

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ESTUDO COMPARATIVO DO IMPACTO AMBIENTAL DO JEANS
CO/PET CONVENCIONAL E DE JEANS RECICLADO

Luciana dos Santos Duarte

BELO HORIZONTE

2013

LUCIANA DOS SANTOS DUARTE

ESTUDO COMPARATIVO DO IMPACTO AMBIENTAL DO JEANS
CO/PET CONVENCIONAL E DE JEANS RECICLADO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Produção e Logística

Orientador: Prof. Dr. Raoni Guerra Lucas Rajão

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Eustáquio de Faria

BELO HORIZONTE

2013



Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Dissertação intitulada “*Estudo comparativo do impacto ambiental do jeans CO/PET convencional e de jeans reciclado*”, de autoria da mestranda Luciana dos Santos Duarte, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Raoni Guerra Lucas Rajão – DEP/UFMG – Orientador

Prof. Dr. Paulo Eustáquio de Faria – DEP/UFMG – Coorientador

Profa. Dra. Camila Costa de Amorim – DESA/UFMG

Profa. Dra. Eliane Ayres – ED/UEMG

Belo Horizonte, 26 de março de 2013.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Raoni Guerra Lucas Rajão, por acolher este trabalho e pelas correções minuciosas. Ao meu coorientador, Prof. Paulo Eustáquio de Faria, pela disposição em orientar, apoio e confiança incondicional.

Ao Prof. Geraldo Magela de Lima, por me receber na iniciação científica, por propiciar um ambiente estimulante de aprendizagem e por sempre me incentivar. Ao Prof. Juan Carlos Campos Rubio, por encorajar no começo da jornada na pós-graduação e, sobretudo, por instigar a ser e fazer melhor. Ao Prof. Martín Gomez Ravetti pelos conselhos e por toda ajuda prestada. À profa. Maria Goreti Boaventura, por viabilizar minha experiência em docência na graduação em Design de Moda da UFMG, permitindo que eu criasse e lecionasse a disciplina optativa “Moda e Sustentabilidade”.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) e ao Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), junto a Escola de Belas Artes da UFMG.

À minha mãe, Ângela, e à minha irmã, Mônica, por todo tipo de apoio.

Aos colegas do curso de pós-graduação em Engenharia de Produção, Wanderson Leite, João Flávio Almeida, Maria Cristina Moreira e Elbert Nigrí; aos secretários Inês de Cássia Fidelis Couto e Patrick Roberto dos Santos. Aos colegas do laboratório 291, em especial Plínio Carvalho, Fabrício de Andrade, Rogério Oliveira, Márcio Guimarães, Bárbara de Moraes, Letícia Costa; à aluna Cristiane Andrade; e ao técnico de laboratório Wellerson Ribeiro.

Aos engenheiros têxteis João Batista, Caio Pinheiro dos Santos, Josymar Gomes da Silva e Daniela Palharini; ao representante comercial de jeans José Carlos Pereira; à costureira Eliana Chaves.

A todos os meus queridos amigos, especialmente à Silvia Xavier, Genaro Kummer, Daniel Bahia, Patricia Rezende, Marina Maciel e Renata Moreira; a minha terapeuta, Ana Luiza Cunha; ao Bruno Lourenço e seus pais Karla e André.

RESUMO

O jeans é um material central na cultura humana, vestindo um terço da população mundial. Por se tratar de um material que constitui produtos de moda, o jeans obedece à lógica da obsolescência programada – a qual tem sido questionada pelo atual paradigma da sustentabilidade. Visando a redução do impacto ambiental, jeans de fibras mistas de algodão e poliéster reciclados têm sido ofertados como alternativa ambientalmente sustentável em relação ao jeans CO/PET convencional. Ambos os jeans são avaliados neste trabalho, quanto ao impacto ambiental na produção têxtil, bem como à durabilidade dos materiais. Para avaliar a durabilidade dos jeans, foram realizados ensaios físicos de resistência ao alongamento e à tração; resistência ao rasgo; e formação de *pilling*, conforme as normas NBR 11912, ASTM D 2261-11 e ISO 12945-1, respectivamente. Também foram avaliados dois protótipos de calças, com cada tipo de jeans, submetidos a uso e lavagens intensivas, durante 30 dias cada. Com relação aos resultados obtidos, a avaliação do impacto ambiental mostrou que a produção de jeans de fibras recicladas consome menos recursos, como água, energia e insumos químicos, que a produção de jeans convencional. Já os ensaios de resistência mecânica e teste de uso demonstraram que o jeans CO/PET reciclado apresenta durabilidade inferior que jeans de produção convencional. Os materiais e protótipos avaliados foram contextualizados em cenários de sustentabilidade e moda, concluindo-se que o jeans de fibras recicladas é adequado para o cenário hipertecnológico e de moda rápida, enquanto o jeans convencional é apropriado para o cenário de moda lenta e de hipercultura.

Palavras chave

Jeans sustentável, jeans reciclado, fibra têxtil reciclada, moda rápida, moda lenta.

ABSTRACT

Jeans is a core product in human culture, dressing one third of the world population. Being a material of a fashion product, the jeans obeys the logic of planned obsolescence – which has been questioned by the current paradigm of sustainability. Aiming at reducing the environmental impact, fiber jeans mixed cotton and recycled polyester have been offered as an environmentally sustainable alternative compared to CO/PET conventional jeans. Both jeans are evaluated in this study, as the environmental impact in textile production, as well as the durability of its materials. To evaluate the durability of jeans were conducted physical tests of resistance to elongation and tensile strength; tear resistance; and *pilling*, according to NBR 11912, ASTM D 2261-11 and ISO 12945-1, respectively. It was also evaluated two prototypes of pants, with each type of jeans, subjected to intensive use and washes for 30 days each. Regarding the results obtained, the environmental impact assessment showed that the production of jeans with recycled fiber consumes fewer resources, such as water, energy and chemical inputs than the production of conventional jeans. In turn, mechanical strength tests and use test showed that the CO/PET recycled jeans has less durability than the jeans made by conventional manufacturing. The materials and prototypes evaluated were contextualized in scenarios of sustainability and fashion, concluding that the jeans with recycled fibers is suitable for hyper technological scenario and fast fashion, while the conventional jeans is appropriate for the scenario of slow fashion and hyper culture.

Key words

Sustainable jeans, recycled jeans, recycled textile fiber, fast fashion, slow fashion.

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | vii |
| LISTA DE TABELAS | viii |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | ix |
| | |
| CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO | 01 |
| | |
| CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 05 |
| 2.1. Cenários de moda e sustentabilidade | 06 |
| 2.2. Reciclagem | 09 |
| 2.3. Processo de desenvolvimento de produto para sustentabilidade | 13 |
| 2.4. Ecotêxteis | 19 |
| | |
| CAPÍTULO 3: AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE JEANS | 22 |
| 3.1. Impacto ambiental da calça jeans | 23 |
| 3.2. Impacto ambiental das fibras do jeans | 25 |
| 3.3. Manufatura do jeans CO/PET convencional | 29 |
| 3.4. Manufatura do jeans CO/PET reciclado | 33 |
| 3.5. Avaliação do impacto ambiental da produção de jeans | 35 |
| | |
| CAPÍTULO 4: DURABILIDADE | 40 |
| 4.1. Durabilidade do jeans de fibras misturadas de CO/PET | 40 |
| 4.2. Ensaio de resistência mecânica | 43 |
| 4.2.1. Resistência ao alongamento e à tração | 44 |
| 4.2.2. Resistência ao rasgo | 45 |
| 4.2.3. Pilling | 45 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.3. | Desgaste de uso e lavagem do <i>jeanswear</i> | 47 |
|------|---|----|

CAPÍTULO 5: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO

| | | |
|----------|--|----|
| E DE USO | | 49 |
|----------|--|----|

| | | |
|------|--------------------------|----|
| 5.1. | Procedimentos de análise | 50 |
|------|--------------------------|----|

| | | |
|--------|--|----|
| 5.1.1. | <i>Resistência ao alongamento e à tração</i> | 52 |
|--------|--|----|

| | | |
|--------|-----------------------------|----|
| 5.1.2. | <i>Resistência ao rasgo</i> | 55 |
|--------|-----------------------------|----|

| | | |
|--------|----------------|----|
| 5.1.3. | <i>Pilling</i> | 57 |
|--------|----------------|----|

| | | |
|------|---|----|
| 5.2. | Desenvolvimento dos protótipos das calças jeans | 62 |
|------|---|----|

| | | |
|------|---------------------------------|----|
| 5.3. | Avaliação do uso dos protótipos | 64 |
|------|---------------------------------|----|

| | | |
|-----------------------|--|----|
| CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO | | 69 |
|-----------------------|--|----|

| | | |
|-------------|--|----|
| REFERÊNCIAS | | 72 |
|-------------|--|----|

ANEXOS

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Resistência à tração e alongamento urdume jeans CO/PET convencional | 80 |
| 2. | Resistência à tração e alongamento urdume jeans CO/PET reciclado | 81 |
| 3. | Resistência à tração e alongamento trama jeans CO/PET convencional | 82 |
| 4. | Resistência à tração e alongamento trama jeans CO/PET reciclado | 83 |
| 5. | Resistência ao rasgo urdume jeans CO/PET convencional | 84 |
| 6. | Resistência ao rasgo urdume jeans CO/PET reciclado | 85 |
| 7. | Resistência ao rasgo trama jeans CO/PET convencional | 86 |
| 8. | Resistência ao rasgo trama jeans CO/PET reciclado | 87 |
| 9. | Técnicas de beneficiamento do jeans em lavanderia | 88 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| FIGURA 01 – Curva de vida típica de um produto no mercado | 07 |
| FIGURA 02 – Ciclo de vida de um produto de moda lenta | 08 |
| FIGURA 03 – Ciclo de vida de um produto de moda rápida | 08 |
| FIGURA 04 – Destino do PET coletado no Brasil | 11 |
| FIGURA 05 – Resumo das necessidades totais de energia para uma blusa de poliéster usada 40 vezes e lavada 20 vezes durante sua vida útil | 18 |
| FIGURA 06 – Calça jeans Levi's 501 | 23 |
| FIGURA 07 – Roupas em jeans de fibras de poliéster e algodão reciclados da TNG, inverno 2012 | 24 |
| FIGURA 08 – Matriz de problemas ecológicos no ciclo de vida de têxteis de algodão | 26 |
| FIGURA 09 – Consumo de água por tipo de fibra | 28 |
| FIGURA 10 – Consumo de energia por tipo de fibra | 28 |
| FIGURA 11 – Processo produtivo do jeans CO/PET convencional | 30 |
| FIGURA 12 – Maquinário dos processos de beneficiamento dos têxteis | 31 |
| FIGURA 13 – Águas residuais dos beneficiamentos de têxteis | 32 |
| FIGURA 14 – Tecidos ao final do processo produtivo | 33 |
| FIGURA 15 – Processo produtivo do jeans com redução de impacto ambiental | 34 |
| FIGURA 16 – Cores do jeans reciclado | 35 |
| FIGURA 17 – Comparação dos processos produtivos dos jeans | 36 |
| FIGURA 18 – Estágios da formação de <i>pilling</i> | 46 |
| FIGURA 19 – Fio 100% algodão, tingido com índigo, mantendo o núcleo branco | 48 |
| FIGURA 20 – Ligamento em sarja/denim, característico do jeans | 49 |
| FIGURA 21 – Escalonamento dos corpos de prova | 51 |
| FIGURA 22 – Dinamômetro utilizado nos ensaios de resistência | 52 |
| FIGURA 23 – Desenho para o corpo de prova dos ensaios de resistência ao alongamento e tração | 53 |
| FIGURA 24 – Os corpos de prova são desfiados 5mm das laterais mais extensas | 53 |
| FIGURA 25 – Corpo de prova submetido a ensaio de resistência ao alongamento e tração | 54 |
| FIGURA 26 – Dimensões do corpo de prova de resistência ao rasgo | 56 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 27 – Posicionamento do corpo de prova para ensaio de resistência ao rasgo | 56 |
| FIGURA 28 – Costura dos corpos de prova para ensaio de <i>pilling</i> | 58 |
| FIGURA 29 – Procedimentos para ensaio de <i>pilling</i> | 58 |
| FIGURA 30 – Equipamento para ensaio de <i>pilling</i> | 59 |
| FIGURA 31 – Escala de <i>pilling</i> da norma ASTM D 3512 | 60 |
| FIGURA 32 – Avaliação do grau de <i>pilling</i> | 61 |
| FIGURA 33 – Efeitos do jeans reciclado <i>in natura</i> , antes de ser submetido ao ensaio de <i>pilling</i> | 62 |
| FIGURA 34 – Protótipo da calça em jeans reciclado, modelo <i>slim</i> , sem bolsos frontais | 64 |
| FIGURA 35 – Classificação do conforto das roupas | 66 |
| FIGURA 36 – Jeans reciclado (à esq.) e jeans convencional (à dir.) antes de serem confeccionados | 67 |
| FIGURA 37 – Jeans reciclado (à esq.) e jeans convencional (à dir.) após teste de uso | 67 |
| GRÁFICO 01 – Peças de jeans produzidas | 06 |
| GRÁFICO 02 – Resistência ao alongamento (em %) | 54 |
| GRÁFICO 03 – Resistência à tração (em N) | 55 |
| GRÁFICO 04 – Resistência ao rasgo (em N) | 57 |
| QUADRO 01 – Valores ambientais e econômicos agregados pela reciclagem de materiais | 10 |
| QUADRO 02 – Tipos de tecidos | 12 |
| QUADRO 03 – Lista de conferência para Introdução de Novo Produto | 14 |
| QUADRO 04 – Princípios gerais de boas práticas para a sustentabilidade | 15 |
| QUADRO 05 – Classificação das abordagens ligadas à sustentabilidade e PDP | 16 |
| QUADRO 06 – Ensaio físicos de resistência mecânica quanto à durabilidade | 50 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 01 – Posicionamento mundial do Brasil na cadeia têxtil e confecção | 05 |
| TABELA 02 – ACV inventário de avaliação sobre a produção de um quilo (1 Kg) de cada tipo de fibra | 27 |
| TABELA 03 – Comparação semi-quantitativa dos processos de manufatura do fio e do tecido que usam água para o jeans CO/PET convencional e jeans CO/PET reciclado | 37 |
| TABELA 04 – Comparação semi-quantitativa do impacto ambiental das fibras dos jeans | 38 |
| TABELA 05 – Comparação qualitativa do desempenho das propriedades das fibras têxteis, em que 5 é o melhor desempenho e 1 é o pior | 42 |
| TABELA 06 – Relação dos produtos têxteis investigados neste trabalho | 50 |
| TABELA 07 – Critérios de cuidados dos materiais para que tenham maior ciclo de uso | 65 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ABIT | Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AFMA | Associação Americana dos Produtores de Fibras |
| ABRAVEST | Associação Brasileira do Vestuário |
| ACV | Análise do Ciclo de Vida |
| CAD | Desenho Assistido por Computador |
| CNTL | Centro Nacional de Tecnologias Limpas |
| CO | Algodão |
| DfE | Design for Environment |
| DfS | Design for Sustainability |
| EPA | Environmental Protection Agency EUA |
| EUA | Estados Unidos da América |
| EU | European Union |
| IPEA | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada |
| ISO | International Organization for Standardization |
| JEMAI | Japan Environment Management Association for Industry |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| ONG | Organização Não Governamental |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PDP | Processo de Desenvolvimento do Produto |
| PET | Politereftalato de etileno |
| P+L | Produção Mais Limpa |
| QFD | Desdobramento da Função Qualidade |
| SETAC | Society of Environmental Toxicology and Chemistry |
| TC | Têxtil e Confecção |
| TNT | Tecido Não-Tecido |
| UNEP | United Nations Environment Programme |
| ZERI | Emissão Zero |
| WBCSD | World Business Council for Sustainable Development |

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial com acesso a bens de capital, a consolidação de uma sociedade de consumo, as empresas incrementando a produtividade para suprir tais demandas de consumo, a conseqüente escassez de recursos naturais, além da ampla emissão de poluentes no meio ambiente são preocupações consensuais diante do paradigma ambiental. Também é de comum interesse o presente momento de conscientização ambiental e a pressão por parte de organismos ambientais, da mídia em geral, de grupos ambientalistas e de consumidores questionadores por processos produtivos mais limpos e produtos ecológicos. Incontáveis e diversos trabalhos acadêmicos abordam tais temas (BOVEA e PÉREZ-BELIS, 2012; CLARCK *et al*, 2009; KAZAZIAN, 2005; LEITE, 2009; LOVELOCK, 2003; SELIG *et al*, 2008; SLACK *et al*, 1997). Nesse contexto, a indústria têxtil enfrenta uma condição desafiadora no campo da qualidade e da produtividade. Conforme os parâmetros ecológicos têm se tornado mais rigorosos e altamente competitivos, surgiu uma preocupação da indústria têxtil com relação à necessidade de conjugar a qualidade e a ecologia conjuntamente (BOTA e RATIU, 2008).

Pode-se dizer que a sustentabilidade – considerando suas cinco dimensões propostas por SACHS (1993), social, econômica, ecológica, espacial e cultural – é possivelmente a maior crítica que a cadeia têxtil e de confecções (TC) já enfrentou, pois desafia a moda em seus detalhes (fibras e processos) e também com relação ao todo (modelos econômicos, metas, regras, sistemas de crenças e valores) (FLETCHER e GROSE, 2011). No que concerne ao setor têxtil, a produção e o produto têxteis são relacionados com o paradigma da sustentabilidade ambiental em vários estudos científicos (ABREU *et al*, 2008; COMAN *et al*, 2011; FLETCHER e GROSE, 2011; KALLIALA e NOUSIAINEN, 1999; LEÃO *et al*, 2002; MARTINS, 1997; SOUZA, 2000; RUSU, 2010), para os quais este trabalho busca contribuir.

No rol dos produtos têxteis mais manejados pelo homem, encontra-se o jeans, material vestido por todos, sem limite de idade, sexo e cultura (CATOIRA, 2006). A rigor, o jeans é o resultado da união do tecido denim com o corante índigo. O denim surgiu em 1567, na França, e logo se tornou reconhecido por sua resistência superior aos demais tecidos. Inicialmente, o denim foi usado nas velas de embarcações mercantis e, no século XIX, passou a ser usado no vestuário de marinheiros genoveses e de

mineradores americanos (PEZZOLO, 2007). Em 1853, Levi Strauss uniu o tecido denim, de algodão, com o corante índigo, criando o *blue jeans*. Em 1860, as calças jeans, duráveis e confortáveis, começaram a substituir as de lona, tornando-se traje obrigatório entre os mineradores norte-americanos, sendo em seguida apropriado por *cowboys* e lenhadores. Em 1877, as calças jeans ganharam rebites nos bolsos, originando o clássico jeans Levi's 501, que logo foi patenteado por Levi Strauss.

No início do século XX, o jeans ainda era só um tecido forte usado por homens em local de trabalho rude (CATOIRA, 2006), ou seja, sua durabilidade estava associada ao uso profissional e não ao de moda. No Brasil, na relação de tecidos produzidos pela Companhia de Fiação e Tecidos Cedro e Cachoeira (empresa privada mais antiga do Brasil), em 1897, não constava jeans ou denim, apenas similares, como brim lona, brim mineiro, brim mineiro xadrez e brim angola (GIROLETTI, 1991).

Enquanto o *boom* do jeans, em todas as classes e idades, se deu na segunda metade do século XX no mundo (LIPOVETSKY, 2009), o jeans somente começou a ganhar massivamente o mercado brasileiro em 1970, tendo uma aceitação natural inicialmente pela juventude (CATOIRA, 2006). Pode-se dizer que, a partir dos anos 1950, a humanidade passou a se vestir de azul índigo com maior frequência. O índigo, considerado o corante mais antigo para tingir tecidos, data de 3.000 a.C. e provinha de plantas do gênero *Indigofera*. Mercadoria de grande valor, o intenso azul somente chegou à Europa mercantil em 1516 (PEZZOLO, 2007), tendo sido obtido sinteticamente em 1880. O índigo é possivelmente o corante e a cor mais comum da moda, apresentando tonalidades e matizes de azul multiplicados pelos beneficiamentos de lavanderia a que é submetido o vestuário em jeans (*jeanswear*). Em consequência à popularidade do *blue jeans* e ao respectivo apreço pela cor azul, o consumo atual do corante índigo é enorme (MEKSI *et al*, 2012).

A centralidade do jeans na cultura material, somada à sua respectiva portentosa produção destinada a suprir demandas mundiais de vestuário, produz um rebatimento em diversas cadeias produtivas, da cotonicultura e petroquímica, passando pelas de maquinário e confecções, até chegar às de reciclagem de resíduos têxteis e poliméricos. Tradicionalmente, a calça jeans comum é geralmente feita de 100% algodão convencional (BILISIK e YOLACAN, 2011), não-orgânico. No entanto, também são cada vez mais ofertados jeans com fibras de até 3% de elastano, e com diversos percentuais de fibra de poliéster (PET), ambas derivadas do petróleo, recurso natural não-renovável. Por conseguinte, o jeans implica em uma alta carga de impacto ambiental associada a

sua manufatura, bem como ao seu uso e manutenção. Entretanto, é cada vez maior a oferta de jeans composto de CO/PET convencional, devido às vantagens de baixo custo da fibra de poliéster e ao fato de que seu acréscimo ao algodão permite maior rapidez na produção têxtil.

Buscando minimizar tal impacto ambiental gerado pelo jeans CO/PET convencional, a indústria têxtil tem ofertado jeans de fibras recicladas. A substituição de um jeans pelo outro, por parte do consumidor, está sujeita, contudo, a uma investigação sobre a adequação ao uso, à durabilidade da matéria-prima empregada e aos critérios ecológicos e de qualidade que norteiam a configuração de um jeans convencional e de um jeans reciclado. Tais tipos de jeans são, portanto, comparáveis quanto aos seus respectivos processos produtivos, às fibras têxteis que os compõem e à qualidade do tecido propriamente.

Dado o exposto, o objetivo geral é estudar a possibilidade de substituição do jeans CO/PET convencional pelo jeans reciclado para fins de redução de impacto ambiental. Para tanto, tem como objetivo específico analisar a durabilidade de jeans com fibras de algodão e poliéster convencionais e de jeans com fibras mistas de algodão e poliéster reciclados, relacionando a qualidade com parâmetros de redução do impacto ambiental na produção têxtil. Tais parâmetros são delimitados tanto quantitativamente (ex. por meio da ACV de fibras de algodão e poliéster) quanto qualitativamente (ex. boas práticas para a produção têxtil mais limpa).

A durabilidade dos dois tipos de jeans supracitados é analisada comparativamente por meio de ensaios de resistência mecânica (como ao alongamento, à tração, ao rasgo e formação de *pilling*) e de teste de uso de protótipos de calças. Com esses procedimentos, busca-se especificar as vantagens e desvantagens dos materiais empregados na produção de jeans, correlacionando-as com o paradigma da sustentabilidade ambiental nos cenários de moda.

O método para o desenvolvimento do trabalho foi sistematizado em quatro etapas. Na primeira etapa, de base teórica, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental. Os dados foram obtidos consultando a literatura disponível em publicações impressas e virtuais. Também foram obtidos por meio de documentos internos de empresas fornecedoras, quanto a seus produtos têxteis e respectivos processos produtivos dos mesmos.

Em seguida, a etapa exploratória consistiu na pesquisa de campo, levantando dados no mesmo local onde os fenômenos ocorrem (LAKATOS e MARCONI, 2008) e

baseando-se em observações de processos produtivos. Com o objetivo de coletar dados dos produtos têxteis a serem analisados, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com profissionais do setor têxtil (engenheiros têxteis, engenheiros de produção, técnicos em lavagem de jeans, técnicos de laboratório, representantes comerciais, dentre outros). A terceira etapa, experimental, foi dividida em duas subetapas: pesquisa de laboratório e teste de uso de protótipos. Em laboratório especializado em ensaios de têxteis, foram realizados testes de resistência mecânica nos materiais *in natura*. Os dados coletados foram analisados e discutidos, correlacionando-os com os assuntos levantados. Com a finalidade de observar o comportamento dos materiais com o desgaste do uso cotidiano, foram confeccionados dois protótipos de calças jeans e usados e lavados de forma intensiva. A etapa conclusiva, por sua vez, relaciona os procedimentos realizados com a questão da sustentabilidade ambiental associada à durabilidade de materiais. É enfatizado o desenvolvimento de um produto têxtil para a sustentabilidade, considerando a produção dos mesmos de forma mais limpa e inserindo-os nos cenários de moda rápida e de moda lenta.

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. No seguinte capítulo, é apresentada a revisão bibliográfica, discorrendo sobre o mercado de jeans, cenários de moda e sustentabilidade, reciclagem e qualidade de produtos reciclados, além do referencial teórico sobre processo de desenvolvimento de produto, design para sustentabilidade, produção mais limpa e “ecotêxteis”. Também é feita uma introdução sobre ensaios têxteis, os quais serão aprofundados no quarto capítulo. O terceiro capítulo apresenta os procedimentos e os resultados da avaliação ambiental comparativa dos dois tipos de jeans estudados, o CO/PET convencional e o CO/PET reciclado, quanto à produção têxtil de cada e quanto às fibras têxteis que os compõem. No quarto capítulo, consta a literatura sobre ensaios de resistência mecânica da Engenharia Têxtil e sobre teste de uso para calças jeans, na perspectiva do Design de Produto e Ergonomia. Seguidamente, o quinto capítulo apresenta os procedimentos experimentais e respectivos resultados quanto aos ensaios realizados, comparando a durabilidade dos tecidos e dos protótipos das calças. Por fim, no sexto capítulo, são tecidas as conclusões e são sugeridos estudos futuros a partir deste trabalho.

CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor têxtil é fortemente impulsionado pelas demandas dos setores de moda vestuário, acessórios, calçados, bolsas e artigos de casa, sendo os tecidos mais fortemente evidenciados pelos produtos de moda. A importância dos têxteis para a moda vestuário deve-se a dois principais motivos: primeiro, porque a produção têxtil é praticamente toda voltada para alimentar o mercado interno de confecções (VIANA *et al* 2008); em segundo lugar, porque nenhum produto recebe tanta divulgação, é tão rigorosamente analisado e possui tantas revistas especializadas quanto o de moda (FLETCHER e GROSE, 2011). Os produtos têxteis adquirem valor não só por sua matéria-prima e custos de produção em geral, mas pelo seu grau de novidade e de inovação tecnológica. É importante salientar que a cadeia têxtil e confecção (TC) tem como característica ser consumidora de tecnologia, pois as inovações costumam ocorrer de forma exógena, seja via empresas fornecedoras de máquinas e equipamentos, seja por empresas produtoras de fibras químicas e corantes (DA COSTA e DA ROCHA, 2012).

