferimentos contra infecções, absorven-

do e/ou estancando o sangue, promovendo uma cicatrização rápida e adequada. Além disso, é possível aplicar fármacos nesses têxteis, sendo liberados ao corpo gradativamente até que a ferida seja curada. Fibras bastante eficazes para tais procedimentos são as compostas por colágeno, alginato e quitina, pois são capazes de produzir um gel, criando uma superfície permeável ao oxigênio e impermeável às bactérias (REBELO *et al.*, 2011).

- dispositivos extracorporais: são os órgãos artificiais responsáveis pela purificação do sangue, como o rim, fígado e pulmão. Devem ser não tóxicos, biocompatíveis, resistentes a microorganismos, entre outros (FIBRENAMICS, [2017]).
- produtos de saúde e higiene: utilizados em cirurgias, como: toucas, máscaras, aventais, sapatilhas e afins, com o principal objetivo de proteger o usuário de infecções. Dessa forma, devem ser impermeáveis, biodegradáveis e descartáveis. As fibras mais utilizadas são o algodão, a viscose e o poliéster (REBELO *et al.*, 2011).

Têxteis na Arquitetura

Os têxteis aplicados na arquitetura podem ser a solução de grandes problemas relacionados a essa área, por serem flexíveis, leves, resistentes, fáceis de manusear e, dependendo da matéria-prima, muito baratos. O material fibroso mais utilizado que atende tais requisitos é o poliéster, pois resiste a grandes tensões, possui baixa absorção de umidade, não se oxida e tem boa resistência à radiação ultravioleta.

As membranas têxteis, ilustradas na Figura 2, são exemplos de estruturas confeccionadas com esse tipo de fibra. Esteticamente

resultam em um ambiente inovador e aconchegante. São aplicadas em áreas externas que precisam ser cobertas, protegendo das chuvas e dos raios solares, com o propósito de se obter um ambiente mais ventilado e iluminado. Além de serem fáceis de montar e desmontar, quando necessário.

Figura 2 – Coberturas Têxteis Utilizadas em Arquitetura



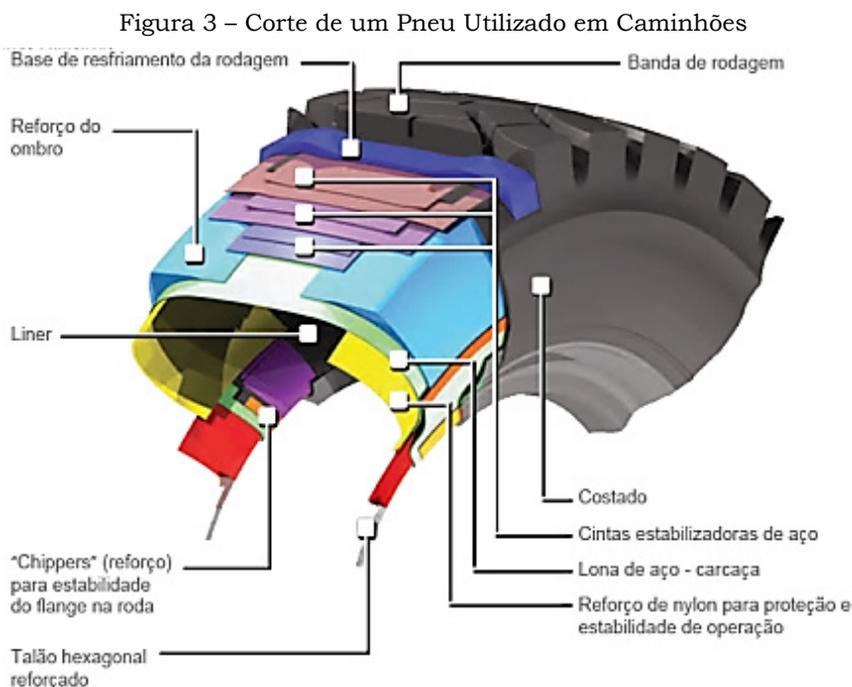
Fonte: Adaptada de Tecnosport® (2013)

Membranas também podem ser produzidas com fibra de vidro revestida com teflon, sendo mais duráveis que as confeccionadas de poliéster, mais resistentes e normalmente utilizadas para projetos de grandes dimensões (MET@LICA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2009). Além do mais, materiais têxteis podem ser utilizados em espaços internos, conferindo propriedades como autolimpeza e superhidrofobicidade, interatividade com a utilização de microcápsulas fotocromicas e termocromicas e também podem ser aplicados como isolantes térmicos e acústicos.

Têxteis no Transporte

Seja terrestre, marítimo ou aéreo, qualquer tipo de transporte requer segurança, leveza, conforto e rapidez. Os têxteis, nesse segmento, são trabalhados das mais diversas formas e atendem muito bem a tais requisitos.

O grande potencial e a versatilidade dos têxteis permitem aplicá-los em pneus, estofados, revestimentos, carcaças de veículos, dispositivos de segurança (cintos e *airbags*), velas, cabos náuticos, cascos de barcos, aviões civis e militares (por meio de materiais compósitos e revestimentos internos), etc. (FIBRENAMICS, [2017]). A Figura 3 ilustra o corte transversal de um pneu utilizado em caminhões exibindo a aplicação de substratos têxteis.



Fonte: Adaptada de Goodyear® (2016)

As fibras mais utilizadas nos transportes são as de vidro, de carbono, de aramida, de poliéster e de viscose. Outros aspectos que os substratos fibrosos devem atender para serem úteis no segmento de transporte são: elevada resistência mecânica, à fadiga, ao rasgo, à oxidação; devem ter baixa absorção de umidade e elevada rigidez (FIBRENAMICS, [2017]).

Têxteis para Proteção Pessoal

A proteção pessoal pode se dividir em proteção térmica, biológica, química, e mecânica. A proteção térmica é bastante utilizada na área desportiva, como mencionado anteriormente, por meio do sistema multicamadas. Mas proteger o usuário do frio não é a única função desse sistema. Existem artigos que fazem o oposto, como é o caso do vestuário protetor ao calor e à propagação de chamas, utilizados por bombeiros, por profissionais do automobilismo e por trabalhadores de plataformas de petróleo. O material deve apresentar resistência a elevadas temperaturas ao qual é submetido. Também deve ter resistência à abrasão, ao corte, ser durável, e ser capaz de promover a gestão de umidade do corpo (FIBRENAMICS, [2017]).

Bactérias, fungos, diversos tipos de partículas, vapores e líquidos químicos são bastante perigosos, e ao entrarem em contato com o organismo humano podem causar danos severos à saúde. Nesse sentido, estudos recentes apontam o desenvolvimento de vestuário especialmente destinado para proteção química e biológica a partir de estruturas fibrosas. Também se destacam materiais antibacterianos, impermeáveis e facilmente laváveis. Além disso, esses produtos devem ser confortáveis, ergonômicos, flexíveis e capazes de impedir que partículas ultrafinas ultrapassem a geometria de entrelaçamento do tecido (DUPONT, [2017]).

Os coletes balísticos também são artigos de proteção pessoal projetados com o conceito multicamadas e são confeccionados a partir de fibras de para-aramida, justamente por apresentarem leveza e durabilidade, além de serem extremamente resistentes (DUPONT, [2017]). A Figura 4 ilustra o sistema empregado nos coletes à prova de bala, confeccionados com tecidos de para-aramida.

Figura 4 – Coletes Balísticos Confeccionados a partir de Fibras de Para-aramida



Fonte: Adaptada de Protecta® (2016)

Têxteis na Construção Civil

Os materiais fibrosos podem ser uma grande solução para a construção civil, pois suas aplicações vão além do reforço à estabilidade de solos, sendo também utilizados como isolante acústico e térmico.

As vantagens em se utilizar os materiais fibrosos para tais fins são diversas e podem oferecer: excelente relação entre peso e resistência, podendo ultrapassar as propriedades mecânicas do aço; bom isolamento térmico (relacionando a resistência térmica e a espessura das fibras); bom comportamento para isolamento acústico; boa interação com o solo; entre outros.

Outro fator que influencia a aplicação de têxteis em construções é a possibilidade de se criar materiais capazes de se adequarem à necessidade, a partir das diversas maneiras de estruturar

as fibras em um tecido, ou em um tecido não-tecido ou até mesmo na formação de compósitos (FIBRENAMICS, [2017]). O geotêxtil é um exemplo do resultado da adequação das fibras a partir do seu arranjo numa estrutura têxtil. Sua estrutura é permeável, sendo bastante utilizada em construções de estradas, barragens, aterros sanitário, garantindo filtração, drenagem, separação, reforço e estabilização do solo (FANGUEIRO, 2011).

As fibras têxteis que mais se destacam para utilização no segmento da construção civil são as de vidro, de carbono, de aramida e de basalto, por possuírem elevadas propriedades mecânicas. Também se destacam as fibras naturais, que podem auxiliar no controle de erosão do solo (FANGUEIRO, 2011).

Considerações Finais

As fibras são componentes fundamentais para a formação dos materiais têxteis e suas diferentes configurações proporcionam melhoria de suas propriedades, bem como a expansão de suas aplicações. Somado a isso, as diversas possibilidades de geometrias de entrelaçamento do material associadas aos diferentes tipos de acabamentos funcionalizadores também são fatores que influenciam as características dos têxteis, e tais alterações podem resultar em produtos de elevado desempenho, aplicados nos mais diversos segmentos.

A potencialidade dos materiais à base de fibras é evidente e a evolução dos têxteis denominados técnicos mostra essa realidade. Os principais centros de investigação científica e tecnológica nas mais diversas áreas têm demonstrado que ainda há muito que ser explorado e que inovações, sejam de cunho incremental ou mesmo radical não cessarão nas próximas décadas, evidenciando que o futuro dos têxteis vai muito além do vestuário.

Referências

- BARTELS, V. **Handbook of medical textiles**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2011.
- COSTA, S. A. *et al.* **Tecnologia e vestuário esportivo**. Simpósio Temático da PRG: o esporte na formação e integração dos estudantes, II., São Paulo. 2014.
- DUPONT. **Portal virtual**. [2017]. Disponível em: <<http://www.dupont.com.br>>. Acesso em: 13 maio 2017.
- GOODYEAR. **Tecnologia de produção**. [2017]. Disponível em: <<http://www.goodyear.com.br>>. Acesso em: 12 maio 2017.
- GORE-TEX. **New level of confort**. [2017]. Disponível em: <www.gore-tex.com>. Acesso em: 14 maio 2017.
- _____. **Proteção contra perigos químicos e biológicos com os macacões DuPont**. [2017]. Disponível em: <<http://www.dupont.com.br>>. Acesso em: 12 maio 2017.
- FANGUEIRO, R. **Fibrous and composite materials for Civil Engineering applications**. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2011.
- FIBRENAMICS. **Dispositivos extracorporais**. [2017]. Disponível em: <<https://www.web.fibrenamics.com/pt/conhecimento/areas-de-aplicacao/medicina/dispositivos-extra-corporais/>>. Acesso em: 14 maio 2017.
- _____. **Engenharia civil**. [2017]. Disponível em: <<https://www.web.fibrenamics.com/pt/>>. Acesso em: 13 maio 2017.
- _____. **Proteção pessoal**. [2017]. Disponível em: <<https://www.web.fibrenamics.com/pt/conhecimento/areas-de-aplicacao/protecao-pessoal/>>. Acesso em: 14 maio 2017.
- _____. **Transportes**. [2017]. Disponível em: <<https://www.web.fibrenamics.com/pt/formacao/online/materiais-tecnologia/transportes/>>. Acesso em: 14 maio 2017.
- HORROCKS, A. Richard; ANAND, Subhash, C. **Handbook of technical textiles**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2000.
- MATHER, Robert R.; WARDMAN, Roger H. **The chemistry of textile fibres**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2011.

MET@LICA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Tensoestruturas**: cabos e membranas – a aplicação das estruturas tensionadas na arquitetura. 2009. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1134>. Acesso em: 13 maio 2017.

MONTARDO, Júlio Portella. **Materiais compósitos fibrosos**. São Paulo: Anapre, 2010. Boletim Técnico, n. 28.