A indústria da moda constitui uma das maiores do mundo, cuja movimentação financeira representa mais de um trilhão de dólares, e emprega aproximadamente um bilhão de pessoas (PETRECA *et al*, 2008; ABRAVEST, 2012). No ranking TC internacional, o Brasil ocupa as primeiras posições (TAB. 01). Em 2007, a cadeia TC brasileira representou 5,5% do faturamento total da indústria de transformação nacional e 17,3% do total de empregos gerados. A cadeia engloba cerca de 30 mil indústrias e gera 1,6 milhão de empregos diretos (DA COSTA e DA ROCHA, 2012).

TABELA 01 – Posicionamento mundial do Brasil na cadeia têxtil e confecção.

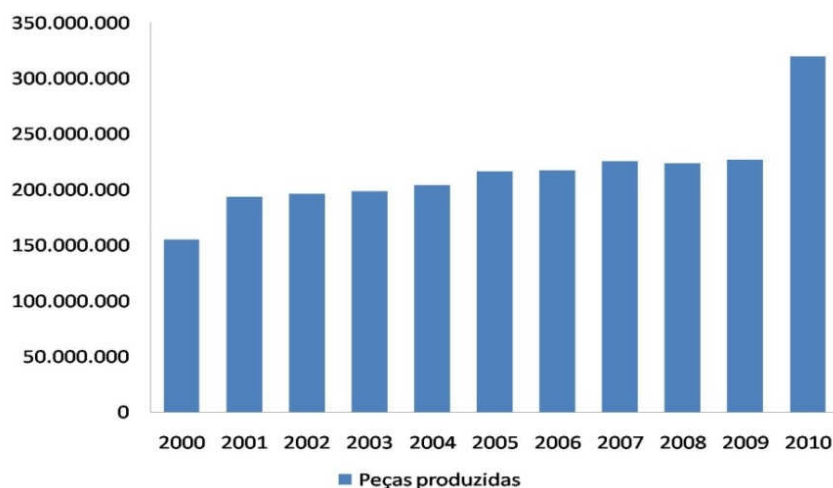
Adaptado de COBRA, 2007, p. 20 e ABRAVEST, 2012 (dados de 2010).

| Posição do Brasil no contexto mundial | Segmento de produtos ou produção |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 2º | Produção de denim |
| 3º | Produtos de malha |
| 4º | Produtos de vestuário em geral |
| 5º | Número de confecções |
| 6º | Produtos de têxteis |
| 7º | Fios e filamentos |
| 8º | Produção de tecidos |

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de denim (tecido que, junto ao corante índigo, compõe o produto têxtil jeans). O setor têxtil no Brasil produz cerca de 25,7 milhões de metros de denim por mês (ABIT, 2011). Os 20 maiores produtores nacionais produzem cerca de 300 milhões de metros por ano. Em 2011, foram exportados cerca de 51,4 milhões de metros de denim (ABIT). Em relação às peças prontas em jeans, o Brasil produziu, em 2010, mais de 320 milhões de peças em *jeanswear*, incluindo jaquetas, camisas, vestidos, calças, bermudas e macacões (GRÁFICO 01).

GRÁFICO 01 – Peças de jeans produzidas.

Adaptado de ABIT (2012).



Usado por um terço da humanidade (CATOIRA, 2006), estima-se o consumo mundial do denim, acima de três bilhões de metros lineares por ano, sendo os principais consumidores os Estados Unidos, a Europa e o Japão, representando juntos mais de 65% do consumo mundial (ABIT, 2011). O significativo mercado de jeans implica, entretanto, em uma carga ambiental relacionada à produção e ao consumo do mesmo em função de uma dinâmica de moda já pré-estabelecida, como abordado a seguir.

2.1. Cenários de moda e sustentabilidade

Derivado do termo grego *cena*, o termo cenário é também compreendido como um instrumento de prognóstico. No que tange o projeto/design, o cenário é compreendido como sendo a hipotética sequência de acontecimentos casuais (BURDEK, 2006). Dentre os estudos sobre sustentabilidade e cenários, e tendo como

foco o projeto de produtos sustentáveis, MANZINI e VEZZOLI (2005) apresentam dois cenários futuros: o hipercultural e o hipertecnológico.

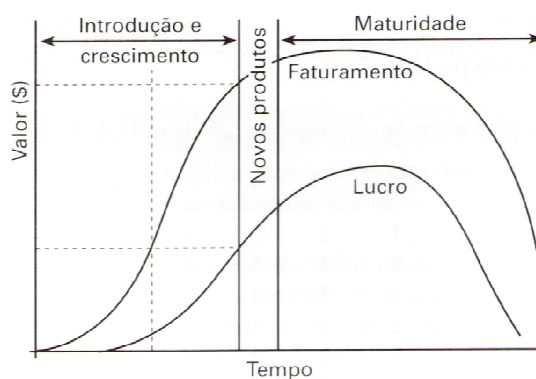
A proposta do cenário hipertecnológico baseia-se na redução do consumo de recursos naturais, desmaterializando processos produtivos e aplicando princípios da ecologia industrial (MANZINI e VEZZOLI, 2005), com o objetivo de garantir o ritmo de consumo de novos produtos. Na moda, o fator velocidade denomina o que neste cenário é conhecido como *fast fashion* (moda rápida) – o oposto *slow fashion* (moda lenta), por sua vez, está associado ao cenário hipercultural, o qual implica em uma mudança de comportamento, questionando e diminuindo o consumo de novos produtos.

De acordo com KAEBERNICK *et al* (2003), as práticas correntes do desenvolvimento de produtos visam atingir alta qualidade de um produto, a um custo baixo e lucro alto. Na moda rápida, os grandes varejistas criaram uma dinâmica que prioriza o preço baixo, a disponibilidade maciça e a compra em grande quantidade (FLETCHER e GROSE, 2011), sendo inevitável a utilização de tecidos baratos e de conseqüente pouca qualidade. Por conseguinte, tais tecidos de pouca durabilidade apresentam ciclos de vida curtos.

Segundo NAVEIRO (2008), denomina-se “ciclo de vida” de um produto ao histórico do produto desde sua criação até a sua retirada do mercado. Para BAXTER (2000), os produtos têm um desempenho no mercado semelhante ao ciclo de vida dos seres vivos – nascem, crescem, atingem a maturidade e entram em declínio. A análise da curva de vida dos produtos (FIG. 01) tem o objetivo de diagnosticar a linha de produtos da empresa, determinando a fase de vida de cada um deles, bem como determinar a velocidade de obsolescência do produto.

FIGURA 01 – Curva de vida típica de um produto no mercado.

Fonte: BAXTER, 2000, p. 114.



JONES (2005) propõe ciclos de vida para dois tipos de produtos de moda: os produtos “clássicos” (FIG. 02) e os produtos “novidades” (FIG. 03). Enquanto estes se inserem no contexto da moda rápida, aqueles dizem respeito à moda lenta.

FIGURA 02 – Ciclo de vida de um produto de moda lenta.

Adaptado de JONES, 2005, p. 49.

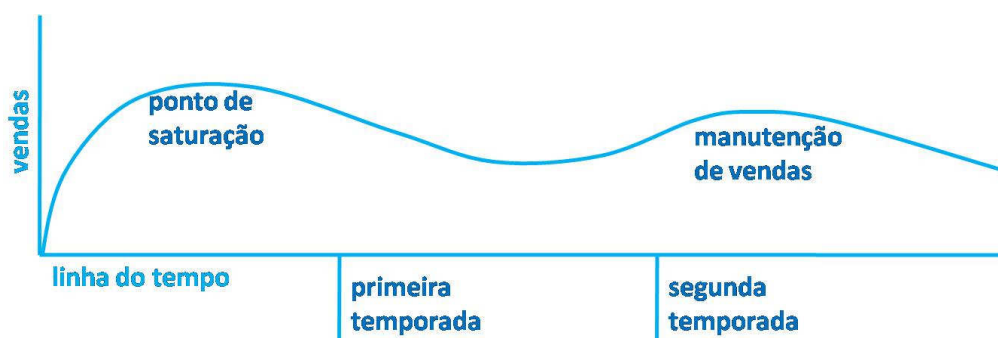
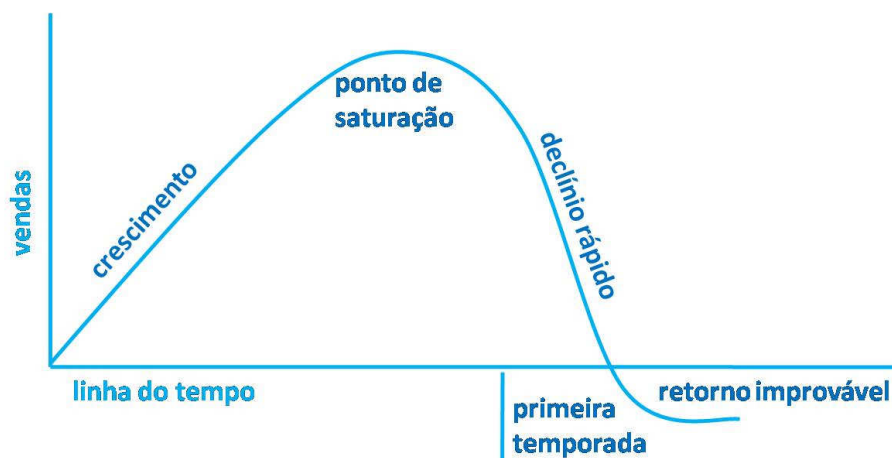


FIGURA 03 – Ciclo de vida de um produto de moda rápida.

Adaptado de JONES, 2005, p. 49.



Conforme LIPOVETSKY (2009), com a era da pequena velocidade de moda, a questão do “fora de moda”/“na moda” esfuma-se, suas fronteiras se confundem. É inegável a existência da “última moda”, porém sua percepção social é mais vaga, perdida na confusão pletórica dos criadores e dos diversos *looks*. Na nova configuração da moda, o novo não desqualifica mais subitamente o antigo; todos os comprimentos e amplitudes são possíveis, uma multidão de estilos fica lado a lado.

Essas características, somadas à inspiração nos conceitos disseminados pelo movimento *Slow Food* (WALTER, 2009), acabam por fundamentar o que se entende por

moda lenta. Em síntese, trata-se de uma moda que não aborda apenas o parâmetro da velocidade de projeto, produção, distribuição e consumo, mas representa um conjunto de atividades de moda para promover o prazer da variedade, a multiplicidade cultural e a importância cultural da moda dentro de limites biofísicos (FLETCHER e GROSE, 2011).

No âmbito da moda rápida, as cadeias de lojas (que não vendem coleções, mas peças individuais ou coordenadas) trabalham com uma renovação de estoque mais intensa, trazendo novas peças de suas fábricas ou de etiquetas próprias a cada seis a oito semanas (JONES, 2005). Segundo FLETCHER e GROSE (2011), o desenho assistido por computador (CAD), associado a métodos de fabricação *just-in-time*, permite que uma criação se transforme em produto em apenas três semanas. Assim, compreende-se o período de projeto, produção e distribuição da moda rápida como de três a oito semanas.

O impasse da moda rápida com o paradigma do cenário hipertecnológico de sustentabilidade tende a ser solucionado por meio da tecnologia: se é imprescindível que a matéria-prima seja barata, em grande volume e disponível em ritmo acelerado, que ela possa ao menos ser derivada de materiais reciclados (afinal, os materiais orgânicos ainda são caros e não atendem demanda em grande quantidade). Para KNIGHT e JENKINS (2009), quando o tempo de vida dos produtos é frequentemente muito curto, apenas uma questão de meses, é preferível que o projeto dos mesmos seja focado no “reuso/reciclagem”. Em uma perspectiva ampliada sobre reciclagem e a rapidez da moda, BAUDRILLARD (1995) afirma que o termo reciclagem consegue, de fato, inspirar várias reflexões: evoca irresistivelmente o ciclo da moda, onde cada qual tem de estar ao corrente e de reciclar-se todos os anos, todos os meses e todas as estações, no vestuário, nos objetos e no carro. Se não o fizer, não é verdadeiro cidadão da sociedade de consumo.

2.2. Reciclagem

Desde 1980, os consumidores têm sido encorajados a reciclar os resíduos, como papeis, latas, garrafas plásticas, vidros, pneus. Todavia a reciclagem de vestuário só passou a ser considerada como fundamental ao meio ambiente em meados dos anos 1990 (CHANG *et al*, 1999). Os principais destinos do vestuário, a exemplo do *jeanswear*, após o fim do ciclo de uso pelo consumidor, são mercados secundários, como brechós,

bazares, *outlets*, lojas especializadas, de preços menores, ou lojas do tipo “tudo por um dólar” (LEITE, 2009); doações a outras pessoas; transformação em trapos ou o lixo comum, em que o principal destino é os aterros. Outros fins são a transformação em energia (aproveitamento em caldeiras), co-processamento (como carga para cimento), reciclagem em novos materiais (como novas fibras para a indústria têxtil e tecidos não tecidos) e reutilização em geral, tanto na moda quanto no artesanato (em que predominam objetos feitos de retalhos).

Dentre esses destinos, destaca-se a reciclagem, definida como sendo o processo de coletar produtos, componentes e/ou materiais, desmontá-los (quando necessário), separá-los em categorias de materiais (como plásticos específicos, vidros, etc.) e processá-los em produtos, componentes e/ou materiais reciclados (BEAMON, 1999). No conjunto dos tipos de reciclagem, a reciclagem mecânica tem sido identificada como a rota de recuperação mais adequada para fluxos de resíduos de plásticos relativamente limpos e homogêneos. Ela inclui os processos de separação, higienização, moagem, refusão e transformação de resíduos (VILAPLANA e KARLSSON, 2008).

Segundo CHANG *et al* (1999), a reciclagem de resíduos têxteis de pós-consumo (ex. roupas usadas) não só pode economizar espaço em aterros sanitários, mas também conservar recursos ao transformá-las em novos produtos de valor em vários mercados. Além disso, de acordo com JOHN e ZORDAN (2001), a reciclagem de resíduos (ex. resíduos têxteis industriais) para utilizá-los como matéria-prima é uma ferramenta importante na preservação dos recursos naturais e, muitas vezes, reduz o consumo de energia. De acordo com LEITE (2009), Enquanto o sistema de reuso agrega valor de reutilização aos bens de pós-consumo, e o sistema de incineração agrega valor econômico, pela transformação dos resíduos em energia elétrica; já o sistema de reciclagem, geralmente, agrega tanto valor ambiental quanto econômico (QUADRO 01).

QUADRO 01 – Valores ambientais e econômicos agregados pela reciclagem de materiais.

Fonte: IPEA, 1995, p. 1 *apud* LEITE, 2009, p. 77.

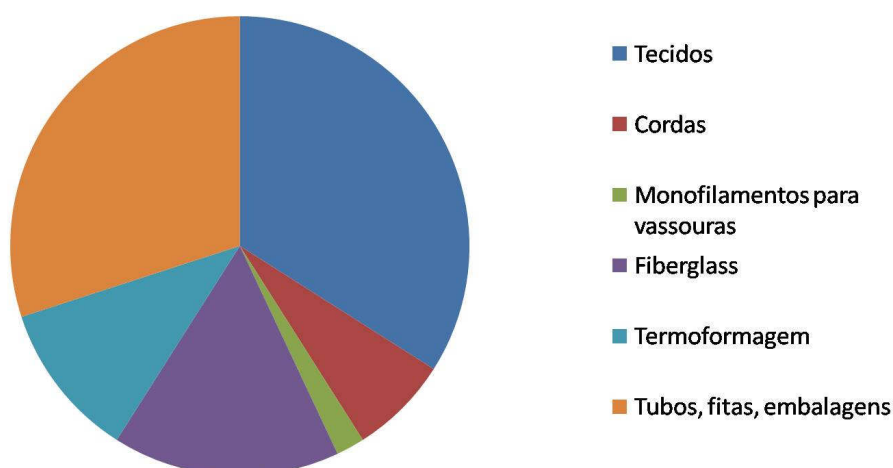
| Valores | Vantagens |
|------------|--|
| Econômicos | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menores preços de mercado; ▪ Ocasões de escassez da matéria-prima nova; ▪ Apresentação de subsídios especiais a seu uso; ▪ Apresentação de vantagem competitiva mercadológica na venda do produto final e para melhorar a imagem da empresa |
| Ambientais | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Economias de consumo de energia elétrica, vapor, água, etc; ▪ Presença de ligas em sua constituição que permitem economia de insumos de qualquer natureza. |

Em geral, materiais reciclados não estão associados ao mesmo desempenho mecânico que o de materiais virgens, devido à deterioração da estrutura molecular que os materiais sofrem no processo de reciclagem (BEAMON, 1999; VILAPLANA e KARLSSON, 2008; LEITE, 2009). LEITE (2009) cita como exemplo o rol de materiais poliméricos, que pode ser considerado como de reciclabilidade mediana sob o ponto de vista técnico, sendo cerca de 40 a 50% dos plásticos reciclados utilizados em produtos de baixo ciclo de vida. De acordo com DA SILVA (2010), em relação às fibras de poliéster, as propriedades que podem sofrer alteração com a reciclagem são: grau de cristalização, tipo e tamanho dos cristais e orientação das cadeias moleculares e dos cristais.

Segundo LEITE (2009), de todo o volume coletado de poliéster (que, junto ao poliestireno, corresponde a 20% do total de consumo de polímeros no Brasil), 43% são destinados para áreas denominadas têxteis (34% tecidos, 7% cordas e 2% monofilamentos para vassouras), 16% do mercado utiliza reciclados para fabricação de resina de *fiberglass*, 11% em produtos de termoformagem e o restante em tubos, fitas de arquear e embalagens diversas. Logo, verifica-se um percentual significativo do poliéster reciclado destinado para produtos de vestuário (FIG. 04).

FIGURA 04 – Destino do poliéster coletado no Brasil.

Fonte: LEITE, 2009, p. 183.



Além da reciclagem de plásticos, como o poliéster, outro importante programa de reciclagem é o de resíduos de tecidos, porque pode haver a redução do plantio de algodão, o que, por consequência, economiza água e fertilizantes químicos normalmente

requeridos no crescimento do algodão (CHANG *et al*, 1999). Todavia a maioria das fibras recicladas é usada mais em tecidos não-tecidos (TNT) que em novos têxteis, porque a produção de não-tecidos requer menos trabalho, equipamentos, tempo e dinheiro que a produção de novos produtos em outros tipos de tecido (QUADRO 02).

QUADRO 02 – Tipos de tecidos.
Adaptado de PEZZOLO, 2007, p. 154 – 155.

| | | |
|-------------|---|---|
| Plano | Liso | De aspecto uniforme, sem estampas. Ex. cambraia, brim, denim, sarja, gaze. |
| | Maquetado | Diferenciado pela trama e/ou acabamento ex. xadrez, listrado, shantung. |
| | Jacquard | Tem efeito decorativo derivado da tecelagem, com desenhos no entrelaçamento dos fios. |
| | Estampado | Recebe desenhos e cores na etapa de acabamento. |
| Malha | Trama | Entrelaçamento de um fio apenas. |
| | Teia ou urdume | Um ou mais fios são colocados lado a lado, similar ao urdume em um tear. |
| | Mistas | É a malha de teia ou urdume com a inserção periódica de um fio de trama. |
| Laçada | Associação entre o processo de entrelaçamento usado na malha com a tecelagem comum. Ex. rendas. | |
| Especiais | Apresentam estrutura mista de tecido comum ou malha. | |
| Não-tecidos | Fibras desorientadas e compactadas por meio mecânico, com ou sem adição de produto químico, formando uma lâmina contínua. | |

Além disso, a qualidade de qualquer fibra têxtil reciclada de pós-consumo pode variar de um produto para outro por causa dos diferentes componentes, como as fibras, tingimentos, métodos de acabamento, e a extensão do uso dos têxteis (CHANG *et al*, 1999). Uma alternativa para assegurar a qualidade de produtos reciclados é destiná-los a mercados/produtos diferentes dos que foram originados. Por exemplo, desde 1992, nos EUA, é produzido um papel de sobras de jeans provindas de cortes nas confecções de *jeanswear*. Além de o processo produtivo requerer menos tratamento químico, as fibras de algodão não se deterioram como as de madeira, podendo o papel de fibras de jeans ser reciclado até oito vezes mais que os papeis a partir da polpa da madeira (CRIGHTON, 1993). Neste caso, comparado com um produto de mesma finalidade (papel) e de material convencional (celulose), o produto reciclado (papel de fibras de jeans) mostra-se de qualidade superior.

Outra reciclagem alternativa para resíduos de jeans é transformá-los em revestimento de casas para comunidades carentes. Desde 2006, a ONG *Cotton from Blue*

to Green¹, coleta jeans para essa finalidade. Em média, são necessárias 500 peças de jeans para revestir uma casa média (COTTON FROM BLUE TO GREEN, 2012). O processo produtivo envolve o reprocessamento das fibras de algodão do jeans com beneficiamentos anti-fulgurante e anti-fungo, utilizando poucos produtos químicos.

Conforme CHANG *et al* (1999), a escolha das aplicações possíveis para produtos de fibras recicladas deve seguir os seguintes princípios:

1. As características de desempenho dos produtos não serão sacrificadas;
2. O preço será competitivo;
3. O reprocessamento não é necessário (ex. limpeza, tingimento, acabamento), exceto para trituração em fibras.

Em suma, para VILAPLANA e KARLSSON (2008), há uma clara necessidade de introduzir um conceito de qualidade nas atividades de reciclagem, para avaliar as propriedades dos reciclados dentro de tolerâncias estreitas, assim satisfazendo os requisitos tanto dos produtores quanto dos consumidores, e garantindo a performance dos produtos reciclados nas suas aplicações no mercado secundário.

2.3. Processo de desenvolvimento de produto para sustentabilidade

De acordo com CHATTOPADHYAY (2008), no que concerne à área de design têxtil, não existem metodologias formais para o desenvolvimento de produtos têxteis. Todavia o desenvolvimento de novas fibras, acabamentos, técnicas de manufatura e um entendimento da relação entre as propriedades das fibras e o desempenho funcional estão abrindo novas oportunidades de desenvolver e produzir produtos adequados a vários requisitos.

No que concerne aos requisitos ambientais, a necessidade de medir o desempenho ambiental dos produtos levou ao desenvolvimento de várias metodologias, de ferramentas simples, como indicadores genéricos focados em problemas ambientais específicos, aos mais completos métodos que consideram uma vasta gama de categorias ambientais por todo o ciclo de vida do produto (BOVEA e PÉREZ-BELIS, 2012).

De acordo com BOVEA e PÉREZ-BELIS (2012), os métodos quantitativos requerem um grande volume de informações sobre o produto antes de ele ser projetado e têm uma tendência a entrar no processo de design em uma fase bastante tardia, quando apenas pequenas mudanças podem ser feitas. Conforme KNIGHT e JENKINS

¹ Em português, “Algodão do Azul para o Verde”.

(2009), tais técnicas não são amplamente adotadas pelas empresas justamente por não serem genéricas e imediatamente aplicáveis. Assim, os métodos qualitativos ou semi-qualitativos, são preferíveis porque são rápidos, bastante fáceis de usar e oferecem vantagens em situações em que as propriedades ambientais dos produtos são óbvias (BOVEA e PÉREZ-BELIS, 2012). Como exemplo de método qualitativo, BOVEA e PÉREZ-BELIS (2012) apresentam uma lista de conferência para introdução de novos produtos com atributos ambientais (QUADRO 03).

QUADRO 03 – Lista de conferência para Introdução de Novo Produto.

Adaptado de PÉREZ-BELIS, 2012, p. 554.

| Fase do ciclo de vida | Considerando... | Sim / Não / N.A.* | Comentários / evidências de cumprimento / razões para não-cumprimento |
|--|---|-------------------|---|
| Projeto do sistema | Simplicidade | | |
| | Redução na fonte | | |
| Aquisição | Substâncias perigosas evitadas? | | |
| Manufatura e distribuição | Projetado para manufatura? | | |
| | Projetado para o mínimo de energia usada? | | |
| | Projetado para minimização da poluição? | | |
| | Embalagem: projetado para reuso? | | |
| | Projetado para minimização do desperdício? | | |
| | Projetado o mínimo uso de substâncias perigosas? | | |
| Uso | Projetado para o mínimo de energia usada? | | |
| | Projetado para minimização do uso de consumíveis? | | |
| | Projetado para minimização da poluição? | | |
| | Projetado para minimização do desperdício? | | |
| | Projetado para o mínimo uso de substâncias perigosas? | | |
| | Projetado para receber melhorias? | | |
| Fim de vida | Projetado para recuperação de materiais? | | |
| | Projetado para recuperação de componentes? | | |
| | Projetado para desmontagem? | | |
| | Projetado para recuperação? | | |
| | Projetado para separabilidade? | | |
| | Projetado para recuperação de resíduos e reuso? | | |
| N.A: Nenhuma Alternativa ou Sem Resposta | | | |

De acordo com SOUZA (1998), as melhorias em termos ambientais surgiram somente a partir dos anos 1960 com as primeiras preocupações com os impactos do processamento de produtos têxteis sobre o ambiente. Assim, deu-se o início de produtos têxteis com menor impacto ambiental, caracterizando-se por: redução de consumo de energia, água e insumos químicos; uso de fibras recicladas como insumo de novas no processo produtivo; e com a redução de emissão de resíduos e poluição no meio ambiente (LEÃO *et al*, 2002; ABREU *et al*, 2008).

Para que as melhorias ambientais dos produtos têxteis sejam possíveis, é necessário estabelecer critérios ecológicos na atividade de projeto. As considerações sobre redução do impacto ambiental no momento em que se projeta um produto têm sido recorrentes desde a década de 1990 (SLACK *et al*, 1997; CLARCK *et al*, 2009). Cabe ao projetista questionar as soluções de projeto visando à sustentabilidade ambiental, bem como levar em conta princípios gerais de boas práticas para a sustentabilidade (QUADRO 04), contemplando uma visão abrangente sobre todo o processo produtivo.

QUADRO 04 – Princípios gerais de boas práticas para a sustentabilidade.

Adaptado de FLETCHER e GROSE, 2011, p. 34.

| Objetivo | Ação |
|--|--|
| Usar recursos naturais com critério | Minimizar o número de etapas de processamento |
| Reduzir o risco de poluição | Minimizar a quantidade e a toxicidade das substâncias químicas usadas e eliminar processos nocivos |
| Minimizar o consumo de energia | Combinar processos que demandem baixa temperatura |
| Minimizar o consumo de água | Eliminar os processos que consomem muita água |
| Reduzir o volume em aterros sanitários | Minimizar a geração de resíduos em todas as etapas |

MAGNAGO *et al* (2012) propõem uma classificação para quinze abordagens selecionadas a partir dos referenciais teóricos ligados à sustentabilidade e ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). São elas: Desenvolvimento Sustentável, Balanço de Massa, Ecologia Industrial, Ecoeficiência, Capitalismo Natural, Emissão Zero (ZERI), Berço ao Berço, Cadeia de Suprimentos Verde, Análise do Ciclo de Vida (ACV), Ecodesign, Logística Reversa, Produção Mais Limpa, *Design for Environment (DfE)*, *QFD for Environment* e Emergência. Inicialmente, as abordagens eram focadas em um assunto apenas (ex. balanço de massa, em 1969); com o passar do tempo, as abordagens foram se tornando mais abrangentes (ex. “emergência”, em 1996), conforme QUADRO 05.

QUADRO 05 – Classificação das abordagens ligadas à sustentabilidade e PDP.

Adaptado de: MAGNAGO *et al* (2012), p. 369.

| Abordagens | Descrição | Autor / organização | Ano |
|------------------------------|---|------------------------------------|------|
| Balanco de massa | É a avaliação quantitativa das entradas e saídas de materiais e energia no nível dos processos produtivos individuais | Ayres e Kneese | 1969 |
| Análise do Ciclo de Vida | É a avaliação de cada um dos efeitos ambientais gerados ao longo da vida de um produto (do berço ao túmulo). | SETAC UNEP | 1969 |
| Ecodesgin | É um processo de gerenciamento de projeto que minimiza os impactos ambientais negativos, otimizando a performance. | Victor Papanek | 1971 |
| Logística reversa | São práticas de gerenciamento de logística (incluindo a distribuição reversa) e atividades envolvidas na redução, gerência e disposição de resíduos. | Setor privado (Inglaterra/ EUA) | 1975 |
| Ecologia industrial | É uma proposta de visão sistêmica, considerando o sistema industrial como parte do sistema natural. | Frosch e Gallopoulos | 1989 |
| Produção Mais Limpa | É a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência global e reduzir os riscos para o homem e o ambiente. | UNEP CNTL | 1989 |
| Design for Environment – DfE | Consideração sistemática, no desenvolvimento de um produto, de aspectos projetuais relacionados ao ambiente, com a saúde e segurança do ser humano, durante todo o ciclo de vida do produto. | B. R. Allenby, Joseph Fiksel | 1992 |
| Ecoeficiência | Disponibilização de bens e serviços de reduzido impacto ecológico ao longo do ciclo de vida. | WBCSD | 1992 |
| Emissão Zero – ZERI | Representa o entendimento de que todo e qualquer resíduo de um processo deverá constituir-se em insumo de um outro processo, num encadeamento capaz de agregar valor em todas as etapas e trocas. | Gunter Pauli | 1994 |
| Berço ao berço | Trata do projeto de produtos e dos respectivos processos produtivos de modo que todas as partes possam ser totalmente reutilizadas em novos processos produtivos. | McDonough e Braungart | 1995 |
| Emergia | É a energia que a biosfera investe para produzir seus bens e serviços (incluindo os bens e serviços da sociedade). Constitui-se de um índice de contabilidade sócio ambiental. | Howard T. Odum | 1996 |

| | | | |
|-----------------------------|---|-------|------|
| Cadeia de suprimentos verde | É quando a empresa adquire insumos de forma que possa melhorar seu desempenho ambiental. Cooperação entre as organizações para minimizar os impactos do fluxo de materiais. | EPA | 2000 |
| QfD for Environment | É a incorporação de aspectos ambientais no QFD sem perder as características de qualidade, lucratividade, competitividade. | JEMAI | 2001 |

Os conhecimentos em Design para Sustentabilidade (*Dfs*) são imprescindíveis para o design de produtos têxteis ambientalmente sustentáveis. O Design para Sustentabilidade trata-se de uma metodologia de ecodesign (CLARCK *et al*, 2009; SAMPAIO *et al*, 2007), que utiliza ferramentas de design, conhecimentos de sustentabilidade e enfoca a inovação de produtos. A saber, o ecodesign envolve a concepção e desenvolvimento de produtos de tal modo que os critérios ambientais recebem valores iguais a outros critérios (GROENE e HERMAS, 1998; MANZINI e VEZZOLI, 2005; MCDONOUGH *et al*, 2003; PAPANEEK, 1995; BOVEA e PÉREZ-BELIS, 2012; KAEBERNICK *et al*, 2003), como critérios estéticos (ex. formas, cores), de funcionalidade, econômicos (ex. preço de material, preço final do produto) e de produtividade. Em seu sentido mais amplo, o termo Design para Sustentabilidade pode ser definido como uma prática de design, educação e pesquisa que contribui para o desenvolvimento sustentável (VEZZOLI, 2010). KAZAZIAN (2005) ressalta que, fundamentalmente, o produto ecológico não existe. O que compete ao projetista é conceber um produto para que este se integre da melhor forma possível ao meio ambiente. Assim, tornam-se necessárias ferramentas para auxiliar a tomada de decisões de requisitos ambientais no produto.

A ferramenta Análise do Ciclo de Vida (ACV) tem sido cada vez mais recorrente, pois permite auxiliar a tomada de decisões em projetos, contemplando critérios de sustentabilidade do berço ao túmulo de produtos e serviços. MANZINI e VEZZOLI (2005) consideram as seguintes fases para se analisar um produto: pré-produção, produção, distribuição, uso e manutenção. Durante todas essas fases há *inputs*, isto é, há entradas de materiais e energias no ciclo, e há saídas (*outputs*) de resíduos e emissões de resíduos no ar, água e terra do ciclo do produto para a biosfera/geosfera.

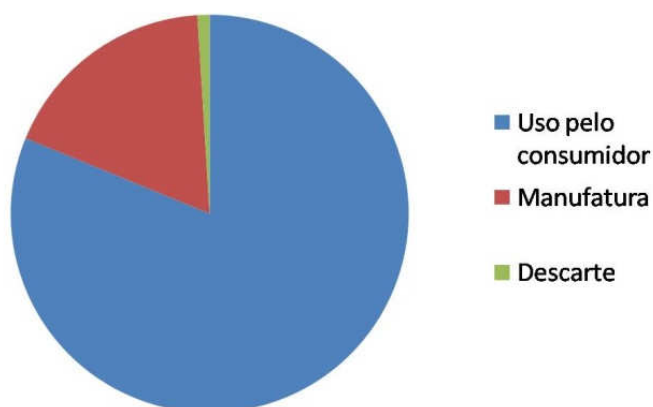
De acordo com MAGNAGO *et al* (2012), a ACV foi a abordagem com mais referências cruzadas dentre as abordagens ligadas à sustentabilidade e PDP, sendo a mais citada dentro da literatura em questão. Embora a relevância e popularidade da

ACV, KNIGHT e JENKINS (2009) argumentam que a complexidade deste método quantitativo faz com que o mesmo seja preterido em função de métodos qualitativos mais facilmente aplicáveis, como simples listas de conferência de requisitos ambientais.

Conforme HEISKANEM (2002), o interesse na ACV também se deve ao fato desta ferramenta ser usada por companhias para se defenderem contra os requisitos ambientais, demonstrando que os problemas são mais complexos do que inicialmente se acreditava. Dessa forma, as companhias estendem a responsabilidade pelo impacto ambiental dos produtos para o usuário dos mesmos, alegando que os impactos da fase de uso/consumo/manutenção são tão ou mais graves que a fase de produção. HU (2012) e FLETCHER (2008) apontam que o estudo mais reportado por empresas e pela literatura semelhante é o do ciclo de vida de uma blusa de poliéster, realizado por SMITH e BARKER (1995) para a Associação Americana dos Produtores de Fibras (AFMA). A ACV demonstrou que 82% das necessidades totais de energia estão relacionados com o uso e manutenção da blusa pelo consumidor (FIG. 05), sendo a maior parte desta energia consumida na operação de lavanderia em casa.

FIGURA 05 – Resumo das necessidades totais de energia para uma blusa de poliéster usada 40 vezes e lavada 20 vezes durante sua vida útil.

Fonte: SMITH e BARKER, 1995, p. 240.



Facilitando uma resposta contínua às novas situações a que a empresa se expõe (SELIG *et al*, 2008) e buscando mudar o paradigma de se pensar em minimizar o impacto ambiental da produção após os produtos terem sido feitos, ou seja, no fim-do-tubo (*end-of-pipe*), a Produção Mais Limpa (P+L) é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos e produtos (MEDEIROS *et*

al, 2007). A P+L tem como finalidade aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, pela minimização ou pela reciclagem de resíduos, com benefícios ambientais, econômicos e de saúde ocupacional (MOURA, 2005).

Outras ferramentas aplicáveis ainda na fase de projeto são as propostas de boas práticas para produção visando à redução do impacto ambiental na indústria têxtil (MARTINS, 1997; FLETCHER e GROSE, 2011; COMAN *et al*, 2011). De acordo com MARTINS (1997), a redução da poluição na indústria têxtil pode ocorrer por meio dos seguintes vetores de boas práticas: a) controle do uso da água e conseqüentemente a redução do volume dos despejos; b) modificações nos processos produtivos; c) redução de produtos químicos e matérias-primas. Além da redução na fonte, LEÃO *et al* (2002) destacam outros dois fatores para que a minimização dos poluentes seja efetuada na indústria têxtil: reciclagem e reuso e tratamento. Todos esses vetores convergem para a produção de tecidos mais ecológicos.

2.4. Ecotêxteis

Nota-se uma percepção, especialmente por parte dos grupos consumidores “verdes”, que distingue os materiais têxteis em duas categorias axiológicas, como os “bons” (presumidamente naturais e renováveis) e os “ruins” (manufaturadas e não renováveis) para o meio ambiente. No entanto, o caráter renovável da matéria-prima não garante a dita “sustentabilidade ambiental”, pois a capacidade de um material regenerar diz pouco sobre as condições em que é gerado – os insumos de energia, a água e as substâncias químicas utilizadas no campo ou na fábrica, seu impacto sobre os ecossistemas e os trabalhadores ou seu potencial para uma vida longa útil (FLETCHER e GROSE, 2011). Também para LEONARD (2011), não se pode dizer que os cerca de 100 mil compostos sintéticos em uso na produção industrial – e que não existiam antes na natureza – sejam bons nem maus em si mesmos. É preciso definir uma finalidade para categorizar o que é o bom e o seu oposto.

Outro agravante para essa percepção dicotômica é uma inclinação a inferir que a tecnologia (como a das fibras transgênicas) está associada ao que é científico, verificável; enquanto que métodos holísticos de agricultura (como a permacultura) e fibras orgânicas soam ideológicos, não comprovados cientificamente. No primeiro caso, pauta-se em uma crença na tecnologia para resolver problemas; já no segundo, a fé é depositada em soluções cooperativas baseadas na natureza (FLETCHER e GROSE,

2011). Para a sociologia do conhecimento, quando a ciência parece não ter certeza, a tecnologia é citada em sua defesa e, quando a tecnologia parece não ter certeza, a ciência é convocada para salvá-la (COLLINS e PINCH, 2010). Apesar da implicância entre ciência e tecnologia, em que uma recorre a outra, e apesar também de uma ausência de responsabilidade no desenvolvimento de produtos e na produção (FLUSSER, 2007), as razões porque algumas fibras são vistas como boas e outras como más devem-se a um conjunto complexo de fatores incluindo: renovação dos materiais crus, biodegradabilidade e associações estereotipadas feitas com produtos químicos, fábricas, poluição, bem como com a agricultura de orgânicos. Verifica-se a necessidade de reconhecer que nenhuma fibra, independentemente de ser orgânica, de comércio justo ou de ser reciclada, pode isoladamente transformar as práticas poluidoras e de uso intensivo de recursos da indústria em práticas mais sustentáveis. De fato, o foco somente nos materiais nunca poderá alcançar isso (FLETCHER, 2008).

Semelhantemente às boas práticas de P+L têxtil, COMAN *et al* (2011) apontam como ferramenta também relevante a ecoeficiência de têxteis a qual pode incluir os seguintes aspectos:

- Redução da quantidade de materiais dos produtos têxteis;
- Redução da dispersão de materiais tóxicos;
- Redução da quantidade de energia, aprimorando a reciclagem de materiais;
- Extensão do tempo de vida útil dos produtos têxteis;
- Uso sustentável de recursos renováveis;
- Aumento de serviços para os produtos.

Os tópicos e vetores para a ecoeficiência da produção têxtil supracitados convergem para um produto resultante, os “ecotêxteis”. De acordo com BOTA e RATIU (2008), as principais características dos ecotêxteis são: uso somente de fibras que cresceram sem nenhuma pesticida, herbicida ou fertilizantes que sejam tóxicos; boa qualidade; longa durabilidade; produção com menos insumos prejudiciais; e tratamento de água na produção. Do conjunto dos ecotêxteis, o jeans de fibras CO/PET recicladas é tomado como fio condutor para os estudos deste trabalho, sendo comparado com o jeans CO/PET convencional quanto às características aqui mencionadas.

BILISIK e YOLACAN (2011) apontam que a literatura indica estudos sobre mudanças dimensionais nos tecidos de jeans; uso da fibra de elastano em jeans; e comparação da resistência mecânica entre jeans de algodão orgânico versus jeans convencional, a qual mostrou não haver diferenças significativas entre as propriedades

de tensão entre fibras orgânicas e fibras convencionais. OZDIL (2008) estudou as propriedades de alongamento e estiramento de denim com diferentes percentuais de elastano, demonstrando que o percentual de elastano não deve ultrapassar 3% para evitar maior estiramento das roupas sob condições normais de uso. VIVEKANADAN *et al* (2011) estudou o conforto térmico em denim, identificando quais parâmetros afetam a percepção de quente/frio ao se tocar esse tipo de tecido.

Os estudos mencionados referem-se aos jeans/denim de algodão. Logo, os estudos do presente trabalho são oportunos, dado a pouca literatura encontrada sobre jeans composto também com poliéster e sobre o jeans de fibras recicladas de poliéster e algodão. Em consideração também às outras literaturas, neste trabalho é estudada a composição das fibras dos jeans, a resistência mecânica dos dois tipos de jeans supracitados e o conforto de ambos os jeans.

CAPÍTULO 3: AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE JEANS

Neste capítulo, é estudado o impacto ambiental da produção de jeans CO/PET convencional e de jeans CO/PET reciclado. Para tanto, fundamenta-se na ACV das fibras de algodão e poliéster, que são a menor unidade e principal matéria-prima que compõe os jeans. Também apresenta dados sobre o impacto ambiental de uma calça jeans tradicional, que é o principal produto feito a partir do jeans. Ao final, são comparados os procedimentos de manufatura do jeans CO/PET convencional e do jeans CO/PET reciclado, visando avaliar o impacto ambiental da produção de ambos os tipos de jeans.

Embora não tenham sido encontrados dados quantitativos sobre o impacto ambiental da produção de jeans, é estimado que a indústria têxtil mundial de um modo geral produza dois milhões de toneladas de resíduos anualmente, três milhões de toneladas de CO₂ e 70 milhões de toneladas de águas residuais (RUSU, 2010).

O setor têxtil envolve atividades industriais bastante complexas, com especificidades em relação a parâmetros de controle de qualidade e ambientais muito diversos. Em comum às empresas têxteis, o meio de transporte carreador das substâncias químicas que agregarão valor aos produtos é a água. E esta água, após sua utilização nos processos industriais, pode tornar-se um típico efluente líquido, normalmente de elevado impacto no meio ambiente (LÚCIDO, 2003), como por exemplo, aumentando o pH (BOTA e RATIU, 2008).

É importante destacar que o setor têxtil utiliza entre cerca de 150 litros de água (ABIT, 2005 *apud* UEDA, 2006) a aproximadamente 200 litros de água para produzir um quilo de tecido (RATIU *et al*, 2008). O excessivo uso de água é um problema ambiental agravado pelo grande volume de insumos químicos que ela transporta. São estimados em torno de 2.000 diferentes substâncias químicas usadas na indústria têxtil, como corantes, antiespumantes, água sanitária, detergente, branqueadores ópticos, equalizadores, dentre outros (BOTA e RATIU, 2008). Além da água, das substâncias químicas e da energia, outro parâmetro de impacto ambiental é a poluição do ar, que também varia conforme a complexidade do processo produtivo têxtil. De acordo com

RATIU *et al* (2008), a poluição do ar é o tipo de poluição mais difícil para provar, testar e quantificar em uma audição em uma indústria têxtil.

3.1. Impacto ambiental da calça jeans

Em 2006, a Levi's tornou público a ACV de uma calça jeans referente ao icônico modelo 501 (FIG. 06). O estudo demonstrou que um único exemplar da calça consome: 3.482 litros de água, 400.000 kW de energia, 32 kg de CO₂. Conforme divulgado pela empresa, trata-se do equivalente a manter uma mangueira ligada por 106 minutos, dirigir por 125.502 km e manter ligado um computador por 556 horas (FIGUEIREDO e CAVALCANTE, 2010). Contudo, o mesmo estudo não especifica exatamente quais os processos da produção do jeans e da confecção da calça.

FIGURA 06 – Calça jeans Levi's 501, masculina, reta, três bolsos frontais e dois bolsos posteriores.

Fonte: LEVI'S, 2013.



Enquanto o jeans convencional tem como principais fibras o algodão não orgânico, o poliéster e o elastano, o jeans com redução de impacto ambiental tem sido compreendido como aquele que apresenta fibras em algodão orgânico; algodão orgânico que já nasce colorido (ou seja, dispensa tingimento); poliéster reciclado; algodão reciclado; sorgo sacarino.

Visando reduzir o impacto ambiental do sistema produtivo tradicional de jeans, algumas mudanças no projeto permitem que sejam produzidos jeans com menores danos ao meio ambiente. Exemplos dos resultados dessas transformações são os jeans: sem tingimento de índigo; com tingimentos alternativos (ex. terra e taninos); com redução de tingimento de índigo (o que implica em um desbote mais rápido do tecido); uso de amaciante à base de manteiga de cupuaçu; desengomagem à base de açúcar; tingimento auxiliado por glicose; alveamento com ozônio (que dispensa uso de água e substâncias químicas normalmente usadas); sem uso de água no processo produtivo; com redução da quantidade de substâncias químicas.

No Brasil, os principais produtores de jeans oferecem ao menos um tipo de jeans ou denim “ecológico” – adjetivo este que, além de se relacionar com fibras naturais e recicladas, pode indicar também ao menos uma etapa de produção têxtil mais limpa. Contudo, na contramão da oferta crescente, as principais marcas de moda de *jeanswear* nacionais, representativas dos principais desfiles e feiras, não privilegiam esse tipo de jeans em suas coleções, excetuando-se a marca TNG, que apresentou jeans de algodão e poliéster reciclados na coleção Inverno 2012 no Fashion Rio (FIG. 07).

FIGURA 07 – Roupa em jeans de fibras de poliéster e algodão reciclados da TNG, inverno 2012.

Fonte: ELLE BRASIL, 2013.



No âmbito internacional, relevantes marcas de vestuário em jeans, como Levi's, Diesel e Seven lançaram calças que se propõem ecologicamente corretas, valendo-se mais o marketing do argumento da matéria-prima ambientalmente sustentável que do processo produtivo têxtil mais limpo. Algumas marcas de jeans para a sustentabilidade ambiental, a exemplo da inglesa Nudie, valem-se não só do material ecológico e da produção mais limpa, mas também de um conceito de uso, que visa educar o consumidor para práticas mais sustentáveis. Neste exemplo, a empresa sugere ao usuário não lavar sua roupa jeans durante os seis primeiros meses de uso, evitando o desbote do índigo. Para higienizar, a empresa indica que as roupas sejam expostas ao tempo úmido (NUDIE, 2012).

3.2. Impacto ambiental das fibras do jeans

Desde a segunda metade do século XX, duas fibras vêm se sobressaindo na moda: o algodão e o poliéster (COSTA *et al*, 2000; LEE, 2009, FLETCHER, GROSE, 2011). Juntas, tais fibras somam mais de 80% do mercado global de têxteis (FLETCHER, 2008), sendo as principais componentes dos jeans. Enquanto a fibra de algodão é usada há cinco milênios, a de poliéster foi patenteada em 1931 pela DuPont, tendo sua produção comercializada somente a partir de 1953 (LEE, 2009).

As primeiras fibras de poliéster introduzidas em uma escala comercial (ex. dácron e terylene) foram fiadas a partir do politereftalato de etileno com etileno glicol. O termo químico era muito complexo para o uso cotidiano, e as fibras passaram a se chamar simplesmente por fibras de poliéster (COOK, 1984) e comumente conhecidas por "PET". A produção da fibra de poliéster tem como saídas emissões no ar e na água de metais pesados, sais de cobalto e manganês, brometo de sódio, dióxido de titânio, óxido de antimônio e acetaldeído (FLETCHER, 2008; LEE, 2009). Em contrapartida, a maior vantagem das fibras de poliéster é que as mesmas demandam cerca de 80% menos energia para serem recicladas que a energia necessária para fabricar produtos químicos virgens intermediários do petróleo e convertê-los em fibras (FLETCHER e GROSE, 2011).

Quanto às fibras de algodão, elas são provenientes de plantações que ocupam uma área de 3% do globo terrestre e que empregam 40 milhões de pessoas, em péssimas condições de trabalho, de extrema pobreza e insalubridade (LEE, 2009). O algodão representa 16% da liberação de inseticidas no mundo – mais do que qualquer outra

colheita, e 10% de todos os pesticidas (LEE, 2009; FLETCHER e GROSE, 2011). Segundo LEONARD (2011), para cada quilo de algodão colhido nos Estados Unidos, os agricultores aplicam trezentos gramas de fertilizantes químicos e pesticidas. Como consequência, o elevado uso de substâncias tóxicas implica na perda de muitas vidas humanas. A Organização Mundial da Saúde (OMS) indica que há cerca de três milhões de envenenamentos por pesticida a cada ano, resultando em 20 mil mortes, na maioria entre os pobres das zonas rurais dos países em desenvolvimento (FLETCHER e GROSE, 2011). No mundo todo, 50% das plantações de algodão são irrigadas artificialmente (FLETCHER e GROSE, 2011). Essa prática, em detrimento do uso de água da chuva e respeito aos ciclos hidrológicos, tem gerado graves consequências para o meio ambiente, como o desperdício de uma grande quantidade do líquido através da evaporação e de vazamentos (LEONARD, 2011).

Não somente no que concerne às plantações de algodão, a fibra de algodão apresenta diversos problemas ecológicos ao longo de toda sua cadeia têxtil. Considerando qualitativamente o ciclo de vida dos produtos têxteis de algodão, HUMMEL (1997 *apud* SOUZA, 2000) propõe uma matriz de problemas ecológicos (FIG. 08).

FIGURA 08 – Matriz de problemas ecológicos no ciclo de vida de têxteis de algodão.

Fonte: HUMMEL, 1997 *apud* SOUZA, 2010, p. 34.

| | Algodão | Tecelagem / Malharia | Acabamento | Manufatura | Uso das roupas | Descarte | Transporte |
|------------------|---------|----------------------|------------|------------|----------------|----------|------------|
| Solo | | | | | | | |
| Água | | | | | | | |
| Ar | | | | | | | |
| Recursos | | | | | | | |
| Energia | | | | | | | |
| Perdas | | | | | | | |
| Aspectos Tóxicos | | | | | | | |

Legenda

| | | | | | |
|--|------------------|--|----------------|--|-----------------|
| | Problema pequeno | | Problema médio | | Problema grande |
|--|------------------|--|----------------|--|-----------------|

Conforme HUMMEL (1997), enquanto a tecelagem e a manufatura (confeccção) apresentam majoritariamente problemas ambientais pequenos, o acabamento (que inclui tingimento, por ex.) concentra maior quantidade de problemas médios e grandes. Também a distribuição (transporte) apresenta grandes problemas, quanto à emissão de poluentes no ar e alto consumo de energia, pois ocorre de forma rodoviária

principalmente. De acordo com LEONARD (2011), considerando uma camiseta de algodão convencional, para cultivar o algodão necessário para a mesma é gerado cerca de um quilo de CO₂, decorrente da produção de fertilizantes e pesticidas baseados em petroquímicos e do uso de eletricidade na irrigação. Os processos de lavagem, fiação, costura e acabamento demandam mais um quilo e meio. Assim, a camiseta gera em torno de dois quilos e meio de CO₂.

Uma análise quantitativa das fibras de algodão e de poliéster, isto é, uma ACV das mesmas (TAB. 02) demonstra que as fibras de algodão consomem 40% menos energia na produção que as fibras de poliéster.

TABELA 02 – ACV inventário de avaliação sobre a produção de um quilo (1kg) de cada tipo de fibra.

Fonte: KALLIALA e NOUSIAINEN, 1999, p. 18. Nota: dados trabalhados pela autora.

| Parâmetro | Unidade | 100% Poliéster convencional | 100% Algodão convencional |
|---------------------------------|---------|-----------------------------|---------------------------|
| Consumo de energia: | MJ | 97,4 | 59,8 |
| Eletricidade | MJ | 15,2 | 12,1 |
| Combustível fóssil | MJ | 82,2 | 47,7 |
| Recursos não-renováveis: | Kg | | |
| Gás natural | Kg | 0,36 | 0,35 |
| Gás natural, matéria-prima* | Kg | 0,29 | |
| Petróleo bruto | Kg | 0,41 | 0,53 |
| Petróleo bruto, matéria-prima* | Kg | 0,87 | |
| Carvão | Kg | 0,14 | 0,52 |
| Carvão, matéria-prima* | Kg | 0,37 | |
| Gás LP | Kg | | 0,03 |
| Hidrelétrica | MJ | 0,4 | 1 |
| Urânio natural | mg | | 14 |
| Fertilizantes | g | | 457 |
| Pesticidas | g | | 16 |
| Água | Kg | 17,2 | 22200 |
| Emissões no ar: | | | |
| CO ₂ | g | 2310 | 4265 |
| CH ₄ | g | 0,1 | 7,6 |
| SO ₂ | g | 0,2 | 4 |
| NO _x | g | 19,4 | 22,7 |
| HC | g | 39,5 | 5 |
| CO | g | 18,2 | 16,1 |
| Emissões na água: | | | NI |
| DCO | g | 3,2 | |
| DBO | g | 1 | |
| P-total | g | 0 | |
| N-total | g | 0 | |

* Os valores das matérias-primas incluem os valores de consumo de energia

As perdas de material, no entanto, são 20% maiores na fiação de algodão comparado às perdas de 2-3% da fiação de poliéster, o que se deve à melhor

uniformidade de comprimento das fibras de poliéster (KALLIALA e NOUSIAINEN, 1999). Com relação ao volume de água (FIG. 09) despendida na produção das fibras, o algodão requer mais água que todas as outras fibras juntas. Já o poliéster, por ser uma fibra sintética, requer mais energia que as fibras naturais (FIG. 10).