PROTECTA. [2016]. **Coletes à prova de bala**. Disponível em: <<http://www.protecta.net.br>>. Acesso em: 12 maio 2017.

REBELO, Rita *et al.* Aplicações de materiais fibrosos na área Médica. International Conference on Engineering UBI2011. 28 a 30 nov. 2011, Convilhã, Portugal. **Anais...** Convilhã, Portugal: [s. n], 2011.

SHISHOO, Roshan. **Textiles in sport**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2005.

TECNOSPORT. **Termas de Puyehue**. [2017]. Disponível em: <<http://www.tecnosport.cl>>. Acesso em: 13 maio 2017.

THE SOCIETY OF FIBER SCIENCE AND TECHNOLOGY, Japan. **High-performance and specialty fibers**: concepts, technology and modern applications of man-made fibers for the future. Japão: Springer, 2016.

UTTAM, Devanand. Active sportswear fabrics. **International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)**, Índia, v. 2, n. 1, jan. 2013.

Remodelando o Uniforme Escolar das Escolas Públicas do Município de Blumenau numa Perspectiva Sociotécnica

Marilise Luiza Martins dos Reis Sayão

Doutora em Sociologia Política. Docente da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
E-mail: marilise.reis@ufsc.br

Brenda Teresa Porto de Matos

Doutora em Sociologia Política. Docente da UFSC. *E-mail:* brenda.matos@ufsc.br

Laura Palermo Gomes

Aluna da UFSC, no curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* laura.palermo@grad.ufsc.br

Fabieli Diones Breier

Aluna da UFSC, no curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* lary.satomi@gmail.com

Resumo

Este texto tem como objetivo apresentar um dos projetos que compõe as Práticas Curriculares de Inovação, Desenvolvimento Regional e Interação Social (PIDRIS), enquanto uma proposta de caráter teórico-prático integrada a algumas das disciplinas que compõem a estrutura curricular do curso de Engenharia Têxtil, da Universidade Federal de Santa Catarina, *Campus* de Blumenau. O intuito dessas práticas é construir, conjuntamente com os alunos e professores da área, atividades e estratégias de intervenção em comunidades, instituições, empreendimentos de natureza associativa ou empresas da região, que resultem em um saber/produto para os grupos envolvidos, oportunizando aos futuros engenheiros começarem a operar com uma abordagem sociotécnica. O projeto denominado: “*Remodelando os uniformes escolares das escolas públicas de Blumenau-SC numa perspectiva sociotécnica*” foi realizado em duas etapas, ao longo do segundo semestre de 2014 e do segundo semestre de 2015, como uma experiência de pesquisa e intervenção na comunidade escolar. Mediante a coleta de dados realizada pela aplicação de questionários com a alunos, pais e professores das quatro escolas que compuseram a amostra, foram elaboradas propostas de modelos de uniformes, sob a forma de fichas técnicas e desenhos técnicos, buscando atender às demandas formuladas, de modo social e ecologicamente comprometido.

Palavras-chave: Abordagem sociotécnica. Práticas curriculares de inovação. Interação social. Uniformes escolares. Engenheiros têxteis.

Introdução

O projeto de extensão “*Remodelando os uniformes escolares das escolas públicas de Blumenau-SC numa perspectiva sociotécnica*” objetivou desenvolver com os alunos e professores do curso de Engenharia Têxtil da Universidade Federal de Santa Catarina, *Campus* de Blumenau, uma proposta de intervenção que visou à reformulação de uniformes escolares para os estudantes das escolas municipais de Blumenau, pautada por uma abordagem sociotécnica e pelo estímulo à formação crítica e dialógica de engenheiros têxteis. A temática “uniformes escolares” foi eleita como objeto de intervenção tendo em vista a amplitude que seu processo de produção gera e o envolvimento que o engenheiro têxtil pode ter no processo. Além de reconhecer a rede sociotécnica que envolve uniformes escolares, trouxemos a proposta de remodelagem dos uniformes das escolas do município de Blumenau, de acordo com as informações coletadas nas escolas em que os bolsistas fizeram intervenções por meio de questionários.

Para isso, o referencial teórico da Sociologia das Ciências e das Técnicas, a metodologia da pesquisa-ação (THIOLLENT, 2011) e os projetos de ação, subsidiaram o desenvolvimento do projeto. O objetivo era que os alunos construíssem conjuntamente com os professores da área e com os alunos e professores das escolas do município, assim como com a Secretaria da Educação do Município (SEMED), atividades e estratégias que resultaram na proposição de remodelação dos uniformes escolares de acordo com o desejo dos grupos envolvidos, pautando-se nos diálogos de saberes entre os sujeitos do processo.

Tendo-se isso presente, a relação problema-solução passou necessariamente por compreender que os problemas, assim como as soluções, são construídos socialmente a partir da interação com os diferentes grupos sociais. Foi para o atendimento desse tipo de formação que a proposta de desenvolvimento do projeto se dirigiu.

O projeto foi desenvolvido pelas acadêmicas do curso de Engenharia Têxtil, Fabieli Diones Breier e Laura Palermo Gomes, sob a coordenação da Prof.^a Dr.^a Marilise Luiza Martins dos Reis Sayão, com a orientação da Prof.^a Dr.^a Brenda Teresa Porto de Matos, professoras da área dos Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia e dos professores da área técnica de moda e fio, Dr.^a. Grazyella de Aguiar e Prof. Francisco Claudivan da Silva. Todos do curso de Engenharia Têxtil da UFSC, *Campus* de Blumenau.

Os dados foram coletados por meio da aplicação de questionários em nove escolas do município, as quais, segundo a SEMED, receberam o maior número de *kits* de uniformes escolares em 2016. Essas escolas são: E.B.M. Tiradentes, E.B.M. Norma Dignart, E.B.M. Alice Thiele, E.B.M. Almirante Tamandaré, E.B.M. Conselheiro Mafra, E.B.M. Rodolfo Hollenweger, E.B.M. Felipe Schmidt, E.B.M. Hella Altenburg e E.B.M. Pastor Falhauber. Também segundo a SEMED, essas escolas têm o maior número de alunos contemplados com o uniforme fornecido pela prefeitura.

Propusemos a reelaboração da vestimenta, apresentando a proposta na forma de *portfólio*, com desenhos dos modelos e suas respectivas fichas técnicas, que foram entregues à SEMED e às escolas envolvidas, com intuito de que seja tomada como parâmetro nos futuros processos licitatórios de produção dos uniformes. Entendemos que ações desse tipo ganham uma relevância ainda maior, pois se tornam uma oportunidade de a universidade estabelecer laços e criar identidade com a cidade de Blumenau e região. As parcerias que estabelecemos no município, a partir deste projeto, com as escolas, com a Secretaria da Educação, com os alunos e com os professores aumentaram a visibilidade da comunidade para ações de cunho inclusivo, cidadão e social que a universidade pode desenvolver na região.

Sobre a Proposição do Projeto: problema e justificativa

A temática “uniformes escolares” foi eleita como objeto de intervenção, tendo em vista a amplitude que recobre seu processo de produção e o envolvimento que o engenheiro tem, ou deve ter, com essa ação. Como artefatos culturais, os uniformes escolares dizem muito sobre o corpo estudantil. Por ele atravessam códigos do vestuário, assim como se articulam e estruturam discursos e representações.

Segundo Inés Dussel (2000), a roupa foi e é um meio poderoso de exercer a regulação das populações e dos corpos. A roupa marca o sujeito tão profundamente como uma incisão cirúrgica, ligando os indivíduos por meio de sistemas de significação que se convertem em signos. Além disso, o uso de uniformes escolares tem sido considerado por famílias e escolas muito útil e importante. Os motivos são variados, mas entre eles são mais citados: a praticidade, a proteção, e a segurança para os que na escola circulam.

Insera-se também nesse processo, daí seu debate sociotécnico, a questão política e social e a política pública educacional. A título de ilustração, em 2010, O Ministério da Educação (MEC) propôs proposta do lançar um programa que facilitasse a compra de uniformes para alunos/as da rede pública de todo o País. O desejo era que, naquele ano, cerca de 50 milhões de estudantes matriculados nos ensinos fundamental e médio utilizassem essas vestimentas com logotipos do Governo Federal, do MEC e do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

Esse programa completou o que vinha sendo concebido pelo MEC de “quadrado mágico”, ou seja, juntamente com os livros didáticos, com os ônibus escolares e a merenda escolar, a uniformização dos alunos da rede pública seria a última peça para a formação daquilo que se vem concebendo por educação de qualidade igual para todos.

Nessa esteira, muitos estados e municípios aderiram ao programa de distribuição de *kits* escolares, nos quais estariam incluídos os uniformes. No município de Blumenau, segundo a SEMED, foram beneficiadas, naquele ano, 5.820 crianças. Cada uma delas recebeu um conjunto composto por camiseta, regata, bermuda, calça e jaqueta. O investimento foi da ordem de R\$ 548.511,93, recursos do Salário Educação do FNDE.

Ainda considerando o aspecto político, outra questão relevante que foi levada em conta é a de que as empresas escolhidas para a confecção de uniformes escolares da rede pública devem passar por processo licitatório. Nesse campo de negócios circula muito dinheiro, o que pressupõe a necessidade de fiscalização constante do uso dos recursos públicos e de transparência. Segundo o Observatório Social, há muitas irregularidades nesses processos, que precisam ser investigadas. Esses problemas vão desde formação de cartel, sonegação de impostos, superfaturamento, além do uso de materiais de qualidade inferior.

É comum o uso de uniformes tanto em escolas particulares quanto em escolas da rede pública. Segundo Vieira (2007), mencionando uma pesquisa realizada pelo Guia do Estudante de 2007, com 276 colégios, aproximadamente 83% das escolas exigem o uso dos uniformes. Entretanto, o uso obrigatório pode implicar alguns desconfortos para o aluno, pois, muitas vezes, eles são produzidos sem os princípios básicos de normas técnicas, como: não utilizar fibras adequadas para a prática de atividades físicas, apresentar problemas ergonômicos e estéticos.

Justamente por isso, com o objetivo de agregar melhorias aos uniformes escolares, desde a matéria-prima ao produto acabado, garantindo mais segurança, durabilidade, tecnologia, conforto e moda para alunos, pais e escolas, surgiram ações para a criação de Norma Técnica. A Norma, que passou por consulta pública e homologação pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT),

foi criada para reduzir a insatisfação de pais, alunos e diretores de escolas (privadas) com encolhimento, desbotamento e grandes diferenças de tonalidades da mesma cor entre as peças que compõem o vestuário escolar.

Importantes empresas do ramo têxtil, entre fornecedores de tecidos e fabricantes de vestuários, representantes do Grupo de Uniformes Escolares da Associação Brasileira do Vestuário (ABRA-VEST), uniram-se para lançar o Projeto de Modernização do Vestuário Escolar (PROMOVESC). Atualmente, sete empresas compõem o grupo: Neotextil, Budi Malhas e Artestyl/Tecnicor (fabricantes de tecidos), YKZ, OneOff, Rota Uniformes e Pole Scola (fabricantes de uniformes).

A criação da Norma Técnica do Uniforme Escolar – Requisitos de Desempenho e Segurança (NBR 15778), homologada pela ABNT, estabelece tolerâncias para determinadas características dos tecidos aplicados na fabricação dos vestuários, como o encolhimento, o limite da solidez da cor à lavagem e ao suor, a resistência ao estouro, entre outros. Nesse sentido, esse documento deve funcionar como parâmetro de qualidade, segurança e desempenho para orientação dos colégios no momento da escolha de fornecedores e matéria-prima.

Para atestar essa evolução de qualidade de seus produtos nos quesitos modelagens, ciclo de produção, organização, controles, rastreabilidade das peças e métodos de procedimentos produtivos, as indústrias participantes receberam consultoria do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Além disso, para avaliar se os requisitos exigidos pela NBR 15778 estão sendo cumpridos, testes de qualidade são periodicamente realizados nos laboratórios do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI).