FIGURA 09 – Consumo de água por tipo de fibra.

Fonte: FLETCHER e GROSE, 2011, p. 29.

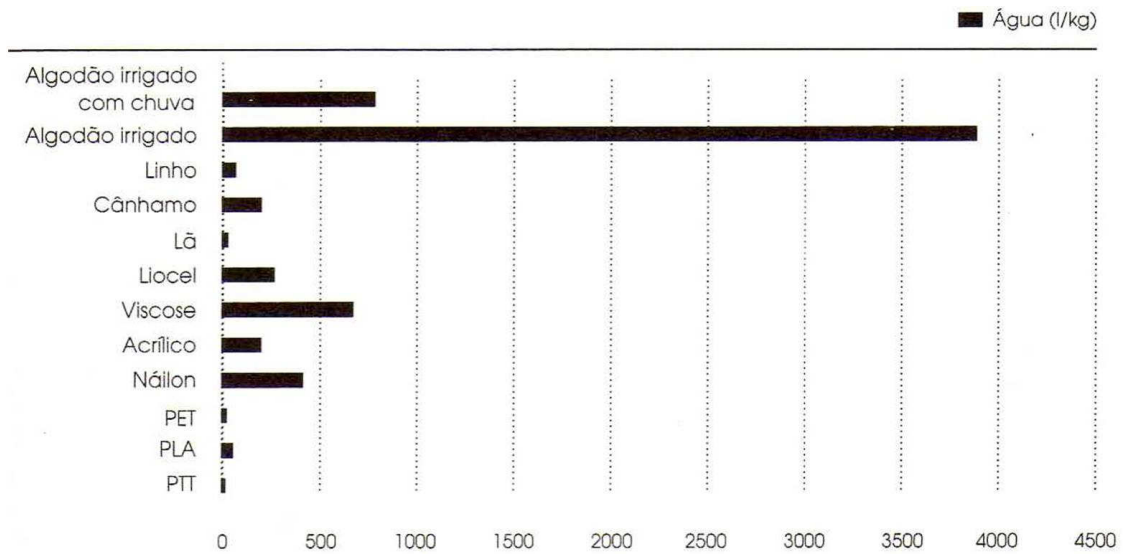
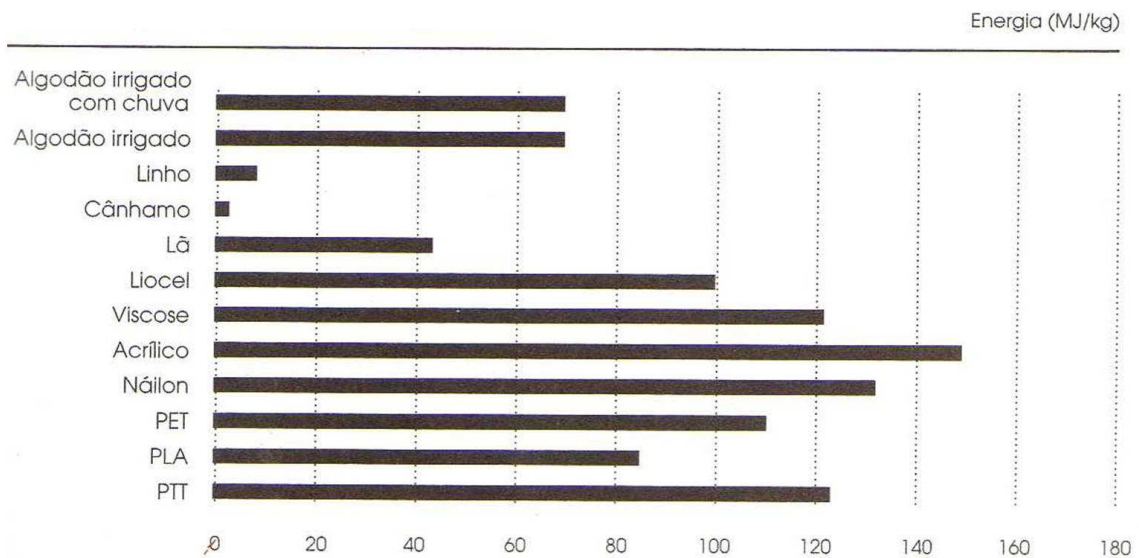


FIGURA 10 – Consumo de energia por tipo de fibra.

Fonte: FLETCHER e GROSE, 2011, p. 26.



Além das fibras, KALLIALA e NOUSIANEN (1999) analisaram tecidos 100% algodão com peso de 155 g/m² e tecidos 50% algodão 50% poliéster de 130 g/m². O tecido de algodão, devido à sua alta hidrofiliidade, consome três vezes mais água e quase o dobro de energia (72%) para lavagem (em lavanderias e não no processo produtivo têxtil). O consumo de energia durante a secagem artificial do tecido de algodão também é 29% superior ao do tecido 50% algodão 50% poliéster.

3.3. Manufatura do jeans CO/PET convencional

De acordo com o fabricante do jeans CO/PET convencional estudado neste trabalho, o diferencial de seus jeans dos concorrentes é apresentar a etapa de acabamento de mercerização (FIG. II), sendo todas as demais etapas comuns ao processo produtivo tradicional de jeans. Destaca-se que a empresa têxtil é certificada com ISO 14000², indicando que a empresa procura a padronização de seus processos ambientais.

² A série de normas ISO 14000 é resultado do trabalho do Comitê Técnico TC-207 da Organização Internacional para Normalização (ISO). O Brasil faz parte da ISO, como sócio fundador, por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A série ISO 14000 deu-se como consequência do evento Rio-92, em que foi proposta a criação de um grupo especial na ISO para elaborar normas relacionadas com o tema meio ambiente (SELIG *et al*, 2008).

FIGURA II – Processo produtivo do jeans CO/PET convencional.

Fonte: autora.



No processo de fiação, os fios de algodão são previamente tingidos de índigo e, por serem fios de urdume, são engomados para resistirem melhor às forças durante a tecelagem. Desde 1913, a maior parte do corante índigo usado para o tingimento é sintético. Mas tanto o sintético quanto o natural, precisa ser reduzido para a sua forma solúvel em água antes de ser usado para o tingimento. A redução do índigo para o leuco-índigo é um importante tipo de processo industrial que é operado em todo o mundo em uma escala considerável (ROESSLER e CRETENAND, 2004, *apud* MEKSI *et al*, 2012) e que tem como principal impacto ambiental o grande volume de águas residuais (SAHINKAYA *et al*, 2008; BRIK *et al*, 2006), muitas vezes descartadas em afluentes.

Ao sair da tecelagem, os tecidos não possuem uma aparência atrativa e toque agradável. É necessário, portanto, beneficiá-los para serem mais apresentáveis e assim, somar valor aos mesmos. A fibra de algodão contém impurezas naturais, como ceras, proteínas, pectinas e pectoses, fragmentos de sementes, além de poeira, que aderem à fibra (DA SILVA *et al*, 2010), e de encorpantes aplicados ao fio (amido, acrilatos, amins graxas e ceras), os quais devem ser retirados no processo de preparação do tecido por meio de processos físicos e químicos.

O acabamento consiste em diversos processos produtivos (FIG. 12). O primeiro processo de acabamento passa pelas enroladeiras, que têm por funções: agrupar as peças de tecido provenientes da tecelagem; escovar o tecido retirando fibrilas soltas na superfície do tecido; e, por fim, revisar a qualidade do tecido. Em seguida, o tecido é submetido à chamuscadeira, que visa a melhoria da aparência e toque, além de evitar a formação de *pilling* (“bolinhas” do tecido). Para tanto, a chamuscadeira promove a queima das fibras entrelaçadas na superfície do tecido e remove a goma aplicada anteriormente.

FIGURA 12 – Processos de beneficiamento dos têxteis.

Fonte: foto tirada pela autora na planta do fabricante do jeans convencional.



A linha de desengomagem é uma etapa atrelada a da merceirização. Suas funções, semelhantes a da chamuscadeira, objetivam os seguintes efeitos: melhor eficiência na remoção de gomas e melhoria da aparência e toque. Por sua vez, a etapa de merceirização busca alterar a estrutura físico-química na fibra do algodão pela ação da

soda cáustica e auxiliar de umectação. Dentre os efeitos produzidos pela contração do tecido e redução da rugosidade das fibras, constam: maior resistência à tração, maior brilho, melhor absorção tintorial, maior maciez e melhor estabilidade dimensional.

Os tecidos são lavados (FIG. 13) e então destinados às ramas, as quais definem a largura final do tecido, e aplicam-se produtos químicos que favorecem o toque e a costurabilidade do tecido. As ramas tornam os tecidos mais atrativos e com maior facilidade para costurabilidade e manuseio. Em geral, são utilizados amaciantes à base de silicone, ácidos graxos e auxiliares de pré-encolhimento.

FIGURA 13 – Águas residuais dos beneficiamentos de têxteis.

Fonte: foto tirada pela autora na planta do fabricante do jeans convencional.



Por fim, as sanforizadeiras³ realizam o pré-encolhimento do tecido, melhorando seu toque e realçando o brilho final. Os tecidos são acomodados em pilhas, posteriormente sendo revisados, estocados e destinados aos clientes (FIG. 14).

³ Máquinas responsáveis pelo encolhimento do tecido no sentido do urdume, minimizando o encolhimento dos tecidos durante a lavagem caseira das roupas.

FIGURA 14 – Tecidos ao final do processo produtivo.

Fonte: foto tirada pela autora na planta do fabricante do jeans convencional.



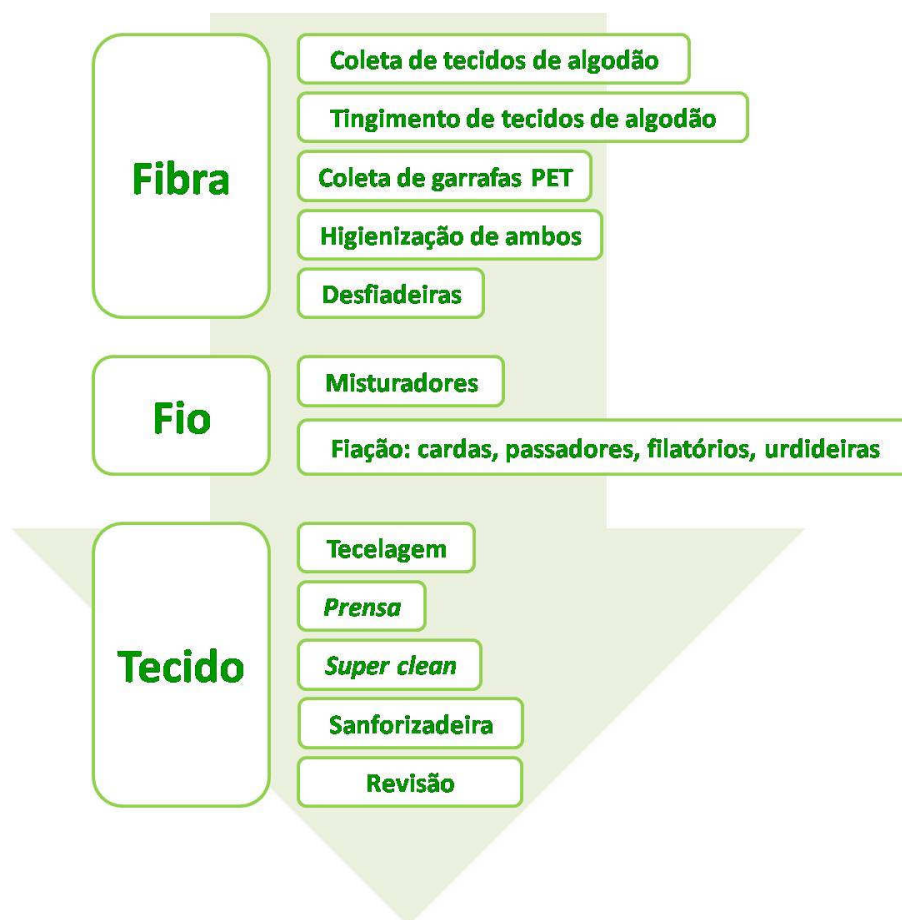
3.4. Manufatura do jeans CO/PET reciclado

De acordo com o fabricante do jeans CO/PET reciclado, o único beneficiamento que o tecido recebe é um pré-encolhimento na sanforizadeira. Um ponto fundamental deste processo, além da redução de etapas produtivas, é o fato de não utilizar água na produção do tecido, cujas fibras recicladas que o compõe provêm resíduos têxteis de pós-uso (ex. roupas) e de confecções (ex. retalhos e aparas). O fabricante informou processos e maquinários usados na produção, mas de forma aleatória, pois compreende a produção como sigilosa. As informações foram organizadas, delineando o processo produtivo do jeans reciclado, com base na ordem do fluxo convencional de produção de têxteis (FIG. 15).

Ressalva-se, contudo, na FIG. 15, que os maquinários “prensa” e “super clean”, atribuídos à manufatura do tecido, podem apresentar ordem diversa. Infere-se que os tecidos sejam submetidos a calandras (prensas cilíndricas), responsáveis por tornar o acabamento de superfície mais uniforme e acetinado. Seguidamente, são higienizados e submetidos à sanforizadeira. Também é possível que outros processos e/ou maquinários sejam usados, mas não tenham sido informados, como o tingimento, por exemplo.

FIGURA 15 – Processo produtivo do jeans com redução de impacto ambiental.

Fonte: autora.



Embora, de acordo com o fabricante, a manufatura do tecido e dos fios não requeira água, o mesmo não se pode afirmar sobre a manufatura das fibras adquiridas pela empresa. Ao ser confrontado sobre a possibilidade dos tecidos coletados serem tingidos antes de serem desfibrados, isto é, antes de serem reciclados em novas fibras, o fabricante não se pronunciou. No entanto, o tingimento das fibras é plausível para que seja garantida a qualidade e o volume referentes à cartela de cores padronizadas dos jeans comercializados regularmente pela empresa (FIG. 16).

FIGURA 16 – Cores do jeans reciclado.

Fonte: site do fabricante do jeans CO/PET reciclado.

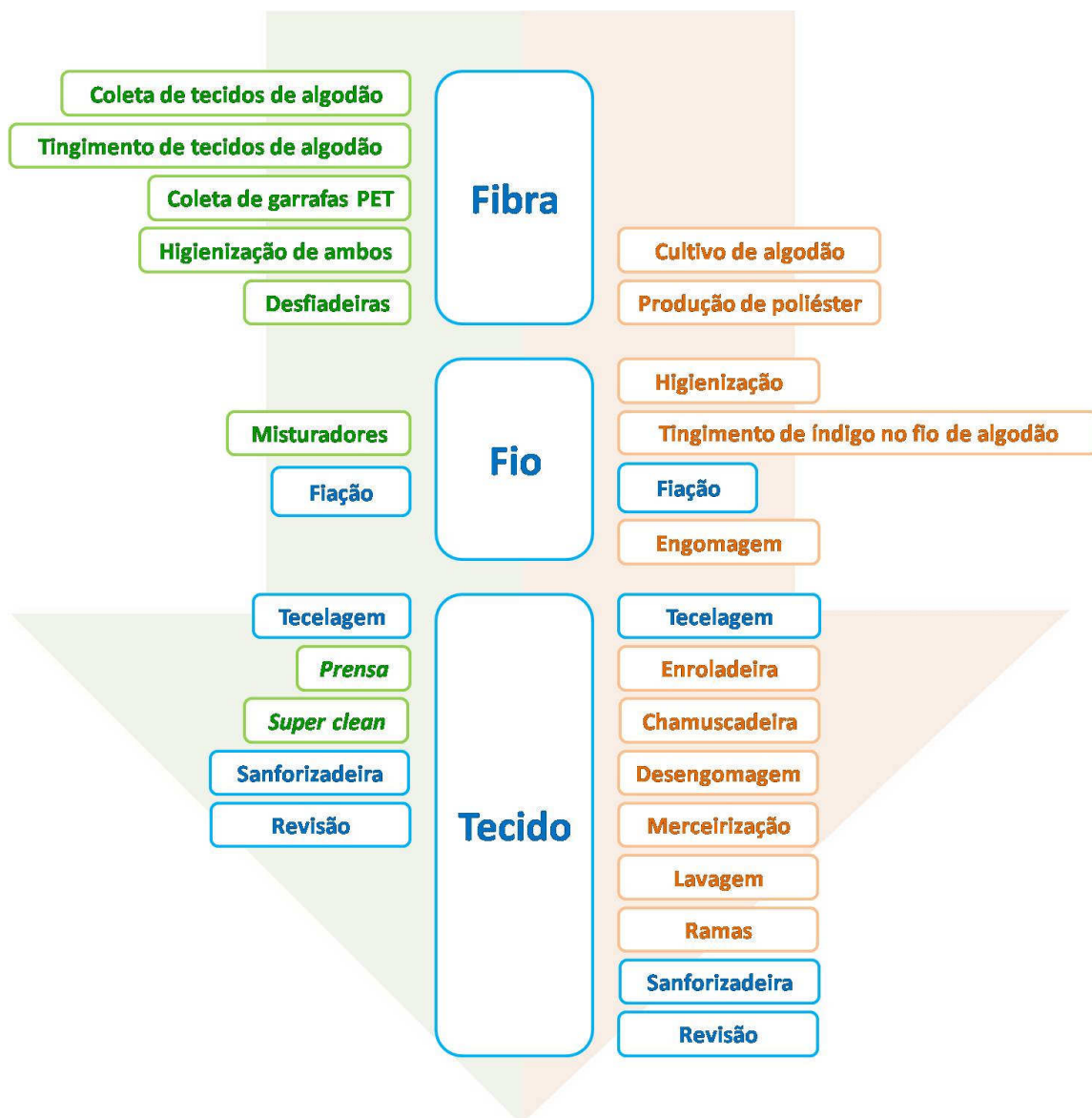


3.5. Avaliação do impacto ambiental da produção de jeans

Os processos descritos foram sumarizados conforme a FIG. 17 com a finalidade de melhor visualizar e comparar os procedimentos de manufatura até aqui descritos de ambos os jeans.

FIGURA 17 – Comparação dos processos produtivos dos jeans. Em verde, processos exclusivos do jeans reciclado; em laranja, processos do jeans convencional; e em azul os processos em comum.

Fonte: autora.



Baseando-se em princípios de boas práticas para a produção têxtil mais limpa, foram estabelecidos parâmetros para a comparação qualitativa da produção dos jeans CO/PET convencional e CO/PET reciclado. Dessa forma, em oposição ao jeans CO/PET convencional, o jeans reciclado apresenta:

- Redução do número de etapas de processamento
- Redução do consumo de energia
- Redução do consumo de água na manufatura do fio e do tecido
- Redução do consumo de produtos químicos

- Redução do consumo de matérias-primas virgens
- Reciclagem/reuso de matérias-primas no produto
- Redução do volume em aterros sanitários

Comparando um jeans com o outro, em todos os parâmetros de boas práticas para P+L, o jeans reciclado apresenta melhor desempenho ambiental que o jeans convencional. Embora o jeans reciclado não tenha sua produção certificada com normas ambientais rigorosas, ele é manufaturado por um processo produtivo inovador, mais eficiente em termos ambientais que o jeans CO/PET convencional estudado, pelo fato de dispensar água e produtos químicos na maioria de seus processos de manufatura, reduzir etapas de processamento e de consumo de energia, além de ser em si um processo de reciclagem.

Enfocando-se a quantidade dos processos produtivos para se obter os jeans e o volume de água para 1kg de tecido produzido, a TAB. 03 apresenta uma comparação quantitativa dos processos de fiação e manufatura de cada jeans.

TABELA 03 – Comparação dos processos de manufatura do fio e do tecido que usam água para o jeans CO/PET convencional e jeans CO/PET reciclado.

| Parâmetro | Jeans CO/PET Convencional | Jeans CO/PET Reciclado |
|--|---------------------------|------------------------|
| Quantidade de processos produtivos de manufatura do fio e do tecido | 13 | 07 |
| Quantidade de processos que usam água | 08 | NI* |
| Volume de água (em L) para manufatura de 1Kg de tecido. Obs.: não inclui consumo de água de fibras e fios. | 150 | 00 |
| NI = não identificado | | |

Como na produção têxtil o uso de água é diretamente proporcional à quantidade de substâncias químicas utilizadas, pode-se dizer que o jeans reciclado apresenta uma quantidade mínima ou nula de produtos químicos. Sabendo-se que 1Kg de tecido consome 150L de água para ser produzido (incluindo tingimento), estima-se o mesmo volume para a produção do jeans CO/PET convencional. Ressalva-se que essa água ao final do processo produtivo convencional, tendo transportado os mais diversos produtos químicos, torna-se água residual, a qual é tratada em uma estação de tratamento da empresa e, assim, retorna à produção.

Embora não tenham sido encontradas mensurações do impacto ambiental das fibras de algodão e poliéster reciclados, é possível fazer uma comparação semi-quantitativa para os jeans CO/PET convencional e reciclado. Para tanto, parte-se das premissas que: 1) não se pode afirmar com exatidão a quantidade de energia, água e insumos químicos despendida durante o processo de reciclagem das fibras, dado esse processo de manufatura ser sigiloso e ainda não ter sido estudado; 2) pode-se dizer que o processo de reciclagem das fibras de algodão e poliéster, comparado com a soma de processos (ex. plantação do algodão, irrigação, pesticidas, obtenção do poliéster, etc.) de manufatura das mesmas, consome quantidades inferiores de água, energia e insumos químicos. Além disso, a comparação entre as fibras dos jeans fundamenta-se na ACV das fibras de algodão e poliéster convencionais (KALLIALA e NOUSIAINEN, 1999) e no fato de que o poliéster demanda 80% menos energia para ser reciclado que convertido em novas fibras (FLETCHER e GROSE, 2011). Com base nessas informações e considerando o volume de 1Kg de cada tipo de jeans, foram realizados cálculos simples de equação de primeiro grau, configurando a TAB. 04. Destaca-se que a quantidade de água no jeans reciclado, embora não identificada, pode estar associada ao tingimento das fibras que servem para manufatura dos fios e tecido.

TABELA 04 – Comparação semi-quantitativa do impacto ambiental das fibras dos jeans.

Fonte: autora.

| | Percentual (%) da fibra em 1kg de jeans | Qualidade da fibra | Água (em Kg) | Energia (em MJ) | Emissões de CO ₂ (em g) | Pesticidas + Fertilizantes (em g) |
|---------------------------|---|--------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Jeans CO/PET Convencional | 22 | PET virgem | 3,7 | 21,4 | 508,2 | 00 |
| | 78 | Algodão virgem | 17.316 | 46,6 | 3.326,7 | 368,9 |
| <i>Total</i> | <i>100</i> | | <i>17.319,7</i> | <i>68</i> | <i>3.834,9</i> | <i>368,9</i> |
| Jeans CO/PET Reciclado | 20 | PET reciclado | NI | 3,8 | NI | 00 |
| | 80 | Algodão reciclado | NI | NI | NI | 00 |
| <i>Total</i> | <i>100</i> | | <i>NI</i> | <i>NI</i> | <i>NI</i> | <i>00</i> |
| NI = não identificado | | | | | | |

A maior vantagem do jeans reciclado, com relação ao convencional, está no fato de excluir de seu impacto os altos valores do impacto ambiental das plantações de algodão. Enquanto 1Kg de jeans CO/PET convencional consome 37% (equivalente a

368,9g) de pesticidas e fertilizantes, 1Kg de jeans reciclado não consome nenhum percentual.

Em síntese, considerando os parâmetros que puderam ser avaliados quanto à obtenção das fibras, o jeans reciclado apresenta menor impacto ambiental que o jeans CO/PET convencional, pois elimina as etapas de plantação de algodão (e respectivo grande volume de água, pesticidas e fertilizantes associados à mesma) e de consumo de materiais para produção do poliéster. Com relação à manufatura das fibras em fios, isto é, à fiação, os processos são semelhantes quanto aos tipos de maquinários utilizados, tendo ambos os fabricantes informados os mesmos procedimentos em comum. Porém, enquanto no jeans reciclado é fiado apenas um tipo de fio (uma blenda de algodão e poliéster), para o jeans convencional são fiados dois tipos de fio (o de fibras de poliéster e o de fibras de algodão), somando-se a essa manufatura ainda a higienização dos fios, tingimento de índigo no fio de algodão e engomagem. Já no que diz respeito à manufatura dos fios em tecidos propriamente, o jeans reciclado, em detrimento do jeans CO/PET convencional, é vantajoso por utilizar menos processos produtivos e por reduzir o uso de água (bem como respectivos insumos químicos que ela transporta na produção têxtil tradicional). Dado que o tipo de manufatura influencia no produto final não só quanto aos critérios ambientais, a qualidade dos jeans será estudada nos dois capítulos seguintes, considerando a durabilidade dos mesmos.

CAPÍTULO 4: DURABILIDADE

O objetivo deste capítulo é apresentar a literatura sobre ensaios de resistência mecânica da Engenharia Têxtil e sobre testes de uso para calças jeans, na perspectiva do Design de Produto e da Ergonomia. Assim, pretende-se estudar tanto a durabilidade dos jeans quanto do principal tipo de produto que os utiliza.

Compreendida como a garantia das condições de uso do produto por um período de tempo, a durabilidade representa qualidades há muito estabelecidas como “bom” design, como eficiência e atemporalidade. Ela é frequentemente vista como uma legítima abordagem de sustentabilidade, um antídoto à mudança de moda (FLETCHER, 2008). A durabilidade do vestuário pressupõe uma economia de recursos porque poucas roupas são consumidas para satisfazer as mesmas necessidades.

Para DESIMONE e POPOFF (1998), uma forma de aumentar a produtividade dos recursos é aumentar a vida útil dos produtos. Assim, dois fatores tecnológicos são determinantes para se estabelecer a durabilidade: 1) os tipos de materiais, porque apresentam desempenho mecânico variado em função da qualidade da matéria-prima; 2) os processos produtivos e beneficiamentos utilizados, que implicam, por exemplo, nas condições de desgaste dos fios na tecedura e na qualidade final do produto.

Dentre os materiais dos jeans apresentados a seguir, são enfocadas as fibras de algodão não orgânico e poliéster virgem, para o jeans convencional, e fibras de algodão e poliéster reciclados, para o jeans com impacto ambiental reduzido. Seguidamente, são apresentados os ensaios de resistência mecânica que caracterizam a durabilidade dos tecidos. Por fim, são feitas considerações sobre o desgaste de uso e de lavagem dos jeans.

4.1. Durabilidade do jeans de fibras misturadas de CO/PET

Desde a década de 1980, o mundo passou a se familiarizar com a existência e usos potenciais das fibras e dos têxteis, o que resultou em um crescimento excepcional nesta área de conhecimento (MCQUAID, 2005) e em novos materiais para a área têxtil, como compósitos, compostos, acabamentos especiais para a superfície dos tecidos, dentre outros.

Ao misturar as fibras de algodão moídas com fibras de poliéster reciclado constitui-se um material composto (uma blenda), que não necessariamente apresenta

características superiores, como sugere o conceito de um compósito (CALLISTER, 2002). No que concerne aos jeans, constituídos de poliéster e de algodão, são identificados dois tipos de fios: os fios inteiramente de fibras algodão ou de fibras de poliéster; e os fios do tipo blenda, isto é, de algodão e poliéster misturados.

Apesar de as fibras misturadas de algodão e poliéster reciclados não terem sido ainda estudadas, a respeito das blends de algodão e poliéster convencionais podem ser tecidas as seguintes considerações (BARBU e BUCEVSCHI, 2011):

- A resistência das fibras de poliéster virgem é muito maior que as fibras de algodão;
- Por causa dos diferentes alongamentos das fibras, a força média da blenda é inferior, de modo que a mesma espessura do fio da blenda deve ter mais fibras na estrutura que a espessura dos fios de cada um dos componentes;
- As fibras químicas têm boa uniformidade tanto no comprimento quanto na finura.

Segundo BRZEZINSKI *et al* (2011), uma séria desvantagem dos têxteis comumente usados, feitos de fibras misturadas de poliéster/algodão, especialmente aqueles que contêm piores tipos de algodão, é a grande susceptibilidade de formar *pillig* (emaranhamentos semelhantes a bolinhas na superfície do tecido), o que adversamente afeta a performance da durabilidade e reduz o valor estético atribuído aos tecidos. Para melhorar o desempenho mecânico dos tecidos com essas fibras (como uso e cuidado, incluindo múltiplas lavagens), o autor utilizou acabamentos especiais nas fibras blendadas, sem alterar o aspecto estético do tecido.

No que concerne ao fio com mistura de poliéster virgem e poliéster reciclado que, em geral, é tecido junto a um fio de algodão, acredita-se que a principal desvantagem do uso de poliéster reciclado em têxteis seja o percentual limitado dessas fibras de modo a garantir a qualidade. Uma grande empresa têxtil mineira informa que em seus tecidos da linha profissional, isto é, compostos de 67% algodão tecidos com 33% poliéster, somente em torno de 12% de poliéster provém de material reciclado – ao usar mais que essa quantidade, o têxtil perde características definidas no padrão de qualidade especificado pelo fabricante, tornando-se menos durável. Uma das principais razões para essa composição mista é que a adição de 10% dessa fibra ao algodão resulta em um aumento de 8% na resistência do fio, o que permite um significativo aumento na velocidade do processo têxtil (COSTA *et al*, 2000), sendo os fios produzidos em teares mais velozes (PEZZOLO, 2007). Ou seja, a composição mista de algodão e poliéster,

seja virgem ou reciclado, é justificada pela rapidez da produção, contribuindo para a otimização da produtividade. Não obstante, tecidos planos constituídos de fios misturados (blendas), majoritariamente poliéster/algodão, constituem um grande grupo de tecidos comumente destinados a vários usos, como vestuário, calçados e aplicações tecnológicas. A alta popularidade de tais tecidos se deve as suas boas propriedades estéticas, tais como resistência a vincos, estabilidade dimensional, boas propriedades higiênicas, facilidade de cuidado doméstico, bem como a durabilidade relativamente alta, incluindo a resistência à abrasão (BRZEZINSKI *et al*, 2011).

Em relação à durabilidade das fibras de algodão e poliéster convencionais, separadamente, CHATTOPADHYAY (2008) comparou qualitativamente o desempenho das mesmas, conforme TAB. 05.

TABELA 05 – Comparação qualitativa do desempenho das propriedades das fibras têxteis, em que 5 é o melhor desempenho e 1 é o pior. Adaptado de CHATTOPADHYAY (2008).

| Propriedades | Poliéster | Algodão |
|---|-----------|---------|
| <i>Categoria 1: Altamente desejado</i> | | |
| Resistência à abrasão (durabilidade) | 4 | 3 |
| Resistência à tração (durabilidade) | 4 | 3 |
| Performance na lavagem e no desgaste | 5 | 1 |
| Resistência a vincos | 5 | 1 |
| Resistência a <i>pills</i> | 3 | 5 |
| <i>Categoria 2: De alguma forma desejado</i> | | |
| Tamanho da fibra (cobertura) | 3 | 1 |
| Passagem da água (conforto/transpiração) | 3 | 4 |
| Resistência estática | 2 | 5 |
| Velocidade de secagem | 5 | 1 |
| <i>Categoria 3: Relativamente sem importância</i> | | |
| Resistência a chama/queimadura | 5 | 1 |
| Resistência a degradação pelo calor e pouca umidade | 5 | 3 |
| Resistência a degradação pelo calor e elevada umidade | 3 | 4 |
| Resistência pela luz solar | | |
| ao ar livre | 3 | 3 |
| através do vidro | 5 | 3 |
| Resistência aos insetos | 5 | 1 |
| Resistência aos microorganismos | 5 | 1 |
| <i>Classificação média</i> | | |
| Categoria 1 | 4.2 | 2.6 |
| Categoria 2 | 3.2 | 2.7 |
| Categoria 3 | 4.4 | 2.3 |
| Total | 4.1 | 2.5 |

Nota-se que, em comparação com a fibra de algodão, a fibra de poliéster tem excelente performance de lavagem e desgaste, resistência ao vinco, boas resistências à tração e à abrasão e moderada resistência ao *pilling* (CHATTOPADHYAY, 2008). Ressalva-se, no entanto, que as fibras têm finalidades e propriedades diversas, sendo que cada fibra tem suas limitações e desvantagens e deve ser melhorada continuamente para manter seu posicionamento no mundo têxtil (SHERMAN, 1946). Logo, a comparação entre fibras naturais e sintéticas é hipotética, dado que o poliéster não pode substituir o algodão e vice-versa (KALLIALA e NOUSIAINEN, 1999).

4.2. Ensaios de resistência mecânica

Para caracterizar um produto têxtil, podem ser feitos diversos tipos de ensaios físicos e químicos. Em geral, são feitos testes de aspecto, que comunicam sobre a aparência do tecido (alteração de cor, solidez da cor ao atrito e à luz e *pilling*), e testes que verificam as propriedades mecânicas do tecido, como em relação à estrutura do tecido (estabilidade dimensional, densidade, gramatura e *skew*⁴) e durabilidade do mesmo (resistência à tração e ao alongamento, resistência ao rasgo, resistência à abrasão, *pilling* e esgarçamento na costura). Por meio de uma amostragem, os têxteis são constantemente avaliados nos laboratórios das empresas para que se possa determinar o desempenho das propriedades e garantir a qualidade dos mesmos. Para MOISECU *et al* (2010), deveria haver também testes obrigatórios credenciando características ambientais dos tecidos nas empresas têxteis.

Segundo OMEROGU e ULKU (2007), a maior parte da literatura publicada concentrou-se na durabilidade, especificamente na comparação das propriedades de tração, *pilling* e abrasão de tecidos de malha. De acordo com LOHRASBI *et al* (2011) e CAN (2008), o *pilling* nos tecidos tem sido uma das mais significantes áreas que muitos pesquisadores têm investigado. De fato, a maior parte dos pesquisadores considera a performance de *pilling* como o fator mais importante das características de desgaste dos tecidos (CAN *et al*, 2009).

As propriedades dos tecidos dependem em muitos aspectos dos parâmetros de construção dos tecidos, que é determinado pela tecedura, pela quantidade de fios no tecido, pelas características dos fios de trama e de urdume e pelas características das

⁴ Desvio da trama no sentido da diagonal do tecido.

fibras (AMIN e HAQUE, 2011). Uma complexidade adicional é a de que não há nenhuma relação claramente definida entre a resistência do fio e a força resultante do tecido, uma vez que existem muitos outros fatores que também desempenham um papel vital na determinação da força final do tecido, incluindo densidade de tecido e tipo de ligamento (HUSSAIN *et al*, 2010). Dessa forma, são realizados ensaios diferentes para avaliar fios e para avaliar tecidos, sendo que somente o de resistência ao rasgo relaciona mais diretamente o desempenho dos fios com o dos tecidos.

4.2.1. Resistência ao alongamento e à tração

Os ensaios de resistência ao alongamento e tração são comuns na literatura e servem para avaliar o quanto de carga os tecidos suportam, sofrendo alongamento, até se romperem, isto é, até serem tracionados. BILISIK e YOLACAN (2011) avaliaram as propriedades de tração e rasgamento de novas estruturas de tecelagem de denim, após sofrer abrasão, e as comparou para o jeans de algodão convencional e para o jeans de algodão orgânico. Tanto para o teste de resistência ao rasgo quanto para o de resistência à tração, foi determinada a velocidade de 100 mm/min. Verificou-se que não houve diferença significativa entre as propriedades de tensão de ambos os tecidos, demonstrando a competitividade, em termos de durabilidade, do jeans de algodão orgânico.

Ao estudar tecidos 100% algodão que receberam um acabamento de resistência ao vinco, CAN (2009) observou que a resistência à tração diminuiu em torno de 25%, a formação de *pilling* reduziu em 59%, enquanto que o ângulo de recuperação de vinco aumentou em 50%. Isso se deve ao fato do acabamento limitar o movimento das fibras no tecido, favorecendo o desempenho mecânico do tecido.

Conforme a norma técnica ASTM D 2256, que determina as propriedades de tração, mensuração da força de ruptura e percentual de alongamento do fio, DA SILVA (2010) comparou fios contínuos de poliéster convencional e de poliéster reciclado. Concluiu que a resistência à tração variou muito pouco, 2,4%; já no alongamento a diferença aumentou significativamente, tendo o poliéster convencional apresentado um desempenho em 18% superior no alongamento.

4.2.2. Resistência ao rasgo

Segundo ARAÚJO e CASTRO (1984), durante o rasgo os fios rompem-se individualmente ou em grupos muito pequenos, pois a resistência de cada fio individual tem elevada importância. De acordo com CHATTOPADHYAY (2008), o rasgo acontece quando a tensão no tecido resulta na concentração de força em um ponto dos fios individuais, que conduz a falha de tais fios de uma maneira escalonada. Além disso, a resistência à fricção nos pontos de entrelaçamento do fio e a extensão do fio podem aumentar a resistência ao rasgo.

Em síntese, a resistência ao rasgo aumenta com a força de tração dos fios individuais, sua extensão e facilidade com que os fios podem agrupar-se na matriz do tecido enquanto o rasgo é propagado. Em tecidos planos, como o denim, muitos entrelaçamentos restringem o movimento do fio e por isso resultam em baixa resistência ao rasgo.

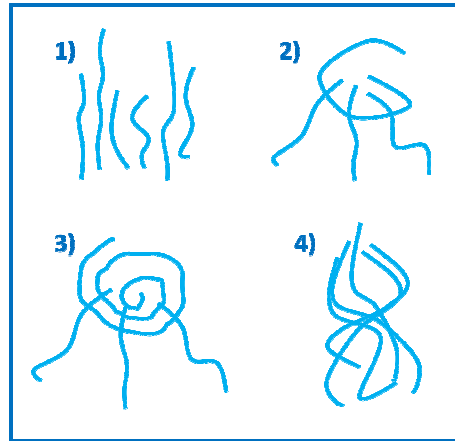
4.2.3. *Pilling*

O *pilling* é um importante problema não só para a indústria têxtil e de confecção, mas também para os usuários, pois implica na diminuição da qualidade do tecido e em influência negativa no conforto tátil do usuário (LOHRASBI *et al*, 2011; JASINSKA, 2009), bem como em uma percepção negativa do aspecto visual da roupa. Verifica-se um aumento do *pilling* com o aumento do uso, desgaste e lavagem do tecido (CAN, 2008; ESTEVES *et al*, 2004)

O *pilling* é um defeito, no qual se observam pequenas “bolas” de fibras ou grupos constituídos por fibras atrelados à superfície do tecido (CAN, 2008). As fibras emaranhadas formando “bolinhas” que estão ligadas aos tecidos são chamadas de *pills* (JASINSKA, 2009). Daí dizer que “*pilling*” significa formação de bolinhas na superfície do tecido. A formação de bolinhas, isto é, dos *pills*, apresenta alguns estágios. ESTEVES *et al* (2004) falam em três estágios de *pilling*, enquanto JASINSKA (2009) fala em quatro e LOHRASBI *et al* (2011) afirmam serem seis estágios que podem ser compreendidos em quatro (FIG. 18).

FIGURA 18 – Estágios da formação de *pilling*: 1) fibras soltas, 2) emaranhamento solto, 3) “bolinha” (forte emaranhamento), 4) emaranhamento espiralado.

Adaptado de: LOHRASBI *et al*, 2011, p. 64.



O *pilling* é gerado pela repetição de forças de fricção de acordo com dois fenômenos combinados: o surgimento de fibras da superfície do tecido e o fortalecimento dos emaranhamentos formados na mesma superfície. O primeiro fenômeno aumenta com o módulo de mistura das fibras e um baixo coeficiente de fricção, enquanto o segundo aumenta quando as fibras apresentam alta resistência à tração e alta recuperação de dobra (LOHRASBI *et al*, 2011). Para JASINSKA (2009), a tendência ao *pilling* nos tecidos depende de vários fatores diferentes, que incluem aspectos diversos, tais como fibras, fio, ajuste às máquinas de fiação, tipo de ligamento do tecido e beneficiamentos.

A princípio, o jeans em geral é reconhecido por não formar *pilling*. Isso se deve aos seguintes fatores: 1) as fibras curtas de algodão se desprendem facilmente do fio, sem formar nós/emaranhamentos; 2) em relação aos tecidos em geral, o jeans é um tecido de alta densidade e, conforme LOHRASBI *et al* (2011) e VIVEKANADAN *et al* (2011), o número de *pills* diminui conforme a densidade do fio aumenta.

Há poucos métodos padronizados para a avaliação da tendência de *pilling*. Por exemplo, pode-se citar ASTM, AATCC, IWS, BIS, JIS e duas normas ISO, ISO 12945-1:2000 e ISO 12945-2:2000. Esses métodos determinam a categoria de máquinas a serem utilizadas para simular o uso do tecido (JASINSKA, 2009), sendo as mais usadas as seguintes: Martindale Abrasion Tester, ICI Pilling Box, Atlas Random Tumble Pilling Tester, Elastomeric Pad (ESTEVES *et al*, 2004). Em comum, os métodos determinam

cinco graduações da intensidade do *pilling*, da formação muito severa de *pilling* (grau 1) à ausência de *pilling* (grau 5) (JASINSKA, 2009), condições de iluminação e posicionamento das amostras durante a análise.

4.3. Desgaste de uso e lavagem do *jeanswear*

A fricção na superfície do tecido aumenta com as lavagens sucessivas (VIVEKANADAN *et al.*, 2011) e com o uso constante, o que tem como resultados: diminuição da rugosidade do tecido, estiramento do tecido e desbote da cor. Em tese, tais resultados são inevitáveis uma vez que o *jeanswear* é destinado ao uso diário, e não para situações especiais e esporádicas. Sabe-se que o jeans, quanto mais gasto e usado se torna, mais é apreciado (FLETCHER, 2008), sendo o seu desgaste desejável pelos consumidores. De fato, o *jeanswear* recebe beneficiamentos de lavanderia que simulam desgastes de uso, como puídos, manchas e desbote, não sendo comercializados com *pilling*. Em contrapartida, o jeans é uma roupa que suja pouco, que pode ser usada nas circunstâncias mais variadas, que não exige uso constante de ferro nem limpeza meticulosa, que suporta o desgaste, o desbotado, o rasgado (LIPOVETSKY, 2009).

A cor é um dos aspectos mais vitais e visualmente estimulantes da moda (FLETCHER e GROSE, 2011; COBRA, 2007) e, não obstante, o azul escuro trata-se de uma cor com qualidades próximas a do preto, como ser elegante e adequada para todas as horas, idades e ocasiões (DIOR, 2009). Diferentemente de outros tipos de tingimento, o tingimento com índigo não tem muita afinidade com o algodão, caracterizando-se por ser superficial, isto é, ele não preenche todo o fio, formando uma espécie de anel azul em torno de um núcleo branco (FIG. 19). Assim, a solidez do índigo no tecido é mais baixa ao atrito, ou seja, ao sofrer abrasão, o tecido perde sua camada superficial de fibras e, com isso perde sua cor, caracterizando o efeito de desbote do jeans.

FIGURA 19 – Fio 100% algodão, tingido com índigo, mantendo o núcleo branco.

Fonte: FIGUEIREDO e CAVALCANTE, 2010, p. 130.



Pode-se dizer que o desgaste do *jeanswear* é positivo para que o mesmo seja apreciado pelos usuários, sendo o uso e as lavagens intensivas desejáveis, não fosse pela questão do impacto ambiental gerado na manutenção do vestuário. De acordo com HU (2012), pouco tem sido estudado sobre inovações em design na fase de uso das roupas, esta considerada uma área sub explorada na moda sustentável. Tendo como foco a sustentabilidade ambiental na fase de uso/manutenção do vestuário, foi proposta a lavagem de baixo impacto, considerando os fatores de temperatura de lavagem, frequência de lavagem e quantidade de carga (HU, 2012), que devem ser reduzidos.

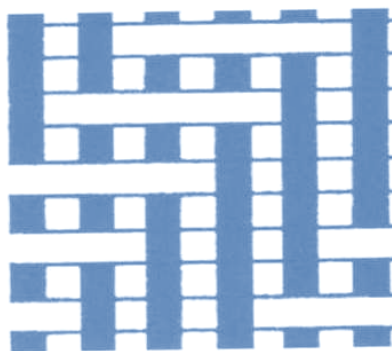
CAPÍTULO 5: AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO MECÂNICO E USO

Neste capítulo são apresentados os procedimentos experimentais e respectivos resultados quanto aos ensaios realizados, comparando a durabilidade dos têxteis e dos protótipos das calças jeans.

Sabe-se que as propriedades mecânicas de um produto têxtil dependem não só das características das fibras, mas também da estrutura do tecido (PUSTIANU *et al*, 2010). De acordo com MIAO e FINN (2008), fios em tecidos planos, como é o caso dos jeans, por serem fundamentalmente em linha reta, são beneficiados quando uma força é aplicada, pois esta é distribuída ao longo da direção dos fios. A resistência do jeans deve-se a um fator primordial, que é o ligamento do tipo sarja/denim, em que há o entrelaçamento da trama (fio de sentido horizontal) branca com um urdimento (fio de sentido vertical) tinto de índigo (FIG. 20). No ligamento em sarja, a trama pode passar por cima de dois ou de três fios de urdume, sempre formando um ângulo de 90°.

FIGURA 20 – Ligamento em sarja/denim, característico do jeans.

Fonte: JONES, 2005, p. 123.



Os tipos de jeans escolhidos para este trabalho são descritos a seguir e apresentados conforme a TAB. 06.

TABELA 06 – Relação dos produtos têxteis investigados neste trabalho.

Fonte: dados fornecidos pelos fabricantes.

| Amostra | Fibras recicladas | Fibras convencionais | Gramatura / m ² | Percentual de encolhimento |
|---------|---------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Jeans C | - | 78% CO / 22% PET | 295g | 2% na trama 2% no urdume |
| Jeans R | 80% CO / 20% PET | - | 284g | 3% na trama 3% no urdume |

O jeans CO/PET convencional (Jeans C) é composto de dois tipos de fibras, sendo 78% delas de algodão convencional e tinto de índigo, no sentido do urdume, e as demais de poliéster virgem, no sentido da trama. Já o jeans reciclado (Jeans R) se trata de um jeans composto por fios formados por 80% de fibras de algodão desfibrado reciclado e previamente tingido, juntamente a 20% de fibras de poliéster reciclado de garrafas. Neste caso, as fibras misturam-se formando um único fio, uma blenda, que é usado tanto no sentido da trama quanto do urdume.

5.1. Procedimentos de análise

Foram estabelecidos quatro tipos de ensaios físicos, destinados a verificar as propriedades físicas dos materiais quanto à durabilidade dos mesmos (QUADRO 06): resistência ao alongamento e à tração (que são realizados em um só procedimento), resistência ao rasgo e formação de *pilling*. Todos os ensaios foram realizados no laboratório têxtil do Senai Modatec, em Belo Horizonte/MG.

QUADRO 06 – Ensaio físicos de resistência mecânica quanto à durabilidade.

Fonte: autora.

| Nº | Ensaio | Sentido | Descrição | Aparelhos utilizados | Normas utilizadas | | |
|----|----------------------------|---------|---|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | Resistência ao alongamento | Trama | Capacidade que o tecido tem de suportar determinada carga antes de romper. | Máquina de ensaio de tração | ABNT NBR 11912 (2001) | | |
| | | Urdume | | | | | |
| 2 | Resistência à tração | Trama | Força necessária para romper o tecido. | | | | |
| | | Urdume | | | | | |
| 3 | Resistência ao rasgo | Trama | Força necessária para propagar um rasgo de corte único a partir de uma incisão no tecido. | | | Martindale Mathis MAD | ASTM D 2261-II (2011) |
| | | Urdume | | | | | |
| 4 | <i>Pilling</i> | — | Determina a propensão do tecido de gerar <i>pilling</i> quando submetido ao atrito. | Cabine de luz e escala de <i>pilling</i> | ISO 12945-1 (2000) | | |
| | | | | | ASTM D 3512 (2009) | | |

O primeiro procedimento, comum a todos os ensaios, foi deixar os tecidos estendidos sobre superfície plana regular, para evitar formação de vincos e deformações de dobra. Em seguida, os corpos de prova são desenhados nos tecidos, com o auxílio de um gabarito. O desenho se dá de maneira escalonada, para que cada corpo de prova tenha fios diferentes de urdume e trama (FIG. 21). Deve-se iniciar o procedimento à distância de 150mm das bordas do tecido. Caso haja partes do tecido que apresentem vincos ou defeitos, estas devem ser ignoradas.

FIGURA 21 – Escalonamento dos corpos de prova para ensaio de resistência ao alongamento e à tração.

Fonte: foto tirada pela autora.



Exceto para o ensaio de *pilling*, os demais ensaios utilizam cinco corpos de prova para cada tipo de têxtil e para cada sentido do fio (trama e urdume). Do conjunto de dados coletados do espaço amostral de cada ensaio, é tirada uma média pelo software do fabricante, sendo os dados apresentados de forma sumarizada (MONTGOMERY *et al*, 2009). Tais ensaios utilizaram o dinamômetro EMIC linha DL, com capacidade máxima de 5kN (FIG. 22) e célula de carga de 2.000N. Todos os ensaios foram realizados em condições ambiente de temperatura e umidade.

FIGURA 22 – Dinamômetro utilizado nos ensaios de resistência ao alongamento e à tração e ao rasgo.

Fonte: foto tirada pela autora.



5.1.1. Resistência ao alongamento e à tração

De acordo com a norma ABNT NBR 11912 (2001), foram determinados os corpos de prova, medindo 300mm x 60mm (FIG. 23). As laterais de maior extensão foram desfiadas em 5mm de cada lado, de modo a garantir que hajam somente fios inteiros (FIG. 24), pois é necessário que a carga aplicada ao tecido seja distribuída igualmente por todos os fios da teia ou da trama, conforme a direção em que a carga é aplicada (ARAÚJO e CASTRO, 1987).

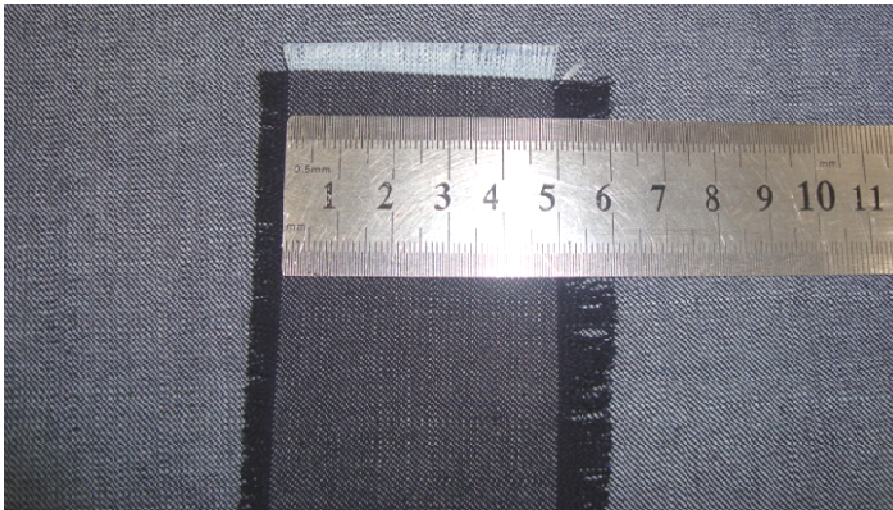
FIGURA 23 – Desenho para o corpo de prova dos ensaios de resistência ao alongamento e à tração.

Fonte: autora.



FIGURA 24 – Os corpos de prova são desfiados 5mm das laterais mais extensas.

Fonte: foto tirada pela autora.



Os corpos de prova foram agrupados por tipo de jeans e por sentido do fio. De cada grupo, os corpos foram escolhidos aleatoriamente para serem submetidos ao ensaio (FIG. 25), a uma velocidade de 300mm/min (tanto para subida, quanto para retorno).

FIGURA 25 – Corpo de prova submetido a ensaio de resistência ao alongamento e à tração.