Além das questões que envolvem os princípios da ergonomia, que visam à usabilidade, à agradabilidade e ao conforto de forma a atender às necessidades e aos desejos do usuário e à funciona-

lidade da roupa, que diz respeito à aplicação de fios e de tecidos inteligentes que agregam, no interior da fibra, tecnologia e ciência (GASI; BITTENCOURT, 2010), há que se pensar também a questão da rede sociotécnica que envolve a elaboração e produção de uniformes escolares e a relação que essa normativa tem com a sua confecção na esfera pública.

Afinal, como se articulam os diferentes atores nesse processo? As empresas, a comunidade escolar, a prefeitura e secretarias de educação, os alunos e pais participam da proposição do tipo de uniforme a ser confeccionado? Participam democraticamente da escolha dos modelos a serem produzidos ou são meros receptores finais? Como os técnicos participam nesse processo? Os *kits* atendem às especificidades dos alunos em relação à cidade em que vivem? Como são compostos? De acordo com as séries? Atendem às diferentes estações do ano? Atendem às diferentes atividades que os alunos desempenham na escola? Além das normas técnicas, os uniformes acompanham a evolução da tecnologia têxtil? Os materiais utilizados são adequados e funcionais? O montante de investimento está bem empregado, nesse sentido? E as questões ambientais e de sustentabilidade, como estão articuladas nesse processo? O que as indústrias têxteis têm a oferecer?

Essas perguntas levaram-nos a procurar entender como se articula a rede sociotécnica de concepção, para elaboração e para produção de uniformes escolares para o município de Blumenau, processo do qual os engenheiros, e futuros engenheiros têxteis, também fazem parte. Pois não cabe a esses profissionais apenas entender como se ocorre a questão meramente técnica, mas também compreender a política e as questões sociais que envolvem a sua atividade.

O desvelamento dessa rede, que abarca a elaboração e produção de uniformes escolares, foi um dos pontos-chave da proposição do projeto de Práticas Curriculares de Desenvolvimento Regional e

Interação Social (PIDRIS) e emergiu como objetivo geral da experiência. Entendemos que era imprescindível que os alunos percebessem, ao longo da investigação, como se constitui essa rede e de que forma eles poderiam contribuir com o processo.

É também tarefa propor soluções viáveis, social e ecologicamente comprometidas. É desse modo que as PIDRIS possibilitam formar o futuro profissional como um sujeito capaz de oferecer soluções e de avaliar o impacto das intervenções sociotécnicas. Além disso, que possa aprender a trabalhar em equipes multidisciplinares, com capacidade de representar, em termos de requisitos de Engenharia, as diferentes demandas da sociedade, rompendo com o modelo estritamente tecnicista que envolve a profissão e entrando, assim, em contato com modelos de decisão democrática.

Metodologia

A inserção no campo de intervenção se deu pela metodologia conhecida como pesquisa-ação (THIOLLENT, 2011), um método de pesquisa que agrega diversas técnicas de pesquisa social, com as quais se estabelece uma estrutura coletiva, participativa e ativa no nível da captação da informação. Ela requer a participação das pessoas envolvidas no problema investigado. Esse método confere ênfase à descrição de situações concretas e à intervenção orientada à resolução dos problemas efetivamente detectados pela coletividade.

Realizamos revisão bibliográfica e documental, mapeando estudos disponíveis sobre o tema, além de documentações e normas técnicas. Efetuamos a leitura de contexto por meio da observação nas escolas municipais e na SEMED.

Elaboramos e aplicamos questionários por amostragem, de acordo com o número de alunos e escolas municipais onde se deu a intervenção. Para obtermos maior eficiência e rapidez na coleta e

tabulação dos dados, elegemos o uso da ferramenta do *Google* para elaborar formulários *online*, pois o aplicativo transforma os dados em gráficos.

Para a proposição de novos modelos das peças que compõem o uniforme desenvolvemos fichas técnicas, a partir de debates interdisciplinares e avaliações dos dados coletados com a participação dos professores das disciplinas de Engenharia do Fio, Dr. Francisco Claudivan da Silva, e da disciplina de Introdução ao *Design* de Moda, Dr.^a Graziella Cristina Oliveira de Aguiar. Para ilustração gráfica das propostas e sugestões, tivemos a colaboração da *design* gráfica e colega de curso, a acadêmica Rafaela Arendartchuk que, por meio de programas especializados, elaborou as ilustrações das peças.

Fundamentação Teórico-metodológica

A base teórico-metodológica que norteia as PIDRIS é a Sociologia da Ciência e das Técnicas, subsidiando, com seus pressupostos, a explicação sobre o modo como objetos (em questão, o artefato uniformes escolares) compõem as redes sociotécnicas, podendo invadir nosso cotidiano, agir como se fossem “sujeitos” e modificar a realidade.

É importante ressaltar que se quer, por meio das PIDRIS, trabalhar com os alunos concomitantemente conceitos científicos e tecnológicos, processos de investigação e as interações entre ciência, tecnologia e sociedade. Os processos de investigação científica e tecnológica, aliados à formação sociotécnica, propiciariam a participação ativa dos alunos na obtenção de informações, solução de problemas e tomada de decisão por meio de estudos de temas locais, políticas públicas e temas globais.

Além disso, é possível desenvolver com os alunos uma visão crítica da ciência e da tecnologia, um questionamento da “verdade

absoluta” e da neutralidade, ao desfazermos o mito do cientificismo e o do tecnicismo, que ideologicamente ajuda a consolidar a submissão da ciência e da tecnologia exclusivamente aos interesses de mercado. Latour e Woolgar (1997), como representantes da corrente construtivista em sociologia, por exemplo, demonstraram isso em seus estudos. Nos seus trabalhos em microetnografia das práticas científicas cotidianas, argumentam como os fatos da ciência, apesar de sua aparência objetiva e neutra, são, na verdade, construídos socialmente, e que não existe uma forma objetiva de avaliar se o conhecimento científico é um reflexo “verdadeiro” do mundo, sendo, portanto, a noção de “progresso” científica problemática.

Sabemos que uma visão de ciência e de tecnologia como algo absolutamente verdadeiro e definitivo, visão que se configura ainda enquanto *status quo* na maioria dos cursos de Engenharia, é problemática para os alunos, pois implica dificuldades de aceitar a possibilidade de duas ou mais alternativas para resolver um determinado problema.

É nessa perspectiva, seguindo os aspectos já apontados por Rosenthal (1989), que buscamos, por meio dos projetos desenvolvidos nas PIDRIS, abordar questões de natureza filosófica (aspectos éticos do trabalho científico, impacto das descobertas científicas sobre a sociedade e a responsabilidade social dos cientistas no exercício de suas atividades); sociológica (abordagem sobre as influências da ciência e tecnologia sobre a sociedade e desta sobre o progresso científico e tecnológico; limitações e possibilidades de se usar a ciência e a tecnologia para resolver problemas sociais), histórica (influência da atividade científica e tecnológica na história da humanidade, bem como os efeitos de eventos históricos no crescimento da ciência e da tecnologia); política (interações entre a ciência e a tecnologia e os sistemas público, de governo e legal, processos decisórios sobre ciência e tecnologia, uso político da ciência e tecnologia); econômica (interações entre condições econômicas e

ciência e a tecnologia); e humanística (aspectos estéticos, criativos e culturais da atividade científica e tecnológica).

Os uniformes escolares, nesse caso, foram apresentados aos alunos não como simples vestimentas, mas como híbridos de natureza e cultura. Tais objetos seriam, assim, parte de nossa humanidade e compartilhariam conosco redes sociotécnicas. De acordo com Latour (1994), natureza e cultura são consideradas de modo simétrico; assim, objetos são coadjuvantes na construção de itinerários intelectuais, na produção do conhecimento, na transformação da realidade social. Esse argumento sustenta o que também reiteramos com nossos alunos no curso de Engenharia: a noção segundo a qual é possível fazer etnografia de objetos e que, assim como as ciências “exatas e naturais”, objetos e projetos podem ser compreendidos e explicados pelas Ciências Sociais.

Já no que se refere à inserção dos alunos no campo da pesquisa da realidade social, a ideia original era utilizar a metodologia da pesquisa-ação, um método de pesquisa que agrega diversas técnicas de pesquisa social, com as quais se estabelece uma estrutura coletiva, participativa e ativa no nível da captação da informação, na medida em que implica a participação das pessoas envolvidas no problema investigado.

Os dados coletados foram consolidados e nortearam a elaboração de fichas e desenhos técnicos de propostas de uniformes que foram ao encontro dos anseios dos alunos captados nas escolas investigadas.

As bolsistas elaboraram questionário específico, atentando para algumas variáveis comuns aos uniformes, pertinentes ao conforto térmico, *design*, durabilidade, padrões de cores, participação dos alunos das escolas na discussão e elaboração dos modelos de uniformes, etc.

Resultados Obtidos

Apresentamos aqui uma síntese de alguns dos resultados do levantamento realizado nas escolas, os quais embasaram as propostas de peças de uniformes que posteriormente foram elaboradas como produtos finais.

A partir da análise desses dados, elegemos como relevantes os dados que foram indicados nas respostas atribuídas pelos alunos como problemas mais sérios, considerando como tal aqueles indicados por mais de 40% dos alunos consultados em cada uma das questões aplicadas. Além disso, consideramos também a análise que fizemos *in loco* dos uniformes utilizados por eles, observando as questões técnicas. Com esse conjunto de observações chegamos aos seguintes resultados:

- **Camisetas:** mais de 60% dos alunos usa a camiseta, entretanto os que não a utilizam, alegam não gostar principalmente da aparência (57,4%), da modelagem (41,6%) e do tecido (40,6%). Dos alunos questionados, 76,8% afirmam que a roupa possui tamanho adequado – isso quer dizer que a numeração da camiseta está correta para o tamanho do aluno, entretanto nem sempre a modelagem é adequada – quase 60% não gostam da peça por esse motivo. A gola da camiseta durante o inverno incomoda cerca de 70% dos estudantes, já para o verão, 46,4% disseram que ela é confortável, mas exatamente a mesma porcentagem de alunos disse que a peça incomoda. Com relação à manga, 51,7% a consideraram confortável, mas 45,7% acham o símbolo feio, e quase 46% gostariam que o nome de sua escola estivesse no símbolo da camiseta. O tecido no verão, para aproximadamente 30% dos alunos, incomoda, esquenta muito e quando transpira fica molhado. Porém para o inverno, 47% consideram confortável. Para 55% dos

entrevistados o tamanho veste bem, e para mais de 50% as costuras são confortáveis. Já com relação à camiseta regata, aproximadamente 66% dos alunos não gostam, e quase 70% não a usa, pontuando como motivos principais a aparência (53,3%) e a modelagem (47,8%). Dos estudantes participantes da pesquisa, 73,1% gostariam que as camisetas tivessem uma modelagem mais ajustada além da camiseta de modelagem padrão.

- **Short:** mais de 57% dos entrevistados não usam o *short* e 55,5% alegam não gostar da modelagem, nem da aparência (54,1%). Entretanto, 58,4% dizem que a peça é adequada para o tamanho do aluno. Isso quer dizer que a numeração do *short* está correta, entretanto a modelagem parece inadequada. Cerca de 50% dos alunos não gostam do *short*. Para 58,3% dos estudantes, o elástico da cintura é confortável, assim como as costuras (66,5%) e o tecido (76,3%). Aproximadamente 46% dizem que o tamanho veste bem e 75,1% dos entrevistados gostaria que o *short* tivesse uma modelagem mais ajustada, além do *short* de modelagem padrão.
- **Jaqueta:** um dado alarmante é o de que 69,8% dos alunos não utilizam a jaqueta, e o principal motivo é o de não gostarem da aparência (52,9%). Quase 62% não gostam da jaqueta, ainda que considerem a gola (65,9%), a manga (49,7%) e o punho (48,8%) confortáveis. Mais de 57% consideram o símbolo feio, e 86,2% dos entrevistados acham que o nome de sua escola deveria estar no símbolo da jaqueta. O tecido, para 65,9% dos estudantes, é confortável, entretanto 77,1% dizem que a jaqueta não aquece o suficiente. O zíper para 49,6% deles abre e fecha bem, mas 45,8% responderam que emperra. Já o tamanho veste bem para 47,6% dos alunos, e as costuras são confortáveis para 65,7%.

- **Calça:** em torno de 70% dos entrevistados não usam a calça, alegando não gostarem da aparência (53,4%), e 51,7% não gostam da modelagem. Dos entrevistados, 49,2% dizem que a calça não é adequada para o seu tamanho. Cerca de 70% não gostam da calça e 50,6% dos alunos consideram o elástico da cintura confortável. Em relação ao tamanho, 39,9% consideram que a calça veste bem, entretanto 36,5% afirmam que a calça é larga, e 31,5% dizem ser comprida. Dos estudantes, 66,7% acham as costuras confortáveis. Sobre o tecido, para o verão, 40,1% apontaram que esquenta muito e 46% que, no inverno, esfria muito. Mais de 83% dos entrevistados gostariam que a calça tivesse uma modelagem mais ajustada além da calça de modelagem padrão.

Propostas de Remodelagem

A partir desses dados, elaboramos uma proposta de reformulação/remodelagem dos uniformes escolares da rede municipal de Blumenau, as quais explicamos a seguir.

Proposta para a camiseta: um dos principais pontos apontados como problema na camiseta foi a gola, que incomoda um número expressivo de alunos, tanto no inverno quanto no verão. Devido a isso, propusemos a mudança da gola em V com ribana, para uma gola em V sobreposta, com ribana da mesma composição da camiseta, apenas alterando a gramatura. Outro ponto importante levantado foram os símbolos da camiseta que também causam desconforto nos alunos. Assim, sugerimos que a bandeira de Blumenau seja substituída pelo brasão, para tornar o símbolo mais moderno. A camiseta regata é um ponto crítico, tendo em vista que quase 70% dos entrevistados não a utilizam. Assim, sugerimos que seja revista a necessidade de ela compor o *kit*. Ainda assim, fizemos uma proposta de regata, com cavas reduzidas e a gola ajusta-

da, da mesma forma que na camiseta de manga curta. Há ainda o desejo manifestado por modelagens mais ajustadas para as camisetas. A sugestão é para que se tenham modelos “*baby look*”, além da modelagem tradicional. A manifestação dos alunos em relação ao nome da escola estar no uniforme talvez seja solucionada com o uso de um carimbo têxtil com o nome da escola, que seria colocado apenas depois de a escola certificar-se que aquelas peças ficarão na escola. As cores propostas foram o branco ou cinza mescla. O branco seria igual ao modelo atual, entretanto propusemos também o cinza mescla, que aumenta a durabilidade com menos desgaste, mantendo-se com boa aparência, diferente do aspecto amarelado da cor branca, que requer lavagens mais delicadas. O cinza mescla também é melhor para a época do frio, pois é uma cor levemente mais escura que o branco, capturando um pouco mais de calor. Em termos estéticos, a cor mescla torna a camiseta mais moderna e atual.

Proposta para o *short*: os dados mais significativos da análise do *short* mostraram que os alunos não fazem uso da peça devido à modelagem e à aparência, e mais de 75% gostariam que existisse uma modelagem mais ajustada. Estamos propondo que modelos masculinos e femininos sejam criados. O feminino pode ser feito de *lycra*, com uma modelagem mais ajustada e comprimento padrão acima dos joelhos e, o masculino, pode manter o tecido que é utilizado atualmente, devido à aprovação por 76,3%. Entretanto revimos o *design* de ambos, já que a aparência foi considerada negativa por cerca de 50% dos alunos. As cores sugeridas são o azul marinho e o bordô. O azul marinho seria igual ao modelo atual e, o bordô, foi proposto com o intuito de aproximar à cor da bandeira do município utilizando uma cor mais neutra que o vermelho aberto.

Proposta para a jaqueta: a função primordial de uma jaqueta é aquecer, e 77,1% dos alunos apontaram que ela não aquece o suficiente. Estamos sugerindo que o tecido atualmente utilizado seja substituído pelo algodão e confeccionado na forma de um

moletom. Outro ponto a ser considerado é que muitos alunos não a utilizam devido à aparência. Desse modo, um novo *design* é sugerido, com bolso canguru, gorro e com o brasão como símbolo no lugar da bandeira, assim como o foi para as outras peças. Quanto à qualidade do zíper, 45,8% dos alunos relataram que ele emperra. Assim, decidimos tirá-lo da peça, transformando o agasalho tipo casaco em tipo blusão. Entretanto, mantivemos o modelo atual da jaqueta também para fins de comparação e avaliação da SEMED, alterando o símbolo e as cores. O desejo dos alunos em relação ao nome da escola pode ser solucionado da mesma maneira que sugerimos para as camisetas, com o carimbo têxtil. As cores sugeridas são o azul marinho e o bordô. O azul marinho seria igual ao modelo atual e, o bordô já sugerido para as outras peças.

Proposta para a calça: aparência e modelagem foram os principais motivos destacados para a não utilização da calça pelos alunos. Assim, estamos propondo um novo *design*. Em relação à modelagem, uma atenção maior deve ser dada devido a outros dados que apontam que o tamanho da calça é largo e comprido. Desse modo, a modelagem deve ser trabalhada de maneira mais cuidadosa, além de se avaliar a possibilidade de se disponibilizar modelagens mais ajustadas, como gostariam 83,2% dos entrevistados. A diferenciação entre modelagem feminina e masculina é um ponto que precisa ser considerado, pois solucionaria grande parte desses problemas. Sugerimos calças nos modelos bailarina para as meninas, com tecido de *lycra*, e calças masculinas de agasalho, com tecido malha helanca, seguindo o mesmo padrão do modelo atual da calça. As cores sugeridas são o azul marinho e o bordô.

Considerações Finais

O desenvolvimento do projeto proporcionou novas experiências, agregando a pesquisa de campo a conhecimentos gerais obti-

dos ao decorrer do curso, gerando, assim, estatísticas que relacionaram os prós e os contras dos uniformes fornecidos aos alunos das escolas públicas do município de Blumenau. Dessa forma, a interação entre a equipe contribuiu fortemente para a efetivação deste projeto, ensejando caminhos para futuras investigações e melhorias e, a partir dele e de outros projetos anteriores com temática próxima, podendo ser útil como material de apoio a novos pesquisadores.

A construção do projeto possibilitou um diálogo fecundo, construindo novas ideias para atingir as necessidades que foram emergindo no decorrer do trabalho. Com isso, o envolvimento de matérias como Engenharia dos Polímeros Têxteis I e II, Engenharia do Fio I, Engenharia da Malha I, Engenharia do Tecido I e Introdução ao *Design* de Moda contribuíram significativamente nas várias etapas do processo, sendo aplicados para a escolha do material, para a estrutura dos tecidos, para modelagem e para cores, possibilitando relacionar normas fundamentais para a adequação dos uniformes e, portanto, atingindo resultados que proporcionaram melhores alternativas para o desenvolvimento das peças do uniforme.

Outro aspecto fundamental para o desenvolvimento do projeto foi a interação sociotécnica desenvolvida. Percebemos a importância que tem o diálogo de saberes entre diferentes atores que compõem a rede para a elaboração de um objeto técnico. Vislumbramos como soluções viáveis, social e ecologicamente comprometidas, podem ser construídas coletivamente, uma vez que grande parte dos alunos das escolas municipais em que houve intervenção teve papel central na execução do produto.

Foi esse exercício que fizemos e isso contribuiu muito para a formação voltada ao trabalho com equipes multidisciplinares, com capacidade de traduzir, em termos de requisitos de engenharia, as diferentes demandas da sociedade. Nesse sentido, formação para a inovação e formação sociotécnica foram dupla e concomitantemen-

te atingidas, na medida em que as etapas previstas na atividade foram se desenvolvendo.

O projeto parece ter influenciado de alguma maneira a fiscalização dos *kits* produzidos pelas empresas vencedoras da licitação. Pela primeira vez a empresa fornecedora dos uniformes escolares da rede municipal de ensino, a empresa Têxtil Ville, foi notificada sobre o descumprimento das exigências dos produtos relacionadas em edital e os *kits* recebidos pela SEMED foram devolvidos. Um processo administrativo sobre as inconformidades foi aberto pelo município.¹ Além disso, o estabelecimento das parcerias com a comunidade ressaltou o caráter extensionista que a universidade deve ter, especialmente o *campus* de Blumenau, para sua inserção cada vez mais profunda na região.

A entrega dos resultados do projeto, com as fichas técnicas e desenhos técnicos, à Secretaria de Educação de Blumenau redundou na solicitação de seu Diretor de Educação Básica para que a UFSC, por meio do curso de Engenharia Têxtil, realizasse uma proposta de um novo uniforme escolar para todo o município. Esse estímulo materializou-se em um projeto de extensão, que foi aprovado em março de 2016, com vigência de um ano e conta com a colaboração de duas alunas bolsistas do curso de Engenharia têxtil.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15778**: uniforme escolar: requisitos de desempenho e segurança. Rio de Janeiro, 2009.

BLUMENAU. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO. **Uniformes escolares da rede municipal são devolvidos por inconformidade**. 2017. Disponível em: <<http://www.blumenau.sc.gov.br/governo/secretaria-de-educacao/semmed/uniformes-escolares-da-rede-municipal-sao-devolvidos-por-inconformidade23>>. Acesso em: 5 jul. 2017.

¹ Para saber mais, ver: Blumenau (2017).

DUSSEL, Inés. Historias de guardapolvos y uniformes: sobre cuerpos, normas e identidades en la escuela. In. GVIRTZ, Silvina. (Comp.). **Textos para repensar el día a día escolar**: sobre cuerpos, vestuarios, espacios, leguajes, ritos y modos de convivencia en nuestra escuela. Buenos Aires: Santillana, 2000.

GASI, F.; BITTENCOURT, E. Estudo das propriedades de conforto em tecidos de malha das fibras sintéticas de poliéster e poliamida 6.6: permeabilidade ao vapor, transporte de umidade e proteção ultravioleta. **Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica**, Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (CTIQT), v. 1, p. 113–126, 2010.

LATOURE, Bruno. **Jamais fomos modernos**: ensaio de antropologia simétrica. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994.

MOURA, D. G.; BARBOSA, E. F. **Trabalhando com projetos** – planejamento e gestão de projetos educacionais. Rio de Janeiro: Vozes, 2006.

THIOLLENT, M. J. M. **Metodologia de pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

_____. **Pesquisa-ação nas organizações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Têxtil (PPCET-Campus de Blumenau)**. 2013.

Disponível em: <http://textil.blumenau.ufsc.br/files/2014/05/ppc_textil.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2017.

Reaproveitamento de Retalhos de Tecido na Fabricação de Adsorventes

Jeferson Correia

Mestre em Engenharia Química, pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

E-mail: jefersoncor@gmail.com

Andressa Regina Vasques Mendonça

Doutora em Engenharia Química, pela UFSC. Docente da Universidade de Brasília (UnB).

E-mail: andressa_vasques@hotmail.com

Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza

Doutora em Engenharia Mecânica, pela UFSC. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* selene.souza@ufsc.br

Rita de Cassia Siqueira Curto Valle

Doutora em Química, pela UFSC. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* rita.valle@ufsc.br

José Alexandre Borges Valle

Pós-doutor em Engenharia Química, pela Universidade do Porto. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* alexandre.valle@ufsc.br

Resumo

Experimentos de adsorção foram realizados com o objetivo de investigar a capacidade de remoção de corante reativo por adsorvente produzido a partir de retalhos da indústria da confecção. Amostras de retalho têxtil foram expostas à pirólise em temperaturas de 500 °C e 700 °C e tempo de 70 min e 120 min, para a produção de adsorventes. As amostras foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e aplicadas em teste de adsorção com corante *Reactive Black 5* (RB5). Os resultados indicaram que a adsorção foi maior para a amostra preparada em 500 °C e 120 min. A capacidade máxima de adsorção encontrada foi 1,06 mg.g⁻¹. A análise por MEV não identificou a presença de poros nos adsorventes, entretanto foi observado que o ligamento do tecido permanece mesmo depois da pirólise. O adsorvente preparado representa uma excelente alternativa de reutilização do resíduo, possibilitando resolver dois problemas ambientais de uma única forma, aplicando os retalhos de tecido como adsorventes no processo de tratamento de efluentes têxteis.