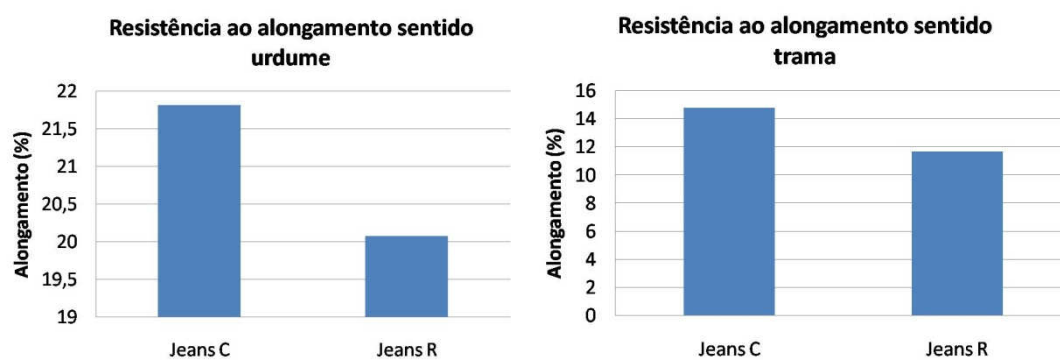
Fonte: foto tirada pela autora.



Em todos os corpos de prova dos ensaios de resistência ao alongamento e à tração, o jeans CO/PET convencional apresentou desempenho superior ao jeans reciclado, conforme demonstrado pela média dos resultados nos GRÁFICOS 02 e 03.

GRÁFICO 02 – Resistência ao alongamento (em %).

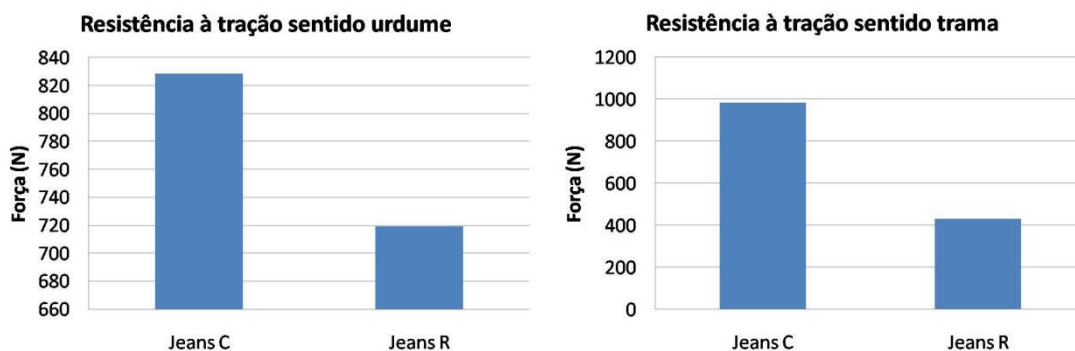
Fonte: autora.



O jeans CO/PET convencional apresentou um percentual de alongamento no sentido do urdume 7,98% superior ao jeans reciclado. Já no sentido da trama, o percentual de alongamento foi 21,18% para o jeans CO/PET convencional sobre o jeans reciclado.

GRÁFICO 03 – Resistência à tração (em N).

Fonte: autora.



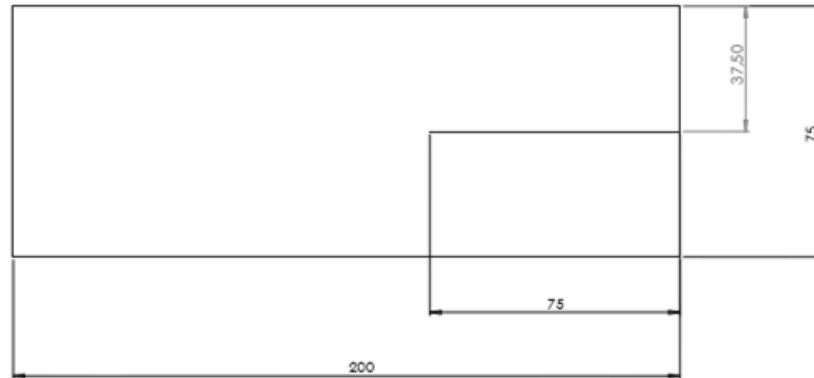
Os valores resultantes da resistência à tração mostraram que o jeans CO/PET convencional obteve um desempenho superior em 13,23% no urdume e de 56,13% no sentido da trama que em relação ao urdume e trama do jeans reciclado, respectivamente. Constata-se que, para os ensaios de resistência ao alongamento e tração, as maiores diferenças nos resultados foram para o sentido da trama do jeans CO/PET convencional, a qual é composta de 100% poliéster virgem. É importante mencionar que não existe um padrão ou limite normatizando o que é aceitável ou inaceitável para os resultados destes ensaios.

5.1.2. Resistência ao rasgo

O ensaio de resistência ao rasgo se deu conforme a norma ASTM D 2261-II (2011). Foram determinados corpos de prova de 200mm x 75mm, com um corte de profundidade de 75mm, na direção da força que o dinamômetro irá executar (FIG. 26).

FIGURA 26 – Dimensões do corpo de prova de resistência ao rasgo.

Fonte: autora.



A velocidade de subida foi de 50mm/min, e a velocidade de retorno de 300mm/min. O limite de deformação foi especificado em 60mm, ou seja, a força da resistência ao rasgo é determinada ao final de se percorrer essa distância, quando os fios do tecido dessa distância se rompem. Foi realizado o teste do tipo *tongue* (do inglês, língua), em que cada uma das duas partes separadas no corte é fixada em cada garra do dinamômetro (FIG. 27).

FIGURA 27 – Posicionamento do corpo de prova para ensaio de resistência ao rasgo.

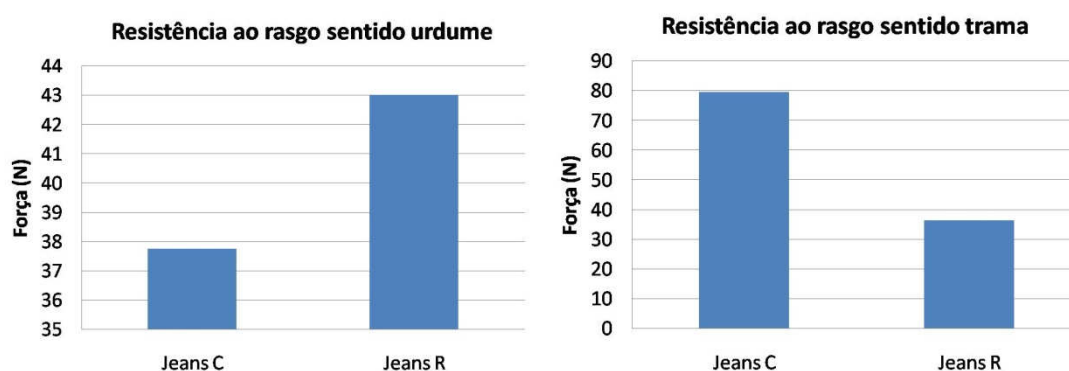
Fonte: foto tirada pela autora.



Os resultados do ensaio de resistência ao rasgo (GRÁFICO 04) demonstraram que o jeans reciclado teve um desempenho 12,21% superior ao jeans CO/PET convencional no sentido do urdume, enquanto que o jeans CO/PET convencional mostrou-se 54,38% superior ao jeans reciclado no sentido da trama.

GRÁFICO 04 – Resistência ao rasgo (em N).

Fonte: autora.



Como no ensaio de resistência ao rasgo o desempenho de cada fio é fundamental, atribui-se os valores resultantes à composição dos fios, ou seja, à qualidade e tipo das fibras que formam os fios. Observou-se então que os fios das blendas de CO/PET apresentam melhor resistência ao rasgo que fios puramente de algodão convencional, confirmando que o acréscimo de poliéster nas fibras de algodão melhora seu desempenho mecânico. Notadamente, os fios 100% poliéster da trama favoreceram a alta resistência ao rasgo nesse sentido apresentada pelo jeans convencional, o que era esperado, dado que as fibras de poliéster virgem são mais resistentes que as de poliéster reciclado e que as de algodão.

5.1.3. *Pilling*

Para o ensaio de *pilling*, foi utilizada a norma ISO 12945-1 (2000). Para cada tipo de jeans foram determinados quatro corpos de prova de 125mm x 125mm. Cada corpo foi dobrado ao meio e recebeu costura distante 12,5mm de uma das laterais (FIG. 28).

FIGURA 28 – Costura dos corpos de prova para ensaio de *pilling*.

Fonte: foto tirada pela autora.



Os corpos foram colocados, com o auxílio de uma ponteira metálica, em uma estrutura cilíndrica de polímero e tiveram suas bordas fixadas com fita adesiva. Cada grupo de corpos de prova foi alocado em um compartimento da máquina utilizada, o qual é revestido de compósito de cortiça (FIG. 29).

FIGURA 29 – Procedimentos para ensaio de *pilling*.

Fonte: fotos tiradas pela autora.



Foi utilizada máquina apropriada para ensaio de *pilling*, Martindale Mathis MAD (FIG. 30), na qual os compartimentos cúbicos maiores rotacionam uma volta completa por segundo (equivalente a 01 ciclo).

FIGURA 30 – Equipamento para ensaio de *pilling*.






Fonte: foto tirada pela autora.



Ainda conforme a norma ISO 12945-1 (2000), os corpos de prova foram rotacionados durante 10 horas (equivalente a 36.000 ciclos), sofrendo abrasão tanto do contato com o compósito de cortiça quanto do contato com o jeans dos próprios corpos de prova.

Os resultados foram avaliados, a olho nu, conforme a escala de *pilling* da norma ASTM D 3512 (2009) (FIG. 31).

FIGURA 31 – Escala de *pilling* da norma ASTM D 3512 (2009).

| Grau | Classificação | Imagem de referência |
|------|-----------------------------|--|
| 5 | Nenhum <i>pilling</i> |  |
| 4 | <i>Pilling</i> leve |  |
| 3 | <i>Pilling</i> moderado |  |
| 2 | <i>Pilling</i> severo |  |
| 1 | <i>Pilling</i> muito severo |  |

Foi usada uma cabine de luz (FIG. 32), para melhor observar os resultados obtidos.

FIGURA 32 – Avaliação do grau de *pilling*.

Fonte: foto tirada pela autora.



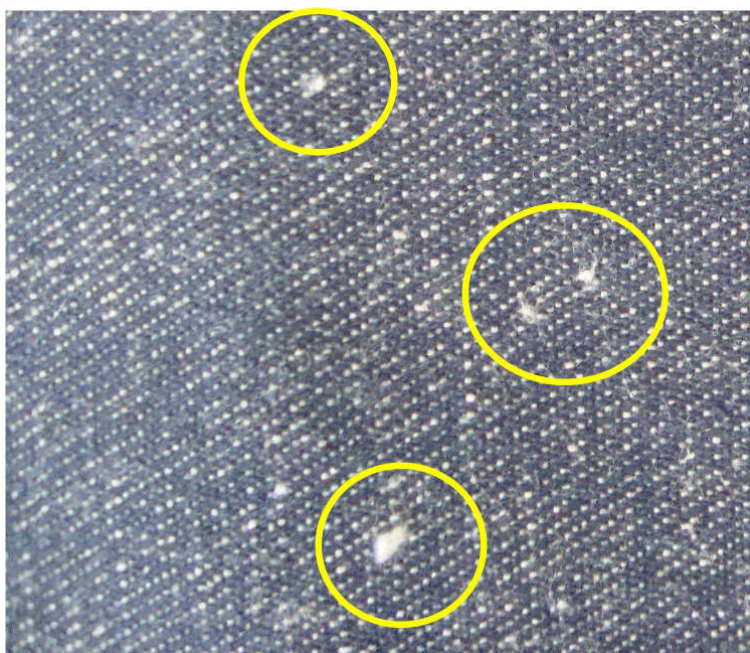
Os resultados obtidos no ensaio de *pilling* mostraram que o jeans CO/PET convencional apresentou grau 5, que indica que não houve alteração na superfície da amostra. Já o jeans reciclado apresentou grau 2, que corresponde a *pilling* severo. Essa diferença é explicada pelo fato do jeans CO/PET convencional receber beneficiamentos como a chamuscagem e a merceirização, que reduzem a propensão a formar *pills*, ao contrário do jeans reciclado, que não recebe beneficiamentos.

Também neste ensaio, os tipos e qualidade das fibras são relevantes. No jeans reciclado, o fio blendado de PET/CO, por ter comprimentos diferentes de fibras, não favorece que as mesmas se desprendam facilmente do tecido e evitem a formação de *pilling* – ao contrário do jeans convencional com fibras curtas de algodão que, mesmo sem acabamento de merceirização, não é um tecido reconhecido por formar *pilling*, já que as fibras tendem a se soltar do tecido sem emaranhamento.

É importante ainda mencionar que o jeans reciclado, antes de ser submetido ao ensaio de *pilling*, já apresentava um “efeito” no fio que pode ser interpretado como um “defeito que é valorizado (e comercializado) como efeito” (FIG. 33). Possivelmente, tais efeitos, formados por fibras emaranhadas na superfície do tecido, favoreceram o grau severo de formação de *pilling* durante o ensaio.

FIGURA 33 – Efeitos do jeans reciclado *in natura*, antes de ser submetido ao ensaio de *pilling*.

Fonte: autora.



5.2. Desenvolvimento dos protótipos das calças jeans

De acordo com BAXTER (2000), o protótipo geralmente é construído com os mesmos materiais do produto final e tem os mecanismos necessários que o fazem funcionar. Dessa forma, são usados nos testes funcionais de avaliação do produto. Contudo, os protótipos só devem ser construídos ao se esgotarem as demais fontes de informação. Após terem sido realizados os ensaios de resistência mecânica dos jeans e obtidos os dados quanto à durabilidade dos materiais *in natura*, foram desenvolvidos dois protótipos de calças, cada um com um dos tipos de jeans analisados, com o objetivo de obter dados sobre o desgaste sofrido pelo uso e lavagem domésticos e consecutivos, ou seja, obter dados sobre os materiais usados.

Embora não tenham sido encontrados estudos sobre a duração do ciclo de uso de vestuário no Brasil, uma pesquisa na Noruega mostra que as peças de roupa são usadas 44 vezes durante sua vida útil e são lavadas 25 vezes pelas mulheres norueguesas. O tempo de vida médio das roupas é de sete anos, incluindo o tempo em que as mesmas ficam estocadas no guarda-roupa sem uso (LAITALA e BOKS, 2012). Para uma ACV de uma blusa de poliéster, foi determinado que a mesma, durante sua vida útil, seria usada

40 vezes e lavada 20 vezes (SMITH e BARKER, 1995). Em geral, estima-se que um vestuário típico só é secado e lavado por volta de 20 vezes durante sua vida (HU, 2012). Baseando-se nesses estudos, bem como considerando a finalidade de uso casual e intenso do jeans no contexto brasileiro, foram estabelecidos para este trabalho o número de 30 dias de uso e a quantidade de 30 lavagens para cada tipo de calça, em um período intensivo de 60 dias.

Inicialmente, os tecidos ficaram de molho em água durante 24 horas. Essa prática é necessária para que possíveis substâncias, tais como gomas e tintas, se desprendam do tecido, tornando-o mais maleável, além de permitir que o tecido sofra encolhimento. Em seguida, foi determinado o tamanho para confecção da calça, como sendo o 40 que, assim como o 42, é padrão em protótipos para empresas de moda vestuário que trabalham com grade numérica (assim como o P ou M são padrão em empresas que usam esse tipo de graduação). Como configuração da calça, foi utilizado um modelo básico, *slim* (cujo ajuste às pernas fica entre o apertado modelo *skinny* e a calça reta) de uma calça jeans produzida por uma grande empresa brasileira especializada em vestuário casual e popular. Dado que o protótipo deve ter o mínimo grau de complexidade e sofisticação, o necessário apenas para se obter a resposta que procura (BAXTER, 2000), os bolsos frontais foram retirados no novo modelo para facilitar a confecção.

Depois de tirado o molde em papel e cortado o jeans CO/PET convencional, foi alinhavado o primeiro protótipo para a etapa de prova de roupa, na qual são feitos ajustes ao corpo do usuário cujas medidas do manequim correspondem às dos protótipos. Foram feitos ajustes nos joelhos e nos quadris, subtraindo medidas na largura – os ajustes nessas localidades do corpo são comuns quando se copia uma roupa já usada, pois as roupas estão principalmente sob tensão nessas partes (OZDIL, 2008), ocasionando o estiramento do tecido em tais regiões. Com base no molde resultante dos novos ajustes, foi feita a calça de jeans reciclado (FIG. 34). As calças foram costuradas em uma máquina reta industrial e em uma máquina *overlock*. Foi observado que o jeans reciclado se mostrou mais maleável que o jeans CO/PET convencional ao ser costurado.

FIGURA 34 – Protótipo da calça em jeans reciclado, modelo *slim*, sem bolsos frontais.

Fonte: fotos tiradas pela autora.



5.3. Avaliação do uso dos protótipos

De acordo com CALLISTER (2002), a facilidade de lavar e conservar os tecidos, cujas fibras são poliméricas, depende de as fibras exibirem estabilidade química a uma variedade considerável de ambientes, incluindo também ácidos, bases, alvejantes, solventes de lavagem a seco e à luz do sol. Além disso, elas devem ser relativamente não-inflamáveis e suscetíveis à secagem. Considerando o código de cuidados para têxteis usando símbolos, conforme a ABNT NBR ISO 3758 (2006), as empresas fornecedoras esclarecem que os materiais requerem diversos cuidados de modo que os mesmos tenham o maior ciclo de uso possível. Tais cuidados e símbolos foram sumarizados em critérios para os materiais em questão conforme TAB. 07. Nota-se que o jeans reciclado exige cuidados mais restritos que em relação ao jeans CO/PET convencional. Apesar dessas diferenças, no que concerne aos cuidados durante o teste de uso, as calças receberam o mesmo tratamento, tendo sido lavadas à mão em temperatura de lavagem ambiente, secadas à sombra e passadas com ferro seco, em dias alternados.

TABELA 07 – Critérios de cuidados dos materiais para que tenham maior ciclo de uso.

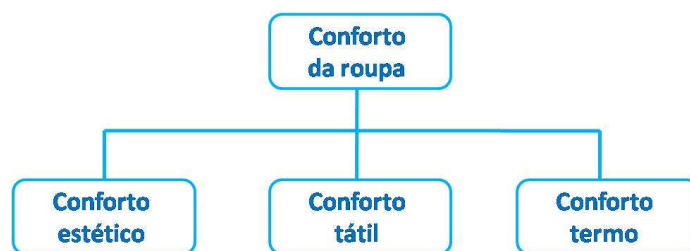
Fonte: dados fornecidos pelos fabricantes.

| Critério | Jeans C | Jeans R |
|--|--|---|
| Temperatura de lavagem | Até 60° C | Até 40° C |
| Tipo de ferro para passar | Normal | A vapor |
| Temperatura máxima para passar a ferro | Até 150° C | Até 110° C |
| Secagem | Permitida secadora à temperatura máxima de 65° C | Não deve ser secado em tambor. Deve ser secado na sombra. |
| Lavagem com produtos que contenham cloro (alvejamento) | Não permite | Não permite |
| Lavagem a seco | Permite | Não permite |
| Tipo de processo de limpeza a úmido profissional | Normal | Suave |

Segundo CHATTOPADHYAY (2008), tanto os aspectos funcionais quanto os aspectos estéticos são importantes. Enquanto aqueles podem ser mensurados por parâmetros objetivos, estes se relacionam com critérios subjetivos, baseando-se no julgamento dos sentidos do corpo humano. BAXTER (2000) afirma que ao se examinar a interface homem-produto em detalhe, pode-se descobrir que ela geralmente é complexa, além de pouco compreendida, até mesmo nos casos mais simples. A análise de uma tarefa, como usar calças jeans, explora as interações entre o produto e seu usuário através de observações e análises. Conforme VIVEKANADAN *et al* (2011), a interação entre roupas e o corpo humano estimula sensações mecânicas, visuais e térmicas. IIDA (2005) define sensação como o processo biológico de captação de energia ambiental, isto é, a energia é captada por células nervosas e convertida em um impulso eletroquímico. Tais sensações conduzem a uma percepção de conforto ao usar a roupa. A percepção, por sua vez, é definida como o resultado do processamento do estímulo sensorial, dando-lhe um significado (IIDA, 2005). Desse modo, avaliar a usabilidade dos protótipos das calças jeans depende da percepção de conforto resultante do uso. O conforto das roupas pode ser compreendido como um fenômeno de múltiplos critérios que requerem satisfação simultânea dos mesmos (PORAV e DOBLE, 2010). Por definição, o conforto das roupas é um estado agradável resultante da harmonia entre o fisiológico, o psicológico e físico (VIVEKANADAN *et al*, 2011). PORAV e DOBLE (2010) classificam o conforto das roupas em três categorias: a) conforto estético, b) conforto termo-fisiológico, c) conforto tátil (FIG. 35).

FIGURA 35 – Classificação do conforto das roupas.

Adaptado de PORAV e DOBLE (2010).



Com base nessa classificação, foram considerados como parâmetro de usabilidade para avaliar os protótipos: a percepção visual e a percepção tátil. Ressalta-se que o fator termo-fisiológico não tem peso para esta avaliação, uma vez que ambos os jeans possuem praticamente a mesma composição de fibras de algodão e poliéster. BERTINI (2003) analisou a transferência térmica de três produtos têxteis de acordo com sua composição: 1) 100% algodão, 2) 67% algodão e 33% poliéster, 3) 33% algodão e 67% poliéster. Nos quesitos permeabilidade ao vapor d'água e isolamento térmico, por exemplo, os tecidos 100% algodão apresentaram melhor desempenho em relação aos demais. De fato, a composição equivalente dos jeans estudados implica em um conforto termo-fisiológico semelhante para ambos.

No que concerne ao conforto tátil, PORAV e DOBLE (2010) afirmam que o mesmo está relacionado à interação mecânica entre o material da roupa e o corpo humano, o que é uma performance essencial e intrínseca, requerida nas roupas. Logo, o conforto tátil relaciona-se com a superfície do tecido e propriedades mecânicas. Ao final do período estabelecido para o teste de uso, observou-se que a calça de jeans reciclado apresentou um estiramento superior que a calça de jeans CO/PET convencional, o qual praticamente não apresentou deformação. Este resultado condiz com os resultados dos ensaios de resistência ao alongamento e à tração.

O conforto estético, por sua vez, baseia-se principalmente em percepções subjetivas e tendências de moda que influenciam as preferências dos consumidores. Ele inclui critérios como tamanho, forma, cor, brilho, estilo, estar de acordo com tendências de moda, etc. (PORAV e DOBLE, 2010). O aspecto visual do jeans das calças após o uso demonstrou diferenças consideráveis que influenciam no conforto estético. A FIG. 36 mostra os jeans antes de serem confeccionados, já a FIG. 37 apresenta o aspecto visual dos jeans depois de usados e lavados durante 30 dias cada.

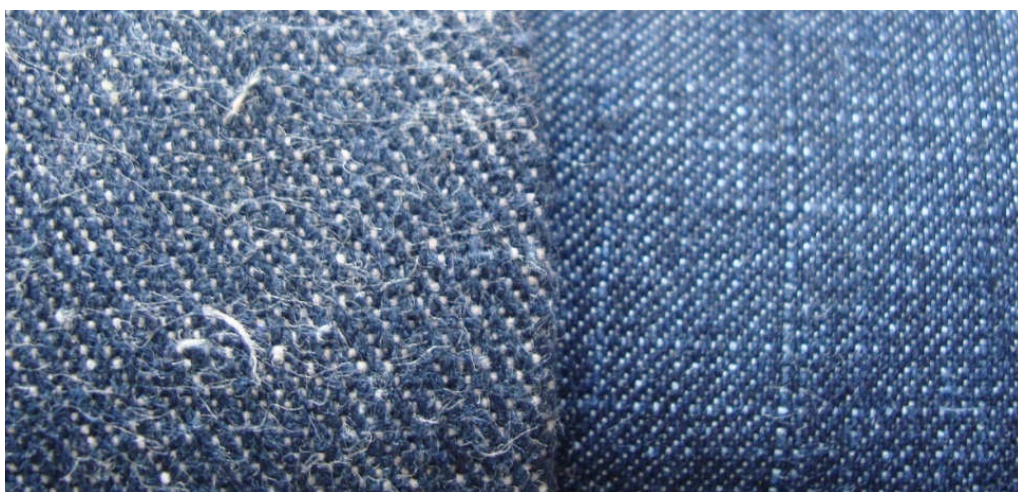
FIGURA 36 – Jeans reciclado (à esq.) e jeans convencional (à dir.) antes de serem confeccionados.

Fonte: foto tirada pela autora.



FIGURA 37 – Jeans reciclado (à esq.) e jeans convencional (à dir.) após teste de uso.

Fonte: foto tirada pela autora.



Comparando uma figura com a outra, é possível observar que o jeans reciclado apresentou um aspecto “aveludado”, em função das fibras que se desprenderam no tecido ao final do teste de uso. Em consonância com os resultados do ensaio de *pilling*, a calça de jeans CO/PET convencional não apresentou emaranhamento das fibras visível a olho nu. Já a calça de jeans reciclado, apresentou a formação de *pilling* (principalmente na região do entre pernas), embora não se possa afirmar de qual grau sem submeter os tecidos ao ensaio propriamente. O resultado é, portanto, desfavorável ao conforto

estético do jeans reciclado, pois a formação de *pilling* não é uma característica apreciada em roupas.

Em suma, a avaliação do uso dos protótipos indica que ambos, por terem a mesma composição, apresentam conforto termo-fisiológico semelhante. Nos demais parâmetros apresentados, pode-se dizer que o jeans CO/PET convencional apresenta maior conforto tátil e conforto estético que o jeans reciclado, sendo preferível do ponto de vista do usuário. Ademais, as informações fornecidas pelos fabricantes permitiram constatar que o jeans CO/PET convencional comporta maior amplitude de formas de lavar, passar e secar – ao contrário do jeans reciclado. Por outro lado, as restrições de temperatura e lavagem associadas à manutenção do jeans reciclado favorecem que o impacto ambiental na fase de uso possa ser inferior que o gerado pelo jeans convencional. Todavia os mesmos cuidados de manutenção destinados ao jeans reciclado podem ser dados também ao jeans CO/PET convencional, reduzindo assim seu impacto ambiental na fase de manutenção do produto. De uma maneira geral, embora o jeans reciclado esteja associado à redução do impacto ambiental nas fases de pré-produção, produção têxtil, uso e manutenção, o mesmo apresenta menor durabilidade e conforto que em relação ao jeans CO/PET convencional.

CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO

Neste trabalho buscou-se estudar a possibilidade de substituição do jeans CO/PET convencional para fins de redução de impacto ambiental. Para tanto, o mesmo foi comparado com o jeans reciclado, quanto à produção têxtil mais limpa, ao impacto das fibras e à durabilidade dos tecidos. A partir disso, foi possível especificar as vantagens e desvantagens dos jeans analisados, das quais muitas já foram apresentadas e discutidas previamente no texto. Neste capítulo são feitas as complementações destes resultados e demais conclusões a respeito do tema do trabalho. Também são citadas recomendações para trabalhos futuros, baseando-se nas oportunidades de estudo identificadas no presente trabalho.

A comparação da produção do jeans CO/PET convencional versus o jeans reciclado, identificando os fluxos produtivos e materiais associados, permitiu uma avaliação qualitativa quanto às boas práticas de produção mais limpa. Além disso, foi possível estimar a quantidade de água empregada nos processos de produção dos jeans. Essa avaliação demonstrou que a produção do jeans reciclado, embora não associada a mecanismos de certificação ambiental (como é o caso do jeans CO/PET convencional), apresenta menor quantidade de processos e de materiais, sendo mais ecoeficiente que a produção do jeans CO/PET convencional.

Como constatado na literatura, não existem estudos sobre o impacto ambiental das blendas CO/PET recicladas, mas sim sobre o desempenho mecânico das blendas de CO/PET convencionais. Logo, a comparação do impacto ambiental das fibras dos jeans fundamentou-se em uma avaliação semi-quantitativa das entradas e saídas das mesmas, como água, energia, emissões de CO₂, fertilizantes e pesticidas. Essa comparação infere que os materiais do jeans reciclado implicam em menor impacto ambiental que os materiais do jeans CO/PET convencional.

Ao realizar os ensaios de resistência mecânica foi possível avaliar quantitativamente a durabilidade dos jeans. Os comportamentos de resistência à tração e ao alongamento, resistência ao rasgo e *pilling* foram investigados igualmente para ambos os jeans. O jeans CO/PET convencional mostrou melhores resultados, que indicam maior durabilidade, que em relação ao jeans reciclado. Nos ensaios de resistência ao alongamento e tração, confirmou-se a resistência superior de materiais convencionais em relação aos materiais reciclados. No ensaio de resistência ao rasgo, foi

observado que o acréscimo de fibras de poliéster reciclado às de algodão desfibrado configura um material com maior resistência que às fibras de algodão convencional somente. Já o teste de uso permitiu uma avaliação de aspectos visuais e de estiramento dos protótipos, confirmando a durabilidade e conforto superiores do jeans CO/PET convencional em comparação do jeans reciclado.

Conclui-se que em relação ao jeans CO/PET convencional, a principal vantagem do jeans reciclado é a redução do impacto ambiental na extração de matérias-primas (fibras) e na pré-manufatura (fios e tecido). Considerando as demais macro etapas do ciclo de vida de um produto, a manufatura (confeção de *jeanswear*) e a forma de distribuição (majoritariamente transporte rodoviário) são comuns aos dois tipos de jeans, pois estão inseridos na mesma dinâmica de produção e distribuição da cadeia TC. Já as etapas de uso e de descarte dependem mais do usuário/consumidor, seu posicionamento em relação ao consumismo de produtos de moda e sua educação ambiental – afinal não existem mecanismos de retorno/reciclagem/reuso dos produtos propostos pelos próprios fabricantes (confeccionistas) de *jeanswear*. Também cabe ao usuário reduzir o impacto ambiental na manutenção do vestuário, otimizando a lavagem e secagem, além dele mesmo ser responsável pelo pós-uso, como a reciclagem de seus jeans.

Pode-se dizer que a reciclagem de produtos de moda é um mecanismo paliativo ao consumismo inerente do próprio sistema da moda. Conforme demonstra o cenário hipertecnológico, o objetivo da reciclagem na área de moda é reduzir o impacto ambiental, mas sem contestar o paradigma do consumo de novidades e da obsolescência programada. Ao constatar que o jeans reciclado apresentou requisitos de durabilidade inferiores aos do jeans CO/PET convencional, indica-se o emprego do reciclado em um cenário de moda rápida e hipertecnológico – desde que conjuntamente associado a beneficiamentos de lavanderia que valorizem o material, no que tange ao acabamento e à valorização estética do jeans. Uma vez que a durabilidade não é o requisito principal na moda rápida, o jeans reciclado é adequado para este cenário porque minimiza o impacto ambiental, pois a reciclagem permite que se utilizem os mesmos materiais em um maior número de produtos.

Em contrapartida, a reciclagem, enquanto diferencial e valor de um produto de moda, pode funcionar como um vetor para a tomada de consciência ambiental por parte dos consumidores, sensibilizando-os para um consumo mais harmônico com a natureza, característico do cenário de moda lenta e hipercultural. O jeans CO/PET convencional,

por sua vez, devido aos seus aspectos superiores de resistência mecânica e conforto, é mais adequado para a moda lenta, sendo ideal em formas clássicas e um dito estilo básico/atemporal. Assim, a durabilidade do jeans é estendida não somente devido às qualidades superiores do material, como também pela adequação das formas a um cenário de moda mais duradoura.

A mudança de paradigma de produção, consumo e uso de *jeanswear* pode ser determinada na etapa de projeto, sendo um desafio conceitual para designers. Um exemplo de mudança fundamentada no cenário hipertecnológico é a possibilidade de desenvolvimento de jeans com função *easy care*, ou seja, de cuidado fácil, que requerem efetivamente pouca manutenção e, por consequência, menor consumo de água e energia – como é o caso de tecidos que recebem um revestimento especial na superfície, podendo resistir ao suor, aos microorganismos, dentre outras qualidades. O próprio jeans reciclado, ao receber um acabamento especial, pode se tornar mais resistente, evitando a formação de *pilling* e, assim, tornar-se mais competitivo com o jeans convencional. Uma possibilidade de mudança, válida para ambos os cenários de moda e sustentabilidade, é estender o ciclo de uso do *jeanswear*, porém desvinculado de um respectivo aumento da manutenção (e conseqüente consumo de água e energia) do mesmo – a exemplo da proposta da empresa Nudie, inicialmente citada no trabalho. Finalmente, pode-se dizer que o jeans ambientalmente sustentável seria aquele em que as conseqüências ambientais negativas das etapas do ciclo de vida são inferiores às do jeans convencional, garantindo a maior durabilidade do *jeanswear*.

Como sugestões de trabalhos futuros, é proposta a aplicação dos procedimentos deste trabalho para outros tipos de jeans considerados ambientalmente sustentáveis, como compostos com demais materiais ecológicos (ex. algodão orgânico, sorgo sacarino), bem como aos jeans submetidos a outros processos de manufatura fundamentados na produção têxtil mais limpa (ex. redução de tingimento de índigo). Também podem ser ampliadas as comparações entre o jeans CO/PET convencional e o jeans reciclado estudados neste trabalho para demais ensaios, como alteração de cor, solidez da cor ao atrito e à luz, esgarçamento na costura, dentre outros. São também oportunas pesquisas correlatas a esta, como analisar as propriedades mecânicas do fio misturado de PET/CO reciclados; realizar a ACV das fibras de poliéster e algodão reciclados; e estudar o comportamento dos tecidos e/ou protótipos após receberem os principais beneficiamentos de lavanderia destinados à valorização do *jeanswear*.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 11912. *Materiais têxteis – Determinação da resistência à tração e alongamento de tecidos planos (tira)*, 2001, 3 p.

ABIT. *Produção de jeans e denim*. Disponível em: <http://www.abit.org.br/site/navegacao.asp?id_menu=8&id_sub=25&idioma=PT> Acesso em: 26 mai. 2012.

_____. *Dados de denim e calça jeans*. Disponível em: <http://www.abit.org.br/site/navegacao.asp?id_menu=8&id_sub=25&idioma=PT> Acesso em: 26 mai. 2012.

ABRAVEST. *Dados do mercado interno*. Disponível em: <<http://www.abraves.org.br/?p=show&cat>> Acesso: em 26 mai. 2012.

ABREU, M. C. S. et al. *Perfis estratégicos de conduta social e ambiental: estudos na indústria têxtil nordestina*. Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 15, n. 1, jan./abr. 2008, p. 159-172.

AMIN, R., HAQUE, M. *Effect of weave structure on fabric properties*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Textiles – Leatherwork, v. 7, n. 2, 2011, p. 161-166.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. *Manual de engenharia têxtil*. V. 1. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1984, 694 p.

_____. *Manual de engenharia têxtil*. V. 2. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1984, p. 695-1648.

ASTM D 2261. *Standard test method for tearing strength of fabrics by the tongue (single rip) procedure (constant-rate-of-extension tensile test machine)*, 2011, 7p.

ASTM D 3512. *Random tumble pilling test method*, 2009, 1p.

BARBU, I., BUCEVSCHI, A. *Study on the influence the participation rate of polyester fibers on the characteristics of the yarn from a binary blend*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Textiles – Leatherwork, v. 8, n. 1, 2011, p. 51-56.

BAUDRILLARD, J. *A Sociedade de Consumo*. Edições 70, Lisboa, 1995, 213 p.

BAXTER, M. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. Blucher, São Paulo, 2000, 260 p.

BEAMON, B. M. *Designing the green supply chain*. Logistics Information Management, v. 12, 1999, p. 332-342.

- BERTINI, J. *Medição do conforto: o bom desempenho das mesclas poliéster/algodão*. Rhodia-ster/M&G, ano 10, n. 32, set. 2003, p. 4.
- BILISIK, K., YOLACAN, G. *Tensile and tearing properties of newly developed structural denim fabrics after abrasion*. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, v. 19, n. 5(88), 2011, p. 54-59.
- BOVEA, M. D., PÉREZ-BELIS, V. *A taxonomy of ecodesign tools for intergrating environmental requirements into the product design process*. *Journal of Cleaner Production*, v. 20, 2012, p. 61-71.
- BOTA, S., RATIU, M. *Eco-textiles*. In *Annals of The International Scientific Symposium Innovative Solutions for Sustainable Development of Textiles Industry*. Faculty of Textiles and Leatherwork, University of Oradea, Romania, 2008, p. 424-427.
- BRIK, M, *et al. Advanced treatment of textile wastewater towards reuse using a membrane bioreactor*. *Process Biochemistry Journal*, v. 41, 2006, p. 1751-1757.
- BRZEZINSKI, S. *et al. Nanocoat finishing of polyester/cotton fabrics by the sol-gel method to improve their wear resistance*. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, v. 19, n. 6 (89), 2011, p. 83-88.
- BURDEK, B. E. *História, teoria e prática do design de produtos*. Edgard Blucher, São Paulo, 2006, 496 p.
- CALLISTER, W. D. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. LTC, Rio de Janeiro, 2002, 359 p.
- CAN, Y. *Pilling performance and abrasion characteristics of plain-weave fabrics made from open-end and ring spun yarns*. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, v. 16, n. 1 (66), jan./mar. 2008, p. 81-84.
- _____ *et al. Effect of wrinkle resistance finish on cotton fabric properties*. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, v. 34, jun. 2009, p. 183-186.
- CATOIRA, L. *Jeans, a roupa que transcende a moda*. Idéias & Letras, Aparecida-SP, 2006, 131 p.
- CHANG, Y., CHEN, H., FRANCIS, S. *Market applications for recycled postconsumer fibers*. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, v. 27, n. 3, 1999, p. 320-340.
- CHATTOPADHYAY, R. *Design of apparel fabrics: role of fibre, yarn and fabric parameters on its functional attributes*. *Journal of Textile Engineering*, v. 54, n. 6, 2008, p. 19-190.
- CLARCK, G.; KOSORIS, J.; HONG, L.; CRUL, M. *Design for sustainability: current trends in sustainable product design and development*. Sustainability, Paris, ano 1, 2009, p. 409-424.
- COBRA, M. *Marketing e moda*. Editora Senac São Paulo; Cobra Editora e marketing, São Paulo, 2007, 263 p.

COMAN, D., VRÎNCEANU, N., NEAGU, I. *Eco-efficiency in the textile manufacturing activity by apposition environmental management*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Textiles – Leatherwork, v. 7, n. 1, 2011, p. 62-65.

COOK, J. G. *Handbook of textiles. I. Natural fibres*. Merrow Technical Library, Great Britain, 1984, 208 p.

_____. *Handbook of textiles. II. Man-made fibres*. Merrow Technical Library, Great Britain, 1984, 723 p.

COTTON FROM BLUE TO GREEN. Disponível em <<http://www.cottonfrombluetogreen.org>> Acesso em: 24 mai. 2012.

COSTA, S.; BERMAN, D.; HABIB, R. L. *150 Anos da Indústria Têxtil Brasileira*. Senai-Cetiq/Texto&Arte, Rio de Janeiro, 2000, 185 p.

CRIGHTON, K. N. *Unbleached denim finds new life in "blue jean" paper products*. Tappi Journal, v. 76, n. 12, 1993, p. 41-42.

DA COSTA, A. C. R., DA ROCHA, E. R. P. *Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação*. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/Set2905.pdf> Acesso em: 22 mar. 2012.

DA SILVA, J. G. *Estudo comparativo entre filamentos contínuos de PES e PET reciclado considerando o comportamento dos corantes dispersos no tingimento em processos por esgotamento*. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Industrial Têxtil. Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil, Faculdade Senai-Cetiq, Rio de Janeiro, 2010, 77 p.

DA SILVA, O. R. R. F. *et al. Impacto do beneficiamento sobre o número de neps e quantidade de impurezas da fibra de algodão*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 1, 2010, p. 107-112.

DESIMONE, L. D., POPOFF, F. *Eco-efficiency: the business link to sustainable development*. MIT Press, 2ª edição, Cambridge, Massachusetts, 1998, 280 p.

DIOR, C. *O pequeno dicionário de moda*. Martins, São Paulo, 2009, 136 p.

ELLE BRASIL. *Desfile TNG inverno 2012 Fashion Rio*. Disponível em: <<http://elle.abril.com.br/desfiles/fashion-rio/fashion-rio-inverno-2012/tng-inverno-2012-fashion-rio/#image=4f3cdd07b6a4432ff7000426>> Acesso em: 16 abr. 2013.

ESTEVES, M. F., FONTE, A. P., FERNANDES, F. M. *Comparative study on pilling resistance standard methods*. World Textile Conference – 4th AUTEX Conference, Roubaix, jun. 2004, 2 p.

FIGUEIREDO, G. C., CAVALCANTE, A. L. B. L. *Calça jeans – produtividade e possibilidades sustentáveis*. Revista Projética, v. 1, n. 1, dez. 2010, p. 128-145.

FLETCHER, K. *Sustainable fashion and textiles: design journeys*. Earthscan, Londres e Washington DC, 2008, 239 p.

_____, GROSE, L. *Moda & sustentabilidade: design para mudança*. Editora Senac São Paulo, São Paulo, 2011, 192 p.

GIROLETTI, D. *Fábrica convento disciplina*. Imprensa Oficial, Belo Horizonte, 1991, 274 p.

GROENE, A.; HERMAS, M. *Economic and other implications of integrated chain management: a case study*. Journal of Cleaner Production, v. 6, 1998, p. 199-211.

HU, Y. *A study of the sustainable fashion design in the process of use*. International Journal of Arts and Commerce, v. 1, n. 4, 2012, p. 54-59.

HEISKANEM, E. *The institutional logic of life cycle thinking*. Journal of Cleaner Production, v. 10, n. 5, 2002, p. 427-437.

HUMMEL, J. *Integrating economy and ecology: eco-textiles on the way from a niche market to a mass market*. GATE: technology and development, n. 1, jan./mar. 1997, p. 35-41.

HUSSAIN, T., MALIK, Z. A., TANWARI, A. *Prediction of tensile strength of polyester/cotton blended woven fabrics*. Indian Journal of Fibre & Textile Research, v. 35, set. 2010, p. 243-249.

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. Edgard Blücher, São Paulo, 2005, 614 p.

ISO 12945-1. *Textiles – Determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling*, 2000, 11p.

JASINSKA, I. *Assessment of a fabric surface after the pilling process based on image analysis*. Fibres & Textiles in Eastern Europe, v. 17, n. 2(73), 2009, p. 55-58.

JOHN, V. M.; ZORDAN, S. E. *Research & development methodology for recycling residues as building materials*. Waste Management, v. 21, 2001, p. 213-219.

JONES, S. J. *Fashion design – manual do estilista*. Cosac Naify, São Paulo, 2005, 240 p.

KAEBERNICK, H., KARA, S., SUN, M. *Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements*. Robotics and Computer Integrated Manufacturing Journal, v. 19, 2003, p. 461-468.

KALLIALA, E. M., NOUSIAINEN, P. *Life cycle assessment: environmental profile of cotton and polyester-cotton fabrics*. Research Journal, v. 1, n. 1, 1999, 13 p.

KAZAZIAN, T. *Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável*. Editora SENAC, São Paulo, 2005, 194 p.

KNIGHT, P., JENKINS, J. *Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective*. Journal of Cleaner Production, v. 17, 2009, p. 549-558.

LAITALA, K.; BOKS, C. *Sustainable clothing design: use matters*. Journal Design Research, v. 10, n. 1-2, 2012, p. 121-139.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e projetos científicos*. Atlas, São Paulo, 2008, 225 p.

LEÃO, M. D. et al. *Controle ambiental na indústria têxtil: acabamento de malhas*. Projeto Minas Ambiente, Belo Horizonte, 2002, 356 p.

LEE, M. *Eco chic: o guia de moda ética para a consumidora consciente*. Larousse do Brasil, São Paulo, 2009, 224 p.

LEITE, P. R. *Logística reversa: meio ambiente e competitividade*. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2009, 240 p.

LEONARD, A. *A história das coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos*. Rio de Janeiro, Zahar, 2011, 302 p.

LEVI'S. *Calça jeans 501 original*. Disponível em: <<http://www.levi.com.br/brasil/501-original-p-4993.aspx>> Acesso em: 16 abr. 2013.

LIPOVETSKY, G. *O império do efêmero*. Companhia das Letras, São Paulo, 2009, 352 p.

LOHRASBI, F., GHAHI, J. M., YAZDANSHENAS, M. E. *Influence of weave type and weft density on worsted fabric pilling*. Fibres & Textiles in Eastern Europe, v. 19, n. 5(88), 2011, p. 64-69.

LOVELOCK, J. *Gaia: alerta final*. Intrínseca, Rio de Janeiro, 2010, 264 p.

LÚCIDO, G. L. A. *A educação ambiental na área têxtil*. Revista Associação Brasileira de Técnicos Têxteis, São Paulo, v. 4, 2003, p. 18-19.

MAGNAGO, P. F.; DE AGUIAR, J. P.; DE PAULA, I. C. *Sustentabilidade em desenvolvimento de produtos: uma proposta para a classificação de abordagens*. Revista Produção Online, Florianópolis, v. 12, n. 2, 2012, p. 351-376.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis*. EdUSP, São Paulo, 2005, 368 p.

MARTINS, G. B. H. *Práticas limpas aplicadas às indústrias têxteis de Santa Catarina*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, UFSC, 1997. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta97/geruza/index.html>> Acesso em: 12 out. 2012.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M.; ANASTA, P.; ZIMMERMAN, J. *Applying the principles of green engineering to cradle-to-cradle*. American Chemical Society, Nova York, 2003, p. 434-441.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. North Point Press, Nova York, 2002, 208 p.

MCQUAID, M. *Extreme textiles: designing for high performance*. Princeton Architectural Press, Princeton, 2005, 224 p.

MEDEIROS, D. D. *et al. Aplicação da produção mais limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua*. Produção, v. 17, n. 1, jan./abr. 2007, p. 109-128.

MEKSI, N.; TICHA, M. B.; KECHIDA, M.; MHENNI, M. F. *Using of eco-friendly α -hydroxycarbonyls as reducing agents to replace sodium dithionite in indigo dyeing process*. Journal of Cleaner Production, v. 24, 2012, p. 149-158.

MIAO, M., FINN, N. *Conversion of natural fibres into structural composites*. Journal of Textile Engineering, v. 54, n. 6, 2008, p. 165-177.

MOISECU, E., CRETU, V., MACOVEI, L. *The importance of ecological feature for the quality of clothing products*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Textiles – Leatherwork, v. I, n. 1, 2010, p. 102-107.

MONTGOMERY, D. C. *et al. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. Rio de Janeiro, LTC, 2009, 514 p.

MOURA, T. N. *et al. A intervenção da produção mais limpa nas indústrias têxteis do município de Jardim de Piranhas*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, 2005, 12 p.

NAVEIRO, R. M. *Engenharia do produto*. In: BATALHA, M. O. (org). *Introdução à engenharia de produção*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2008, 312 p.

NUDIE JEANS. *Wearing and washing your dry denims*. Disponível em: <<http://www.nudiejeans.com/dry-denim-br-wearing-and-washing/>> Acesso em: 27 mai. 2012.

OMEROGLU, S., ULKU, S. *An investigation about tensile strenght, pilling and abrasion properties of woven fabrics made from conventional and compact ring-spun yarns*. Fibres & Textiles in Eastern Europe, v. 15, n. 1(60), jan./mar. 2007, p. 39-42.

OZDIL, N. *Stretch and bagging properties of denim fabrics containing different rates of elastane*. Journal Fibres & Textiles in Eastern Europe, v. 16, n. 1, jan./mar. 2008, p. 63-67.

PAPANЕК, V. *The Green imperative – ecology and ethics in design and architecture*. Thames and Hudson, Londres, 1995, 256 p.

PETRECA, B. B.; LUIZ, D. M.; ARDUIN, R. H. *O refugio da moda: um ensaio sobre a saturação do consumo na capital paulista*. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008, 101 p.

PEZZOLO, D. B. *Tecidos: história, tramas, tipos e usos*. Editora Senac São Paulo, São Paulo, 2007, 324 p.

PORAV, V.; DOBLE, L. *Methods for measuring garments comfort and influence factors in tactile comfort*. Annals of the University of Oradea, Fascicle of Textiles – Leatherwork, v. 1, n. 2, 2010, p. 118-122.

PUSTIANU, M. et al. *Measurement of textile fibers structural changes during technology proceses*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Textiles – Leatherwork, v. 1, n. 2, 2010, p. 123-127.

RATIU, M., BOTA, S. R., SUTEU, C. *Impact f the textile industry on human and environmental health*. In Annals of The International Scientific Symposium Innovative Solutions for Sustainable Development of Textiles Industry. Faculty of Textiles and Leatherwork, University of Oradea, Romania, 2008, p. 412-417.

RUSU, L. *Environment protection and the 21st century fibers*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Textiles – Leatherwork, v. 1, n. 1, 2010, p. 263-266.

SACHS, I. *Estratégias de transição para do século XXI: desenvolvimento e meio ambiente*. Studio Nobel, São Paulo, 1993, 104 p.

SAHINKAYA, E. et al. *Biological treatment and nanofiltration of denim textile wastewater for reuse*. Journal of Harzadous Materials, v. 153, 2008, p. 1142-1148.

SAMPAIO, C; MURARO, G.; ZANINI, A. *Aplicabilidade da metodologia D4S para o design de espaços comerciais – cafeteria sustentável*. I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, Curitiba, 4-6 set. 2007, 8 p.

SELIG, P. M.; CAMPOS, L. M. S.; LERIPIO, A. A. *Gestão ambiental*. In: BATALHA, M. O. (org). *Introdução à engenharia de produção*. Elsevier, Rio de Janeiro, 2008, 312 p.

SHERMAN, J. V. *The new fibers*. D. Van Nostrand Company, New York, 1946, 537 p.

SLACK, N. et al. *Administração da produção*. Atlas, São Paulo, 1997, 754 p.

SMITH, G. G., BARKER, R. H. *Life cycle analysis of a polyester garment*. Resources, Conservation and Recycling, v. 14, 1995, p. 233-249.

SOUZA, M. C. C. *Produção de algodão orgânico colorido: possibilidades e limitações*. Informações Econômicas, São Paulo, v. 30, n. 6, jun. 2000, p. 91-98.

_____. *Algodão orgânico: o papel das organizações na coordenação e diferenciação do sistema agroindustrial do algodão*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Departamento de Administração, USP, São Paulo, 1998, 197 p.

UEDA, A. C. *Aplicação de micelas reversas na remoção de corantes têxteis catiônicos*. Dissertação de mestrado. Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, fev. 2006, 70 p.

VEZZOLI, C. *Design de sistemas para a sustentabilidade: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de "sistemas de satisfação"*. EDUFBA, Salvador, 2010, 343 p.

VIANA, F. L. E., ROCHA, R. E. V., NUNES, F. R. M. *A indústria têxtil na região nordeste: gargalos, potencialidades e desafios*. Revista Produção Online. v. 8, n. 3, 2008, ABEPRO, UFSC, 18 p.

VILAPLANA, F., KARLSSON, S. *Quality concepts for the improved use of recycled polymeric materials: a review*. Macromolecular Materials and Engineering, v. 293, 2008, p. 274-297.

VIVEKANADAN, M. V.; RAJ, S.; SREENIVASAN, S.; NACHANE, R. P. *Parameters affecting warm-cool feeling in cotton denim fabrics*. Indian Journal of Fibre & Textile Research, v. 36, jun. 2011, p. 117-121.

WALTER, L. *Slow food and home cooking: toward a relational aesthetic of food and relational ethic of home*. Provisions: The Journal of the Center for Food in Community and Culture, n. 1, 2009, 23 p.