Palavras-chave: Adsorção. Pirólise. Retalho têxtil. *Reactive Black 5*.

Introdução

O setor têxtil mundial é altamente dinâmico: lançamentos e novas tendências são apresentadas, pelo menos, quatro vezes ao ano, alcançando a marca de 76 milhões de toneladas de artefatos têxteis produzidos no ano de 2010. No Brasil, a produção de artefatos têxteis alcançou a marca de 2,249 milhões de toneladas nesse ano, garantindo o posto de quinto maior produtor mundial. O setor reúne mais de 32 mil empresas, a maioria de pequeno e médio porte, instaladas por todo o território nacional, e emprega cerca de 1,7 milhão de brasileiros, representando 6% do valor total de produção da indústria nacional (ABIT, 2013).

Santa Catarina merece destaque no cenário têxtil, principalmente na região do Vale do Itajaí, considerada um dos polos têxteis mais avançados da América Latina, e que possui grande representatividade no mercado internacional (COSTA; ROCHA, 2009). É o setor industrial que mais gera empregos no estado (FIESC, 2013). Entretanto, nos últimos anos a indústria têxtil catarinense vem enfrentando momentos de instabilidade econômica, nos anos de 2011 e de 2013 houve queda de produção de 17,7% e 5%, respectivamente, além de registrar recuo do faturamento por três anos consecutivos, conforme dados da FIESC (2014). Esse setor vem enfrentando grande concorrência do exterior, sobretudo em virtude do crescimento produtivo exponencial de países asiáticos, em especial da China que desestabilizou o cenário têxtil e acirrou a competição global.

É imprescindível para a sobrevivência das empresas desenvolver estratégias competitivas e diferenciadas baseadas na inovação tecnológica para garantir a sua estabilidade no mercado. Embora a pesquisa seja abundante, as produções científicas relacionadas à gestão de resíduos no setor têxtil ainda são incipientes, e há muito a ser desenvolvido para garantir uma produção mais limpa e maior rentabilidade.

Cerca de 7 milhões de toneladas de corantes têxteis são produzidos anualmente. Desse montante, de 5% a 10% não fixam na fibra e são descartados como efluente (NCIBI; MAHJOUB; SEFFEN, 2007). Entre os processos de tratamento de efluente, a adsorção tem sido bastante utilizada, principalmente para remover baixa concentração de corante (EREN; ACAR, 2006; GULNAZ; KAYA; DINCER, 2006; KIM *et al.*, 2015).

Segundo Freire e Lopes (2013), um tecido utilizado no processo de confecção tem 30% transformado em retalhos. O reaproveitamento desse material pode constituir uma potencial fonte de renda e sustentabilidade, sobretudo se reutilizado na própria cadeia produtiva. Os retalhos de confecção constituem materiais essencialmente carbonosos e podem ser aplicados como matéria-prima para a produção de adsorventes, que por sua vez podem ser integrantes do tratamento das águas residuárias. Dessa forma, o passivo produzido pela geração de resíduos sólidos é, ao mesmo tempo, uma solução para a problemática dos efluentes. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi investigar a produção e aplicação de adsorvente carbonoso a partir de retalhos de confecção.

Materiais

O material precursor do adsorvente é retalhos de tecido, predominantemente fibras de algodão, oriundos da indústria do setor do vestuário. O corante empregado nos ensaios de adsorção foi o Preto Remazol Intenso N gran 150% da marca DyStar. As características gerais do corante são apresentadas na Tabela 1. Nesta pesquisa, operou-se com dados de uma empresa localizada na cidade de Blumenau, estado de Santa Catarina.

Tabela 1 – Características do Corante Utilizado no Trabalho

Características	
Corante	Preto Remazol Intenso N gran 150%
Color Index	<i>Reactive Black 5 (RB5)</i>
Classe	Reativo
Fórmula Química	C ₂₆ H ₂₁ N ₅ Na ₄ O ₁₉ S ₆
Massa molecular (g.mol ⁻¹)	991,82
Grupo cromóforo	Azo
Grupo reativo	Vinilsunfona

Fonte: DyStar (2002)

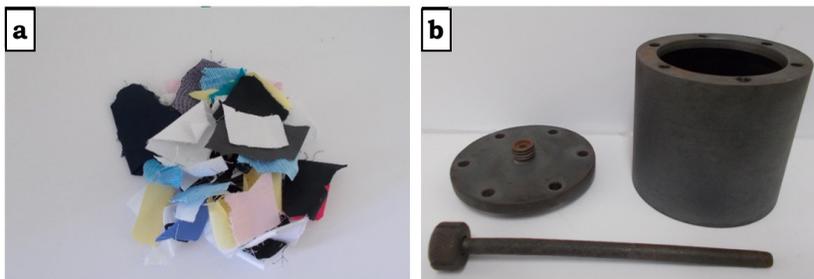
Metodologia

A testagem foi dividida em três etapas: preparação de adsorvente, caracterização e ensaios de adsorção.

Preparação do Adsorvente

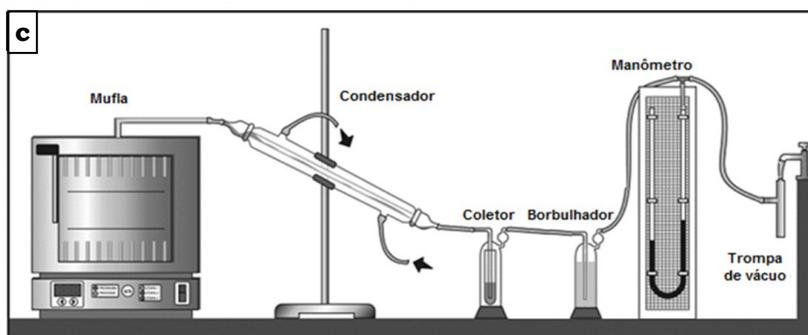
A preparação do adsorvente foi realizada a partir da pirólise dos retalhos. Para realização do processo de pirólise, 30 g de amostra foram adicionados ao reator de inox inserido no interior de um forno mufla. Os retalhos foram cortados em pedaços de aproximadamente 8 cm², para melhor acomodação no reator. Nas Figuras 1 e 2 podem ser observadas as amostras de retalho, o reator de inox e o desenho esquemático do procedimento de pirólise. Ao sistema é conectado a um condensador, a um coletor de condensado e a um borbulhador com solução de hidróxido de sódio 1 M para lavagem dos gases. O processo é mantido sob vácuo de 3cmHg por uma trompa de vácuo. O sistema foi aquecido a uma taxa de 10 °C/min, variando a temperatura de 500 °C e 700 °C, e tempo de pirólise de 70 min e 120 min. Esses procedimentos foram realizados no Laboratório de Transferência de Massa (Labmassa) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Figura 1 – (a) Retalhos de Tecido, (b) Reator de Inox



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Figura 2 – (c) Esquema do Procedimento de Pirólise



Fonte: Adaptada de Sonai *et al.* (2016)

Depois da pirólise foi necessário efetuar a lavagem do material para desobstrução dos poros. A lavagem foi executada despejando aproximadamente 200 mL de água destilada sobre o pirolizado, em papel filtro qualitativo, e com auxílio de uma bomba de vácuo. O material lavado foi seco em estufa a 110 °C por 24 h.

Caracterização das Amostras

As amostras foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e foram realizadas com o uso do microscópio eletrônico de varredura, marca JEOL, modelo JSM-6390LV, no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da UFSC. As amostras foram previamente fixadas em suporte de aço inoxi-

dável com o auxílio de fita de carbono dupla face. Realizou-se o recobrimento com ouro, visto que as amostras analisadas não são condutoras.

Ensaio de Adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados no Laboratório de Meio Ambiente (Labmam) da UFSC, no *campus* Blumenau. O adsorvente produzido foi aplicado em processos de adsorção com efluente têxtil sintetizado em laboratório. Foi preparado uma solução estoque de corante hidrolisado (1000 mg.L⁻¹) com base na metodologia apresentada por Lourenço, Novais e Pinheiro (2001). A partir da solução estoque foram originadas as outras soluções dos ensaios de adsorção.

Foram realizados ensaios em batelada utilizando os diferentes adsorventes produzidos, em solução de 50 mL de corante 40 mg.L⁻¹, e concentração de adsorvente igual a 3 g.L⁻¹. Os ensaios tiveram duração total de 24 horas. Considerando o caráter aniônico do corante RB5, a adsorção tende a ser mais eficiente em meio ácido (BALLAV *et al.*, 2015). Desse modo, o pH da solução foi ajustado para 3 utilizando solução de HNO₃ 1 M.

As concentrações de corantes foram medidas utilizando o espectrofotômetro marca Micronal, modelo AJX-1900, utilizando o comprimento de onda de máxima absorção igual a 598 nm (KOKABIAN; BONAKDARPOUR; FAZEL, 2013). As medições foram realizadas na fase líquida, enquanto que a concentração na fase sólida foi conhecida a partir do balanço de massa indicado na Equação 1. Os dados também foram avaliados em função da concentração de corante em fase líquida, conforme a Equação 2.

$$q = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{m} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{Remoção} = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100 \% \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que q é a quantidade adsorvida de soluto por unidade de massa de adsorvente (mg.g-1); C e C_0 são, respectivamente, a concentração final e inicial de corante (mg.L-1); m é a massa de adsorvente (g) e V é o volume de solução (L).

Resultados e Discussão

Esta seção aborda os resultados referentes aos ensaios de pirólise, à caracterização realizada por MEV e aos resultados de adsorção com corante.

Pirólise

Na Tabela 2 é apresentada a massa sólida presente no reator depois da pirólise. A comparação entre as amostras A-500-120 e A-500-70 indicam que a formação dos gases ocorre em grande parte até 70 min, pouca diferença de massa residual se observa em 120 min. Comparações similares ocorrem entre as amostras A-500-120 e A-700-120, os valores de massa próximos mesmo em diferentes temperaturas indicam que a liberação dos gases ocorre, sobretudo até 500 °C.

Tabela 2 – Experimentos de Ativação e Pirólise

Amostra	Temperatura de pirólise (°C)	Tempo de pirólise (min)	Massa restante depois da pirólise (%)
A-500-120	500	120	20,9
A-700-120	700	120	19,3
A-500-70	500	70	22,6

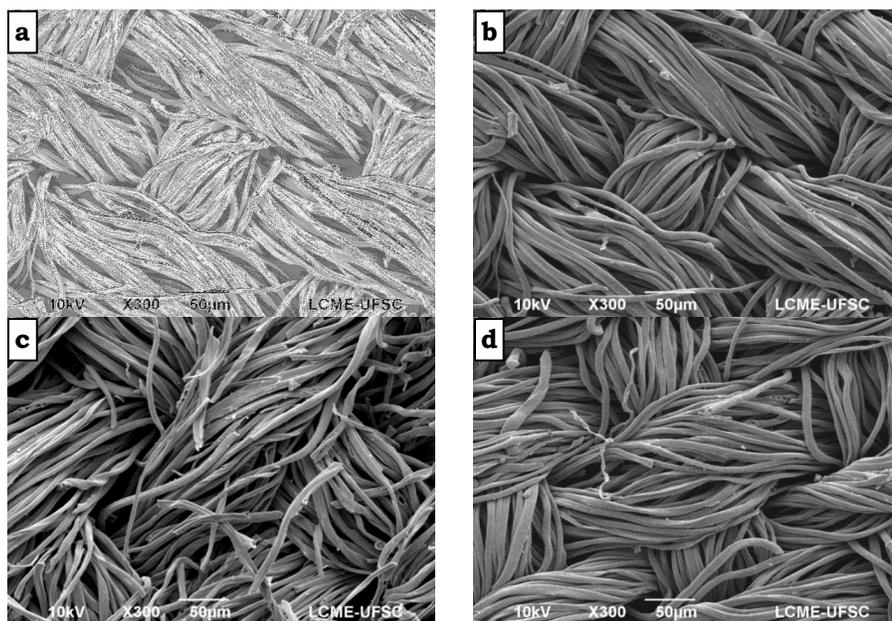
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

A massa sólida se manteve próxima de 20% da massa inicial depois do ensaio de pirólise, independentemente do tempo e da temperatura de pirólise. Esses resultados estão próximos aos valores de Huidobro, Pastor e Rodríguez-Reinoso (2001). Os autores realizaram a Análise Termogravimétrica (TGA) da fibra de rayon *in natura* e encontraram massa sólida residual próxima de 19% para as temperaturas de 700 °C e 500 °C.

Caracterização Morfológica

Visando verificar a presença de poros nas amostras, procedeu-se com a caracterização da superfície a partir das análises de MEV para o material precursor e amostras submetidas à ativação e à pirólise. As imagens da Figura 3 representam as micrografias das amostras precursora e obtidas por pirólise.

Figura 3 – MEV da Amostra: (a) precursora, (b) A-500-70, (c) A-500-120 e (d) A-700-120



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Comparando as imagens (a), (b), (c) e (d), é possível verificar que a pirólise reduziu o diâmetro das fibras causado em virtude da volatilização dos compostos. Além disso, a pirólise rompeu parcialmente as fibras, porém foi mantido o ligamento tela do tecido.

Nenhumas das imagens de MEV revelaram poros na superfície, independente da variação de tempo ou temperatura de pirólise. A ausência pode estar relacionada ao tamanho dos poros presentes. A análise por MEV permite a visualização na ordem de grandeza micrométrica. De acordo com a IUPAC, os poros são classificados em três faixas de valores: microporos, possuem largura menor que 2 nm; macroporos, apresentam largura maior que 50 nm, enquanto os valores intermediários são atribuídos aos mesoporos (SING *et al.*, 1985). Essa classificação é muito menor que o limite inferior de detecção do equipamento.

Ensaio de adsorção

A Tabela 3 apresenta a capacidade de adsorção para os adsorventes preparados. Esse ensaio foi realizado em pH=3, utilizando 40 mg.L⁻¹ de corante RB5 e 3 g.L⁻¹ de cada adsorvente. O melhor resultado foi para amostra A-500-120 com quantidade adsorvida igual a 1,06 mg.g⁻¹, o que equivale a 9,0% de corante removido; para o adsorvente A-500-70 a capacidade de remoção foi menor (0,53 mg.g⁻¹). Essa diferença indica que o maior tempo de pirólise contribuiu positivamente para a adsorção. O tempo prolongado de pirólise contribuiu para a fusão entre poros aumentando a presença dos mesoporos (JIA *et al.*, 2015). Conforme Benaddi *et al.* (2000), poros maiores favorecem a adsorção de moléculas de volume elevado, como os corantes.

Tabela 3 – Capacidade de Adsorção no Equilíbrio e Percentual de Equilíbrio para cada Adsorvente Produzido

Adsorvente	Quantidade adsorvida (mg.g-1)	Corante removido (%)
A-500-120	1,06	9,0
A-500-70	0,53	4,6
A-700-120	0	0

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

A Tabela 3 indica que amostra A-700-120 não apresentou adsorção. A elevação na temperatura de pirólise produziu efeito adverso ao adsorvente; a alta temperatura conjuntamente com um tempo de pirólise prolongado pode ocasionar a perda dos sítios ativos. Perdas de capacidade adsorptiva ocasionada por aumento de temperatura e tempo de pirólise também foram relatadas nos trabalhos de Naik *et al.* (2011) e Zheng, Zhao e Ye (2014).

Conclusão

O retalho têxtil mostrou-se eficiente como material adsorvente de baixo custo, quando empregado no processo de adsorção. A contribuição deste trabalho consiste na redução dos impactos ambientais e dos prejuízos à saúde humana, motivados pela transformação de um resíduo em matéria-prima de um produto aplicável no tratamento de efluentes industriais.

A etapa de pirólise destrói parcialmente a estrutura da fibra, porém as amostras mantiveram o ligamento do tecido. Isso indica que o processo estudado é útil para a preparação de adsorventes com estrutura de fibras entrelaçadas.

Os adsorventes preparados apresentaram capacidade de adsorção limitada, sendo necessários estudos adicionais para melhorar a eficiência de adsorção. Uma alternativa para aumentar a ca-

pacidade de adsorção consiste na adição de uma etapa de ativação do adsorvente. Esse tema será abordado em futuras publicações.

Agradecimentos

À Dudalina, pelo fornecimento dos retalhos. Aos laboratórios Labmassa, Labmam e LCME, que disponibilizaram a estrutura para o desenvolvimento do trabalho. Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, da UFSC e à Fundação Estadual de Meio Ambiente (FATMA), pelo apoio institucional.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (ABIT).

Portal virtual. 2013. Disponível em: <http://www.abit.org.br/conteudo/links/publicacoes/cartilha_rtcc.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2016.

BALLAV, N. *et al.* Efficient removal of Reactive Black from aqueous solution using polyaniline coated ligno-cellulose composite as a potential adsorbent. **Journal of Molecular Liquids**, [S. l.], v. 209, p. 387–396, set. 2015.

BENADDI, H. *et al.* Surface functionality and porosity of activated carbons obtained from chemical activation of wood. **Carbon**, [S. l.], v. 38, n. 5, p. 669–674, jan. 2000.

COSTA, A.; ROCHA, E. Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 159–202, mar. 2009.

DYSTAR. **Ficha de dados de segurança** – Preto Intenso Remazol N gran 150 %. São Paulo: [s.n.], 2002.

EREN, Z.; ACAR, F. N. Adsorption of Reactive Black 5 from an aqueous solution: equilibrium and kinetic studies. **Desalination**, [S. l.], v. 194, n. 1/3, p. 1–10, jun. 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FIESC).

Santa Catarina em dados. 2013. Disponível em: <http://fiesc.com.br/sites/default/files/medias/sc_em_dados_2013_.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2015.

_____. **Desempenho e perspectivas da indústria catarinense**. v. 14, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<http://www2.fiescnet.com.br/web/recursos/VUVSR05EWXdNdZ09>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

FREIRE, E.; LOPES, G. B. Implicações da política nacional de resíduos sólidos para as práticas de gestão de resíduos no setor de confecções. **Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 22, 2013.

GULNAZ, O.; KAYA, A.; DINCER, S. The reuse of dried activated sludge for adsorption of reactive dye. **Journal of hazardous materials**, [S. l.], v. 134, n. 1/3, p. 190–196, 30 jun. 2006.

HUIDOBRO, A.; PASTOR, A. C.; RODRÍGUEZ-REINOSO, F. Preparation of activated carbon cloth from viscous rayon – Part IV. Chemical activation. **Carbon**, [S. l.], v. 39, n. 3, p. 389–398, 2001.

JIA, L. *et al.* Preparation and characterization of high-surface-area activated carbon fibers from silkworm cocoon waste for congo red adsorption. **Biomass and Bioenergy**, [S. l.], v. 75, p. 189–200, abr. 2015.

KIM, M. H. *et al.* Removal of hydrolyzed Reactive Black 5 from aqueous solution using a polyethylenimine–polyvinyl chloride composite fiber. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 280, p. 18–25, nov. 2015.

KOKABIAN, B.; BONAKDARPOUR, B.; FAZEL, S. The effect of salt on the performance and characteristics of a combined anaerobic-aerobic biological process for the treatment of synthetic wastewaters containing Reactive Black 5. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 221, p. 363–372, abr. 2013.

LOURENÇO, N.; NOVAIS, J.; PINHEIRO, H. Effect of some operational parameters on textile dye biodegradation in a sequential batch reactor. **Journal of Biotechnology**, [S. l.], v. 89, n. 2/3, p. 163–174, ago, 2001.

NAIK, J. R. *et al.* Preparation, surface functionalization, and characterization of carbon micro fibers for adsorption applications. **Environmental Engineering Science**, [S. l.], v. 28, n. 10, p. 725–733, 2011.

SING, K. S. W. *et al.* Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. **Pure & Appl. Chem.**, [S. l.], v. 57, n. 4, p. 603–619, 1985.

SONAI, G. G. *et al.* The application of textile sludge adsorbents for the removal of Reactive Red 2 dye. **Journal of environmental management**, [S. l.], v. 168, p. 149–156, 1º mar. 2016.

ZHENG, J.; ZHAO, Q.; YE, Z. Preparation and characterization of activated carbon fiber (ACF) from cotton woven waste. **Applied Surface Science**, [S. l.], v. 299, p. 86–91, 2014.

Amarrotamento de Substratos Têxteis

Sálvio Lima de Carvalho Neto

Mestrando em Engenharia Química na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
E-mail: salviolcneto@gmail.com

José Alexandre Borges Valle

Pós-doutor em Engenharia Química, pela Universidade do Porto. Docente da UFSC, Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* alexandre.valle@ufsc.br

Daniel Alejandro Ponce Saldías

Doutor em Engenharia Mecânica, pela UFSC. Docente do curso de Engenharia de Controle e Automação na UFSC. *E-mail:* daniel.alejandro@ufsc.br

Rita de Cassia Siqueira Curto Valle

Doutora em Química, pela UFSC. Docente da UFSC, Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* rita.valle@ufsc.br

Catia Rosana Lange de Aguiar

Doutora em Química, pela UFSC. Docente no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* catia.lange@ufsc.br

Grazyella Cristina Oliveira de Aguiar

Doutora em Comunicação e Semiótica, pela Pontifícia Universidade Católica-SP. Docente da UFSC, no Departamento de Engenharias, curso de Engenharia Têxtil. *E-mail:* grazyella.aguiar@ufsc.br

Resumo

Busca-se melhorar a lavagem em máquinas domésticas a fim de reduzir o amarrotamento em substratos têxteis. O estudo de fatores inerentes às lavagens e suas relações com as propriedades físicas das fibras de algodão é fundamental para o conhecimento da causa do amarrotamento. Uma dificuldade para este estudo é a forma de medição do amarrotamento, meramente visual e subjetiva, na qual se compara a amostra a ser medida a padrões com níveis pré-estabelecidos. Para aumentar a confiabilidade da quantificação de rugas foi desenvolvida metodologia a partir de processamento de imagens. Primeiramente, construiu-se equipamento para captura da imagem das amostras, com uniformidade de luz. As imagens capturadas foram processadas em *software* no Matlab, com

a detecção de bordas de Canny, que identificou as rugas dos substratos. A quantificação se deu por distância euclidiana entre a imagem processada e a imagem controle (isenta de rugas) e, então, convertida para a escala da Associação Americana de Químicos e Coloristas Têxteis (AATCC) de nível de lisura, que varia de 1 a 5. A relação do amarrotamento com a lavagem doméstica levou em consideração três fatores em dois níveis cada: temperatura da água, velocidade de centrifugação, e quantidade de amaciante em um planejamento fatorial 2³, totalizando oito testes, com a medição do nível de lisura dos substratos por processamento de imagem. Nesses experimentos nenhum fator foi influente com nível de significância 0,05, sendo considerados, na ordem de influência, do maior para o menor: velocidade de centrifugação, temperatura da água e quantidade de amaciante. Esse resultado é explicado pelo maior atrito causado pelo aumento da força centrípeta no cesto da máquina, decorrente do aumento da velocidade de centrifugação, além da diminuição do módulo elástico do algodão, que dá mais mobilidade às ligações de hidrogênio com o aumento da temperatura e também da diminuição do atrito entre os substratos causado pelo amaciante.

Palavras-chave: Amarrotamento. Canny. Lavagem. Nível de lisura.

Introdução

Considerando a escassez de tempo e a disponibilidade para a passadoria, percebe-se a necessidade de melhoria nos processos de lavagem de artigos de vestuário, em máquinas de lavar, para reduzir a formação de rugas, conhecidas como amarrotamento. Estudar os fatores que compõem o processo de lavagem em máquina é essencial para se determinar quais são significativos para a formação das rugas nos substratos têxteis. A relação desses fatores com alterações das propriedades físicas das fibras é importante como base na causa do amarrotamento. Analisando experimentalmente esses fatores, é possível atingir uma ação direta aos fatores que indiquem maior formação de rugas.

As rugas são vincos tridimensionais indesejáveis ou deformações curtas e irregulares sobre a superfície do tecido. Diferentes fatores contribuem para a formação dessas rugas. A aparência do tecido pode ser considerada como sendo um dos aspectos mais importantes de qualidade do tecido. A ausência de amarrotamento está diretamente ligada à boa aparência de uma peça de vestuário (ABRIL; MILLN; VALENCIA, 2008).

Em fibras de algodão, o aumento da temperatura provoca no material uma queda no módulo elástico, ou seja, diminui sua rigidez, devido ao aumento da mobilidade das pontes de hidrogênio, que pode ser maior ainda com o algodão molhado. Quando o algodão seca, as fibras tendem a se consolidar na posição que se encontram, ficando mais rígidas, que é uma das causas de vincos e rugas nos substratos depois de lavagens. O coeficiente de atrito do algodão no aço aumentou de 0,24 com 0% de *regain* (capacidade de absorção de umidade da fibra) para 0,36 com 11% de *regain*. Isso pode ser explicado pelo aumento do amolecimento da fibra, que leva a um maior contato (GORDON; HSIEH, 2007).

A fibra seca de algodão é bastante rígida, pois as moléculas de celulose são mantidas firmemente juntas por meio de ligações químicas, de hidrogênio, dipolo-dipolo e forças de Van der Waals. No entanto, a água é capaz de penetrar na cadeia celulósica por meio dos espaços vazios das regiões amorfas, ligando-se quimicamente às moléculas de celulose. Essas ligações acarretam a diminuição da força que mantém as moléculas de celulose ligadas entre si e da rigidez dessa estrutura. A água atua, dessa forma, como um agente plastificante para o algodão, permitindo com que as moléculas se movam livremente umas em relação às outras. A massa de celulose é suavizada e pode mudar sua forma mais facilmente sob efeitos de forças aplicadas (COOK, 2001).

O produto amaciante é aquele que modifica a sensação ao tato de determinada fibra visando maior conforto, melhor caimento de vestimenta, e facilidade de passadoria, atuando na modificação das propriedades superficiais de substratos têxteis (GULRAJANI, 2013). As propriedades finais obtidas são influenciadas significativamente pela forma como as moléculas do amaciante se orientam no tecido. O comportamento da orientação é determinado pelas interações iônicas entre o amaciante e o substrato. A maioria das

fibras como algodão e acrílico adquirem uma carga negativa quando molhadas. O amaciante liga quimicamente nas hidroxilas da celulose pela sua parte apolar; no lado externa das fibras estará a parte polar do amaciante, de característica lubrificante (SCHINDLER; HAUSER, 2004). Produtos amaciantes foram incluídos durante a lavagem em uma máquina doméstica com a finalidade de melhorar a sensação ao toque e a maciez dos substratos têxteis. Outros benefícios de um amaciante incluem melhorias no deslizamento de ferro durante a atividade de passar o tecido, aumento da resistência a manchas e redução de rugas (AGAWAL; KOEHL; PERWUELZ, 2010).

O amarrotamento em substratos tecidos por fibras de algodão geralmente ocorre durante mudanças na quantidade de água retirada pelas fibras. Em condições nas quais há umidade alta no substrato, o amarrotamento é severamente maior do que em situações de equilíbrio entre a água na fibra e no ambiente (KANG; MOON, 2000).

A Associação Americana de Químicos e Coloristas Têxteis¹ (AATCC, 2010) estabeleceu um protocolo para determinar o grau de suavidade de tecidos, que permite que observadores comparem visualmente as amostras de tecido com os padrões da AATCC e, em seguida, atribuam uma nota de acordo com sua similaridade. Esse método de determinação de nível de lisura em substratos têxteis é meramente visual e subjetivo, comparando-se a amostra a padrões existentes, numerados de 1 a 5.

Para contornar essa falta de confiabilidade na quantificação do amarrotamento, vários estudos foram realizados buscando, no processamento de imagens, medir as rugas presentes nos substratos têxteis (MIRJALILI; EKHTIYARI, 2010; LIU; FU; WU, 2014). De acordo com Mishra e Behera (2008), uma forma de se realizar essa quantificação é por meio de processamento de imagem

¹ American Association of Textile Chemists and Colorists.

capturada das amostras no *software* Matlab, com as bordas internas, representando as rugas, sendo detectadas pelo processo desenvolvido por Canny (1986).

Materiais e Métodos

O desenvolvimento do equipamento de medição do amarrotamento e os passos realizados no *software* de processamento de imagem são de fundamental importância para os ensaios experimentais em lavagens em máquina doméstica, pois, dessa forma, tem-se valores que fogem da subjetividade da avaliação visual do amarrotamento em substratos têxteis.

Medição do Amarrotamento

Para a medição do amarrotamento em substratos têxteis, construiu-se uma câmara escura para fotografia, de modo a garantir uniformidade de iluminação da amostra que teria a imagem capturada pelo equipamento.

O equipamento é sustentado por uma estrutura em formato de paralelepípedo, formado por tubulações de PVC. As dimensões são: 46 cm de altura, 64 cm de profundidade e 64 cm de largura. O feltro de tecido não-tecido cobriu todas as seis faces do paralelepípedo, com o objetivo de barrar a iluminação externa. Na face superior, foi inserida uma abertura por onde se manipulavam a amostra e a câmera fotográfica. Para a abertura e fechamento desse acesso foi utilizado velcro.

A captura das imagens foi realizada com câmera Canon, modelo PowerShot SX530 HS. Os seguintes parâmetros de fotografia foram adotados: abertura do diafragma: $f/4$; velocidade do obturador: 1/40s; sensibilidade à luz: ISO-100; e resolução de 16 *megapi-*

xels nominais, numa dimensão exata de 3456 x 4608, totalizando 15.925.248 *pixels*.

Com a imagem capturada, o processamento se deu no Matlab, com a detecção das bordas de Canny, que converteu a fotografia em uma nova imagem, a qual, pelo processamento no *software*, apresenta apenas as bordas internas correspondentes às rugas do tecido. A figura transformada é composta por *pixels* pretos onde não há bordas e *pixels* brancos onde há a detecção de bordas (rugas). Essa detecção se dá pela primeira derivada do operador gaussiano, que além de filtrar os ruídos da imagem, detecta os gradientes de cor, onde estão situadas as bordas internas.

A distância euclidiana entre a proporção de *pixels* brancos em relação aos totais da imagem teste e da imagem controle (totalmente ausente de rugas) é o valor correspondente à quantificação do amarrotamento.

Essa distância é um escalar adimensional, devendo ser convertida para a escala baseada na AATCC, que varia de 1 (muito amarrotado) para 5 (sem rugas). Realizaram-se diversos testes de amarrotamento forçado no substrato 100% algodão até alcançar a distância euclidiana máxima, que corresponde a 1. A distância euclidiana mínima (zero) é equivalente a 5 na escala baseada na AATCC. Dessa forma, fez-se uma regressão linear com esses dois pontos para converter as distâncias em níveis de lisura.

Lavagem em Máquina Doméstica

O substrato têxtil escolhido para as análises é composto 100% de fibras de algodão e tecido plano, estrutura tela/tafetá, de dimensões aproximadas a uma *T-shirt*, 60x60 cm.

Foi realizado o planejamento experimental fatorial 2³, com três fatores em dois níveis cada. Temperatura da água, velocidade de centrifugação, e quantidade de amaciante foram os fatores ana-

lisados. Dessa maneira, oito testes foram efetuados com o objetivo de quantificar a influência de cada fator na causa do amarrotamento.

Os testes de lavagem foram realizados em máquina Electrolux LSW12, de característica *top load* e eixo vertical, na qual o carregamento é realizado pela tampa superior. Os parâmetros definidos para todos os ensaios e regulados no painel da máquina foram: modo rápido; nível médio de água; sem molho; e enxágue simples.

A carga que completava a máquina foi composta por 4 kg de substrato de uso casual, como: calça jeans, camisetas de algodão, camisas de poliéster, lençol, bermudas de poliéster, toalha de banho de algodão.

Quatro amostras foram alocadas no meio da carga, equidistantes das partes inferior e superior da máquina de lavar.

Os níveis para cada um dos três fatores analisados estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Níveis de cada Fator Analisado nos Experimentos

Fator	Nível	
	Baixo (-)	Alto (+)
Temperatura da Água (°C)	-1	1
Velocidade de centrifugação (rpm)	-1	1
Amaciante (g)	-1	1

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Em todos os ensaios foram acrescentados 100 g de detergente em pó Omo Multiação, conforme recomendação do fabricante para a quantidade de carga adotada. O produto amaciante utilizado foi o Comfort Concentrado, cuja composição contém: Cloreto de dialquil dimetil amônio, coadjuvantes, fragrâncias, 1,2 benzotiazolin-3-ona, silicone aminico, corante, atenuador de espuma e água. Ambos os produtos tiveram as massas medidas em balança de precisão Shimadzu AY220.

A temperatura da água foi aquecida por resistência elétrica em um reservatório adjacente à máquina. Um sensor de nível delimitava a quantidade de água que adentrava no cesto da máquina. Para o nível “médio” da lavadora foram utilizados 138 litros. O tempo total do processo durou 54 minutos e 20 segundos.

Para controlar a velocidade de centrifugação, ajustou-se no próprio painel de controle da máquina, selecionando o perfil “suave”, e “turbo” para velocidade. A quantidade de amaciante foi definida em presente, de acordo com a recomendação do fabricante, e ausente.

Depois de cada uma das oito lavagens, os substratos tiveram seu nível de lisura definidos pelo *software* por meio das imagens capturadas das amostras.

A determinação da influência de cada fator foi realizada em uma análise de variância no *STATISTICA 13*, com nível de significância 0,05.

Resultados e Discussões

Fez-se a comparação da imagem capturada com seu respectivo resultado do processamento de imagem, tendo nas bordas de Canny a etapa que identificou as rugas no substrato. A quantificação desse processamento se deu pela distância euclidiana dessa imagem em relação à imagem controle (sem rugas). Esse procedimento de quantificação serviu de base para os ensaios experimentais nas lavagens em máquina doméstica, visando analisar a influência de fatores inerentes à lavagem na causa do amarrotamento.

Medição do Amarrotamento

A distância euclidiana máxima entre a imagem controle, totalmente preta, e uma imagem hipotética composta 100% de bordas,

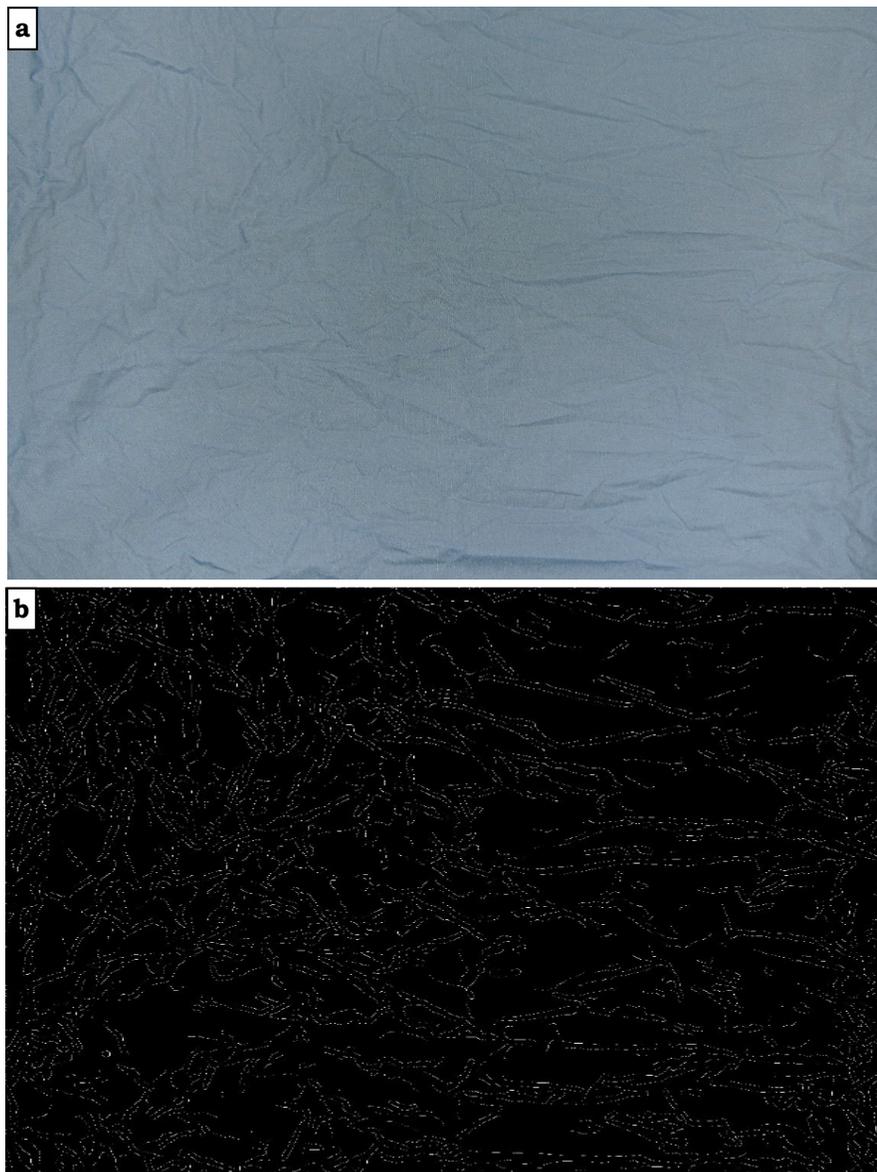
ou seja, branca em sua totalidade, é $\sqrt{2}$, ou 1,41, que é a distância entre as matrizes [1,0] e [0,1], cujos dois valores representam, respectivamente, a proporção de preto e de branco em relação ao total de *pixels*. A distância euclidiana máxima atingida com vários testes de amarrotamento forçado do substrato têxtil foi de 0,032, que correspondeu a 1 na escala da AATCC, conforme a conversão por meio de uma equação de calibração.

Já um substrato ausente de rugas apresenta nível de lisura igual a 5, referente à total ausência de bordas internas na etapa de detecção de Canny. Dessa maneira, qualquer substrato apresenta um nível de lisura no intervalo entre 1 e 5.

Em uma avaliação visual preliminar é possível notar que o tecido 100% algodão apresentado na Figura 1a possui uma superfície bastante enrugada, mas ainda sem saber em que nível de lisura se encontra. A Figura 1b mostra como se apresenta a imagem desde a captura até ser realizada a detecção das bordas de Canny, com as rugas marcadas pela cor branca, e o fundo, que não contém gradientes de cor a ponto de conter bordas, pelo preto. Nota-se a acuidade com que as rugas foram identificadas, pois esse processo localizou gradientes de cor nos *pixels* e delimitou-os como bordas internas. A imagem controle, que serve de comparação na distância euclidiana, apresenta uma imagem processada pela detecção de bordas de Canny totalmente preta, já que teoricamente é proveniente de um substrato sem rugas, com nível de lisura igual a 5.

Para essa amostra específica, a distância euclidiana foi calculada no *software* em 0,0244, e o valor do nível de lisura correspondente da escala da AATCC foi de 1,95, que representa um substrato muito amarrotado.

Figura 1 – (a) Imagem Capturada; (b) Bordas Detectadas pelo Método de Cann



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Relação do Amarrotamento com a Lavagem Doméstica

A fibra, com água em seu interior, mais precisamente em suas regiões amorfas das cadeias de celulose, tende a ter flexibilidade maior. Durante a lavagem e o enxágue, os substratos foram forçados a se atritarem continuamente. O contato de um substrato em outro, aliado a essa modificação na estrutura da fibra devido à presença de água, foi responsável pela deformação da lisura inicial, moldando as fibras das amostras a cada contato físico.

Os níveis de lisura variaram entre 1,68 e 2,50 (Tabela 2) mostrando que dificilmente o substrato sai em um alto grau de lisura. O menor valor atingido, referente a maior quantidade de rugas, foi alcançado quando aplicados os maiores níveis de temperatura e velocidade de centrifugação, e ausência de amaciante. Comprovando que a água age como agente plastificante no algodão e que a maior velocidade de centrifugação, além de resultar em maior força centrípeta no cesto da máquina, que leva a um maior atrito dos substratos, também faz com que a água evapore mais rapidamente, e as fibras se consolidam na posição na qual se encontram mais molhadas.

Tabela 2 – Níveis de Lisura Depois da Lavagem

Nº do teste	Temperatura (°C)	Amaciante (g)	Velocidade de centrifugação (rpm)	Nível de lisura
1	-1	1	-1	2,50
2	1	-1	-1	2,46
3	1	1	1	2,19
4	-1	-1	1	2,30
5	-1	1	1	2,18
6	1	-1	1	1,68
7	-1	-1	-1	2,40
8	1	1	-1	2,20

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

O resultado da análise de variância, exibido na Tabela 3, determinou que nenhum dos fatores influenciou com nível de significância 0,05. A velocidade de centrifugação foi o fator mais influente, como mostra o Gráfico 1. O aumento de sua velocidade acarretou em um menor nível de lisura, ou seja, maior amarrotamento. A temperatura também teve um efeito negativo, com sua elevação causando maior formação de rugas, já que diminuía o módulo elástico do algodão, dando maior mobilidade às ligações de hidrogênio. O amaciante foi o fator menos impactante, sua presença contribuiu no aumento do nível de lisura, uma vez que a ligação da sua parte polar (catiônica) nas fibras deixou a apolar, de característica lubrificante, em contato com outras fibras, diminuindo o atrito.

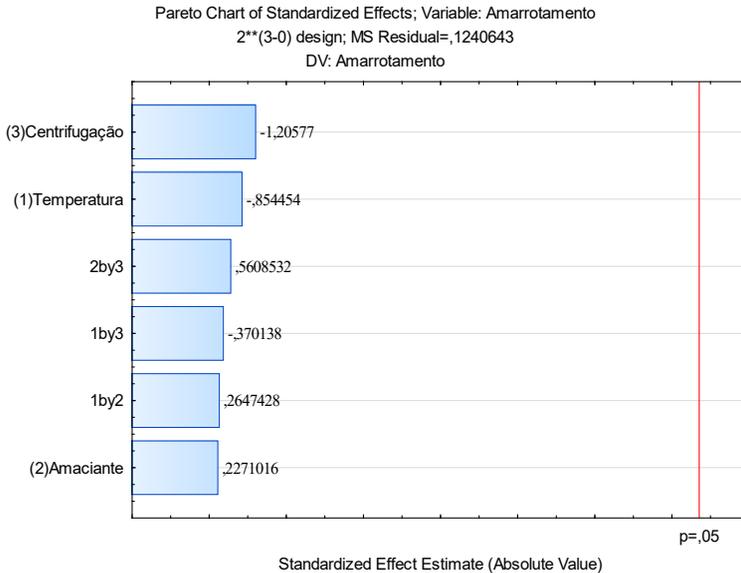
Tabela 3 – Resultado da Anova para Três Fatores na Lavagem

Fator	SQ	GL	MQ	F	P
Temperatura da água (1)	0,0905	1	0,0905	0,7300	0,5498
Amaciante (2)	0,0063	1	0,0063	0,0515	0,8578
Velocidade de centrifugação (3)	0,1803	1	0,1803	1,4538	0,4407
(1) e (2)	0,0086	1	0,0086	0,0700	0,8352
(1) e (3)	0,0169	1	0,0169	0,1370	0,7743
(2) e (3)	0,0390	1	0,0390	0,3145	0,6746
Erro	0,1240	1	0,1240	---	---
SQT	0,4661	7	---	---	---

Nota: SQ=Soma dos quadrados, GL=Graus de liberdade, MQ=média quadrática, SQT=Soma dos quadrados totais.

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Gráfico 1 – Pareto dos Efeitos Padronizados



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Conclusão

A mensuração do amarrotamento por meio da captura da imagem das amostras, seguida do seu processamento de imagem culminando na detecção de bordas de Canny, mostrou-se determinante na confiabilidade dos resultados de nível de lisura dos substratos têxteis durante os procedimentos experimentais.

Nas lavagens em máquina doméstica, nenhum dos três fatores analisados foi influente na causa do amarrotamento com nível de significância de 0,05. Todavia, foi possível observar que a velocidade de centrifugação mais elevada teve maior influência na formação de rugas do que o aumento da temperatura de água, que por sua vez foi mais impactante que a quantidade de amaciante.

Sugere-se avaliar demais fatores, como perfil de ciclo de lavagem, quantidade de carga, nível de água, e até mesmo a influência da secagem em máquinas domésticas na causa do amarrotamento de substratos têxteis.

Agradecimentos

À Electrolux do Brasil, pela disponibilização do espaço físico e do equipamento de lavagem. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento.

Referências

ABRIL, H. C.; MILLN, M. S.; VALENCIA, E. Influence of the wrinkle perception with distance in the objective evaluation of fabric smoothness. **Journal of Optics A: pure and applied optics**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. 1–10, 2008.

AGARWAL, G.; KOEHL, L.; PERWUELZ, A. The influence of constructional properties of knitted fabrics on cationic softener pick up and deposition uniformity. **Textile Research Journal**, [S. l.], v. 80, n. 14, p. 1432–1441, 2010.

AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS (AATCC). **AATCC Technical Manual**. Durham: AATCC, 2010.

CANNY, J. A computational approach to edge detection. **IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence**, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 679–698, 1986.

COOK, J. G. **Handbook of textile fibres**. v. 2, Cambridge: Woodhead Publishing/The Textile Institute. 2001.

GORDON, S.; HSIEH, Y-L. **Cotton: science and technology**. Cambridge: Woodhead Publishing/The Textile Institute, 2007.

GULRAJANI, M. L. **Advances in the dyeing and finishing of technical textiles**. 1. ed. Oxford; Cambridge; Filadélfia; Nova Déli: Woodhead Publishing/The Textile Institute, 2013.

KANG, T.; MOON, S. J. Effects of epoxide and silicone polymers on the mechanical and performance properties of wool fabric. **Textile Research Journal**, [S. l.], v. 70, n. 12, p. 1063–1069, 2000.

LIU, C.; FU, Y.; WU, N. Novel testing equipment for fabric wrinkle resistance simulating actual wear. **Textile Research Journal**, [S. l.], v. 84, n. 10, p. 1059–1069, 2014.

MIRJALILI, S. A.; EKHTIYARI, E. Wrinkle assessment of fabric using image processing. **Fibres and Textiles in Eastern Europe**, Łódź, v. 18, n. 5, v. 82, p. 60–63, 2010.

MISHRA, R.; BEHERA, B. K. Measurement of fabric wrinkle using digital image processing. **Indian Journal of Fibre & Textile Research**, Nova Deli, v. 33, p. 30–36, mar. 2008.

SCHINDLER, W. D.; HAUSER, P. J. **Chemical finishing of textiles**. Boston; Nova Iorque; Washington: Woodhead Publishing/The Textile Institute, 2004.

Esta obra reúne pesquisas sobre temas de transporte e logística, ferramentas estratégicas, inovações em P&D e mapa estratégico da indústria têxtil.

Os estudos aqui apresentados fazem uma análise concisa, com diferentes focos, sobre o marco regulatório, gestão e inovação na indústria têxtil, os quais representam elementos que fomentam um debate contemporâneo. O objetivo principal desta publicação não é ser um fim em si, mas estimular uma contínua reflexão sob um prisma crítico das ações que instigam o desenvolvimento da indústria têxtil brasileira, em especial o de Santa Catarina.

Por fim, este livro é um legado, uma moldura, cujos artigos são elementos que compõem uma tela, de substância e fomento de debates, para desenvolver umas das principais áreas estratégicas da economia nacional: a indústria têxtil.



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



ISBN 978-85-7840-231-0



9 788578 402310