ANEXOS

1. Resistência à tração e alongamento urdume Jeans CO/PET Convencional

Máquina: Emic DL2000

Célula: Trd 24

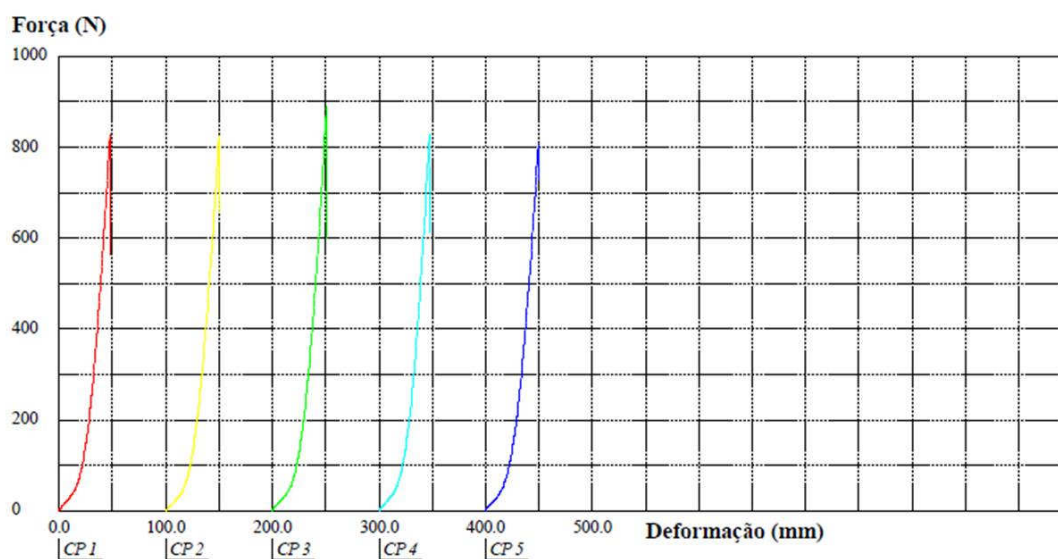
Programa: Tesc versão 3.04

Ensaio: Resistência à Tração e Alongamento

TABELA 01 – Resistência à tração e ao alongamento no sentido do urdume do jeans convencional.

| Corpo de prova | Deformação Escoam. ESI* (mm) | Força de Ruptura (N) | Força de Ruptura (Kgf) |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| CP 1 | 41.25 | 820.53 | 83.67 |
| CP 2 | 45.76 | 818.82 | 83.50 |
| CP 3 | 44.67 | 883.05 | 90.05 |
| CP 4 | 42.47 | 821.04 | 83.72 |
| CP 5 | 43.98 | 799.97 | 81.57 |
| | | | |
| Número CPs | 5 | 5 | 5 |
| Média | 43.63 | 828.7 | 84.50 |
| Desvio Padrão | 1.786 | 31.63 | 3.226 |
| Coeficiente Variação (%) | 4.094 | 3.817 | 3.817 |
| Mínimo | 41.25 | 800.0 | 81.57 |
| Máximo | 45.76 | 883.1 | 90.05 |
| * Escoam. ESI – ponto da curva correspondente ao escoamento convencional: 0.000 % | | | |

GRÁFICO 01 – Resistência à tração e ao alongamento no sentido do urdume do jeans convencional.



2. Resistência à tração e alongamento urdume Jeans CO/PET Reciclado

Máquina: Emic DL2000

Célula: Trd 24

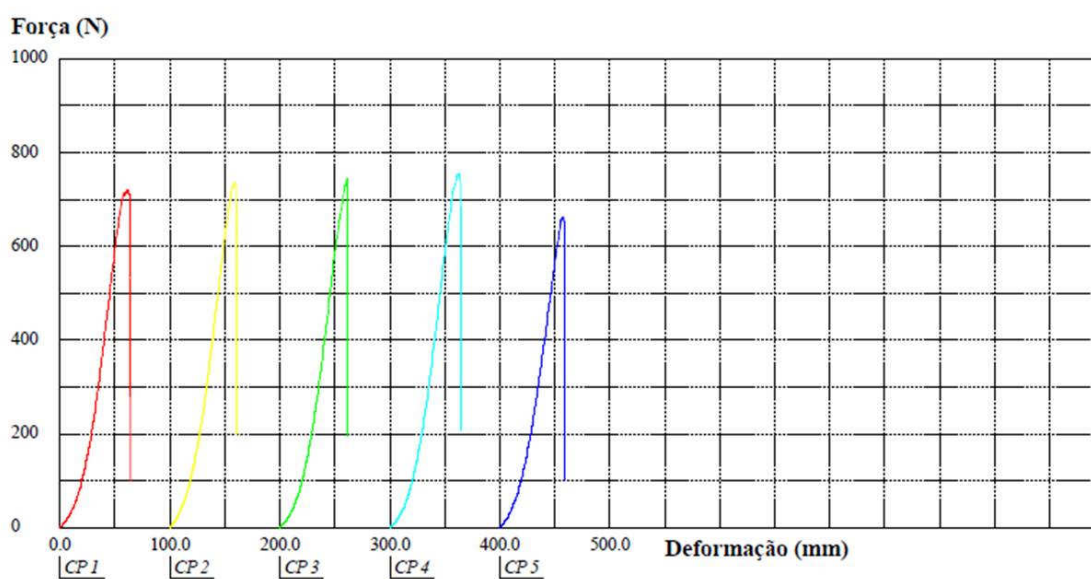
Programa: Tesc versão 3.04

Ensaio: Resistência à Tração e Alongamento

TABELA 02 – Resistência à tração e ao alongamento no sentido do urdume do jeans reciclado.

| Corpo de prova | Deformação Escoam. ESI* (mm) | Força de Ruptura (N) | Força de Ruptura (Kgf) |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| CP 1 | 40.05 | 710.73 | 72.47 |
| CP 2 | 39.68 | 732.65 | 74.71 |
| CP 3 | 41.01 | 746.01 | 76.07 |
| CP 4 | 40.90 | 743.79 | 75.85 |
| CP 5 | 39.07 | 662.08 | 67.51 |
| | | | |
| Número CPs | 5 | 5 | 5 |
| Média | 40.14 | 719.1 | 73.32 |
| Desvio Padrão | 0.8216 | 34.78 | 3.547 |
| Coeficiente Variação (%) | 2.047 | 4.837 | 4.837 |
| Mínimo | 39.07 | 662.1 | 67.51 |
| Máximo | 41.01 | 746.0 | 76.07 |
| * Escoam. ESI – ponto da curva correspondente ao escoamento convencional: 0.000 % | | | |

GRÁFICO 02 – Resistência à tração e ao alongamento no sentido do urdume do jeans reciclado.



3. Resistência à tração e alongamento trama Jeans CO/PET Convencional

Máquina: Emic DL2000

Célula: Trd 24

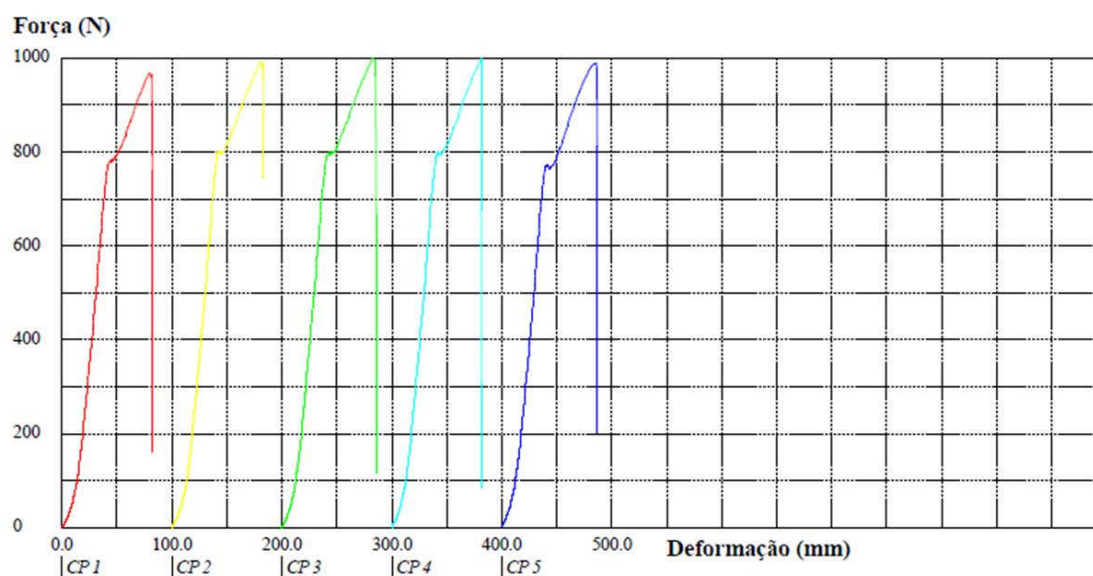
Programa: Tesc versão 3.04

Ensaio: Resistência à Tração e Alongamento

TABELA 03 – Resistência à tração e ao alongamento no sentido da trama do jeans convencional.

| Corpo de prova | Deformação Escoam. ESI* (mm) | Força de Ruptura (N) | Força de Ruptura (Kgf) |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| CP 1 | 30.23 | 961.85 | 98.08 |
| CP 2 | 30.07 | 989.60 | 100.91 |
| CP 3 | 29.34 | 974.87 | 99.41 |
| CP 4 | 29.05 | 994.40 | 101.40 |
| CP 5 | 29.13 | 989.94 | 100.95 |
| | | | |
| Número CPs | 5 | 5 | 5 |
| Média | 29.56 | 982.1 | 100.2 |
| Desvio Padrão | 0.5498 | 13.52 | 1.379 |
| Coefficiente Variação (%) | 1.860 | 1.377 | 1.377 |
| Mínimo | 29.05 | 961.9 | 98.08 |
| Máximo | 30.23 | 994.4 | 101.4 |
| * Escoam. ESI – ponto da curva correspondente ao escoamento convencional: 0.000 % | | | |

GRÁFICO 03 – Resistência à tração e ao alongamento no sentido da trama do jeans convencional.



4. Resistência à tração e alongamento trama Jeans CO/PET Reciclado

Máquina: Emic DL2000

Célula: Trd 24

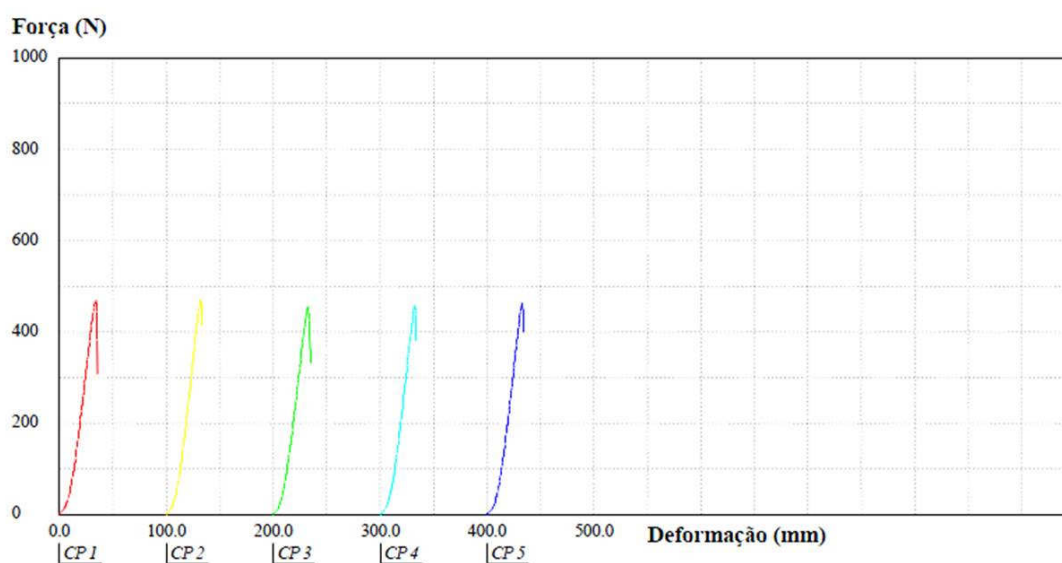
Programa: Tesc versão 3.04

Ensaio: Resistência à Tração e Alongamento

TABELA 04 – Resistência à tração e ao alongamento no sentido da trama do jeans reciclado.

| Corpo de prova | Deformação Escoam. ESI* (mm) | Força de Ruptura (N) | Força de Ruptura (Kgf) |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| CP 1 | 23.23 | 421.40 | 42.97 |
| CP 2 | 23.55 | 457.54 | 46.66 |
| CP 3 | 22.63 | 391.94 | 39.97 |
| CP 4 | 24.08 | 433.22 | 44.18 |
| CP 5 | 23.07 | 450.35 | 45.92 |
| | | | |
| Número CPs | 5 | 5 | 5 |
| Média | 23.31 | 430.9 | 43.94 |
| Desvio Padrão | 0.5418 | 25.99 | 2.650 |
| Coefficiente Variação (%) | 2.324 | 6.032 | 6.032 |
| Mínimo | 22.63 | 391.9 | 39.97 |
| Máximo | 24.08 | 457.5 | 46.66 |
| * Escoam. ESI – ponto da curva correspondente ao escoamento convencional: 0.000 % | | | |

GRÁFICO 04 – Resistência à tração e ao alongamento no sentido da trama do jeans reciclado.



5. Resistência ao rasgo urdume Jeans CO/PET Convencional

Máquina: Emic DL2000

Célula: Trd 24

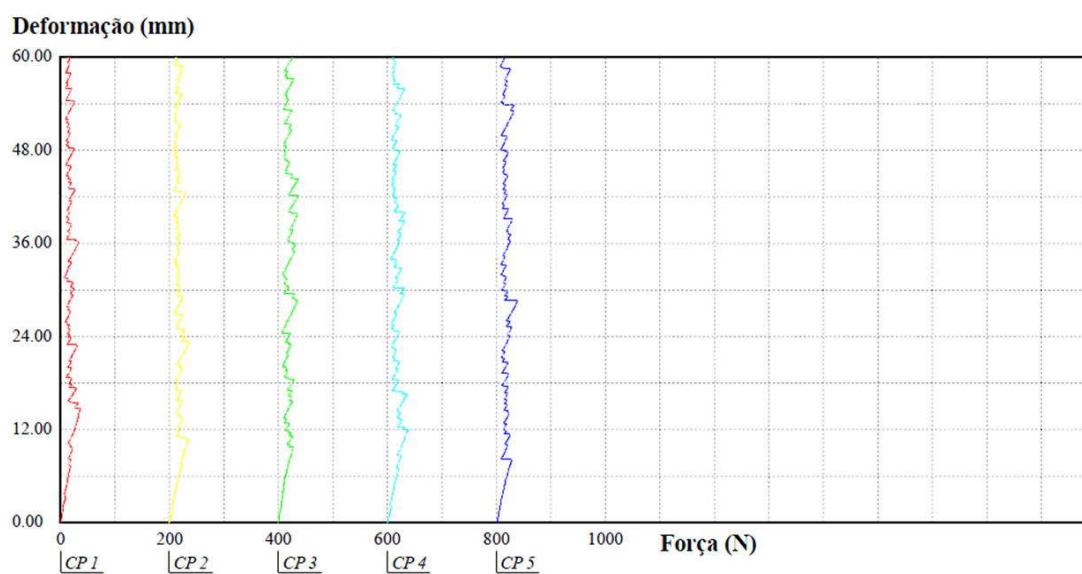
Programa: Tesc versão 3.04

Ensaio: Resistência ao Rasgo

TABELA 05 – Resistência ao rasgo no sentido do urdume do jeans convencional.

| Corpo de prova | Deformação Escoam. ESI* (mm) | Força de Ruptura (N) | Força de Ruptura (Kgf) |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| CP 1 | 75.00 | 3.84 | 37.69 |
| CP 2 | 75.00 | 3.79 | 37.17 |
| CP 3 | 75.00 | 3.74 | 36.66 |
| CP 4 | 75.00 | 3.90 | 38.20 |
| CP 5 | 75.00 | 3.98 | 39.06 |
| | | | |
| Número CPs | 5 | 5 | 5 |
| Média | 75.00 | 3.850 | 37.75 |
| Desvio Padrão | 0.0000 | 0.09455 | 0.9272 |
| Coefficiente Variação (%) | 0.0000 | 2.456 | 2.456 |
| Mínimo | 75.00 | 3.738 | 36.66 |
| Máximo | 75.00 | 3.983 | 39.06 |
| * Escoam. ESI – ponto da curva correspondente ao escoamento convencional: 0.000 % | | | |

GRÁFICO 05 – Resistência ao rasgo no sentido do urdume do jeans convencional.



6. Resistência ao rasgo urdume Jeans CO/PET Reciclado

Máquina: Emic DL2000

Célula: Trd 24

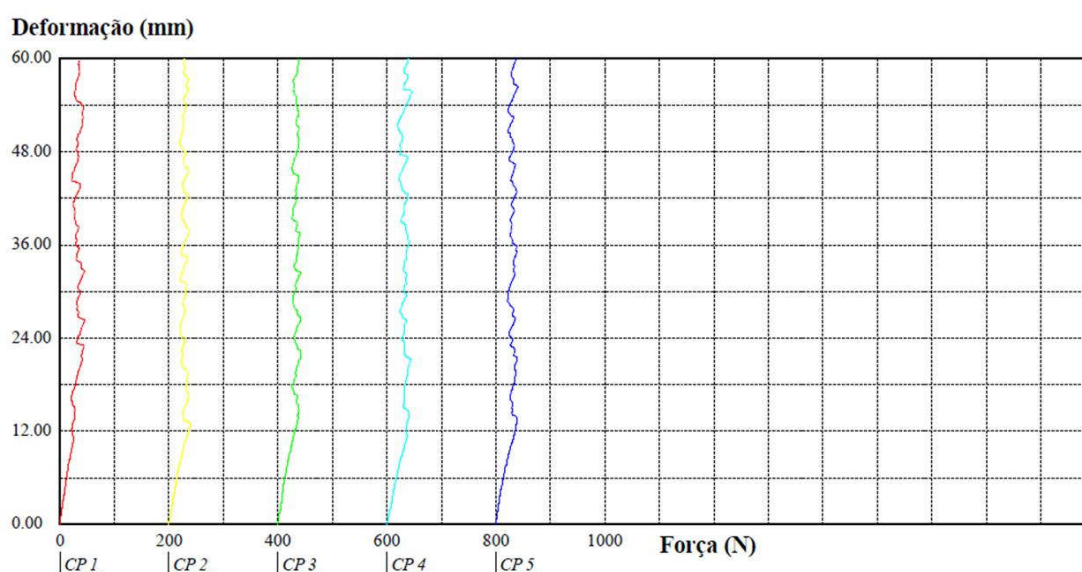
Programa: Tesc versão 3.04

Ensaio: Resistência ao Rasgo

TABELA 06 – Resistência ao rasgo no sentido do urdume do jeans reciclado.

| Corpo de prova | Deformação Escoam. ESI* (mm) | Força de Ruptura (N) | Força de Ruptura (Kgf) |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| CP 1 | 75.00 | 4.63 | 45.39 |
| CP 2 | 75.00 | 4.07 | 39.91 |
| CP 3 | 75.00 | 4.35 | 42.65 |
| CP 4 | 75.00 | 4.72 | 46.25 |
| CP 5 | 75.00 | 4.16 | 40.77 |
| | | | |
| Número CPs | 5 | 5 | 5 |
| Média | 75.00 | 4.384 | 43.00 |
| Desvio Padrão | 0.0000 | 0.2835 | 2.781 |
| Coefficiente Variação (%) | 0.0000 | 6.467 | 6.467 |
| Mínimo | 75.00 | 4.070 | 39.91 |
| Máximo | 75.00 | 4.716 | 46.25 |
| * Escoam. ESI – ponto da curva correspondente ao escoamento convencional: 0.000 % | | | |

GRÁFICO 06 – Resistência ao rasgo no sentido do urdume do jeans reciclado.



7. Resistência ao rasgo trama Jeans CO/PET Convencional

Máquina: Emic DL2000

Célula: Trd 24

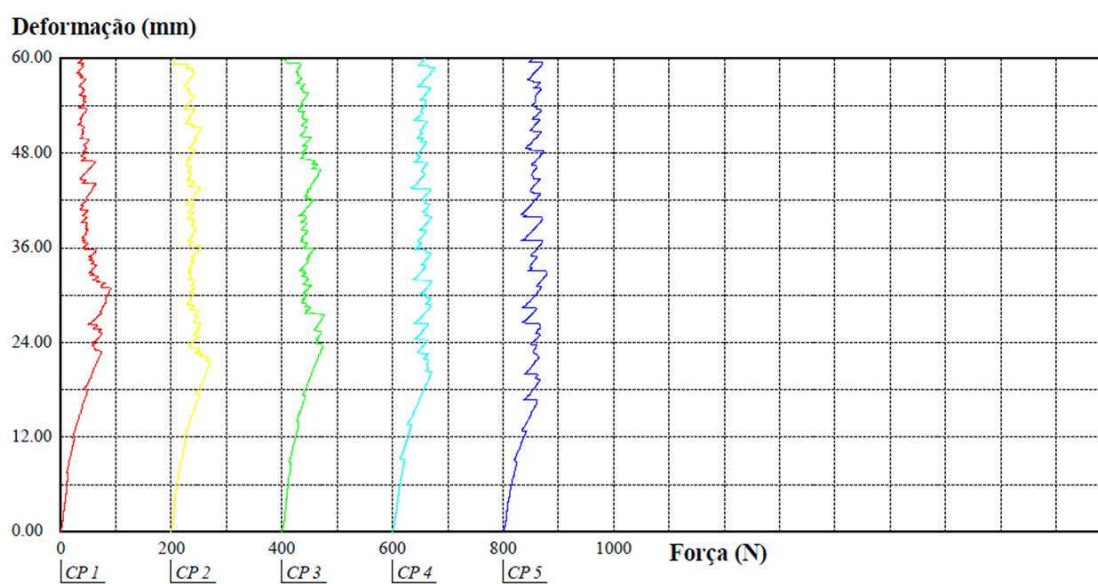
Programa: Tesc versão 3.04

Ensaio: Resistência ao Rasgo

TABELA 07 – Resistência ao rasgo no sentido da trama do jeans convencional.

| Corpo de prova | Deformação Escoam. ESI* (mm) | Força de Ruptura (N) | Força de Ruptura (Kgf) |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| CP 1 | 75.00 | 9 | 92 |
| CP 2 | 75.00 | 7 | 71 |
| CP 3 | 75.00 | 8 | 77 |
| CP 4 | 75.00 | 8 | 77 |
| CP 5 | 75.00 | 8 | 80 |
| | | | |
| Número CPs | 5 | 5 | 5 |
| Média | 75.00 | 8.102 | 79.45 |
| Desvio Padrão | 0.0000 | 0.7658 | 7.510 |
| Coeficiente Variação (%) | 0.0000 | 9.453 | 9.453 |
| Mínimo | 75.00 | 7.267 | 71.26 |
| Máximo | 75.00 | 9.345 | 91.65 |
| * Escoam. ESI – ponto da curva correspondente ao escoamento convencional: 0.000 % | | | |

GRÁFICO 07 – Resistência ao rasgo no sentido da trama do jeans convencional.



8. Resistência ao rasgo trama Jeans CO/PET Reciclado

Máquina: Emic DL2000

Célula: Trd 24

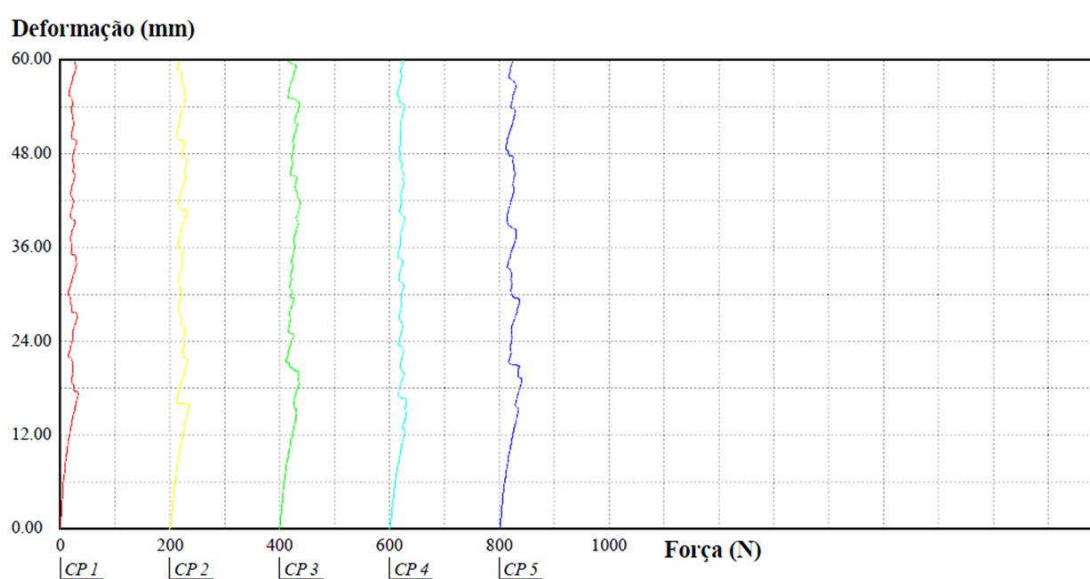
Programa: Tesc versão 3.04

Ensaio: Resistência ao Rasgo

TABELA 08 – Resistência ao rasgo no sentido da trama do jeans reciclado.

| Corpo de prova | Deformação Escoam. ESI* (mm) | Força de Ruptura (N) | Força de Ruptura (Kgf) |
|---|------------------------------|----------------------|------------------------|
| CP 1 | 75.00 | 3.48 | 34.09 |
| CP 2 | 75.00 | 3.65 | 35.80 |
| CP 3 | 75.00 | 3.88 | 38.03 |
| CP 4 | 75.00 | 3.25 | 31.86 |
| CP 5 | 75.00 | 4.23 | 41.45 |
| | | | |
| Número CPs | 5 | 5 | 5 |
| Média | 75.00 | 3.696 | 36.25 |
| Desvio Padrão | 0.0000 | 0.3760 | 3.687 |
| Coefficiente Variação (%) | 0.0000 | 10.17 | 10.17 |
| Mínimo | 75.00 | 3.249 | 31.86 |
| Máximo | 75.00 | 4.227 | 41.45 |
| * Escoam. ESI – ponto da curva correspondente ao escoamento convencional: 0.000 % | | | |

GRÁFICO 08 – Resistência ao rasgo no sentido da trama do jeans reciclado.



9. Técnicas de beneficiamento do jeans em lavanderia

QUADRO 01 – Técnicas de beneficiamento de jeans pós indústria têxtil.

Adaptado de CATOIRA, 2006, p. 92–93 e de CHATAIGNIER, 2006, p. 59–61.

| Técnica de beneficiamento | Descrição |
|----------------------------|---|
| <i>Destroyed</i> | Lavagem realizada com química corrosiva, deixando rasgões nas peças e buscando evidenciar o contraste do azul (fios do urdume) com o branco da trama. |
| Estonado | Lavagem realizada com pedras vulcânicas, como a pedra pomes, leve e porosa, causando no tecido ranhuras desiguais quando batidas na máquina de lavagem industrial. |
| <i>Dust wash</i> | Lavagem realizada em tecido estonado que recebe corantes acinzentados. Indicado para peças prontas. |
| <i>Stonewashed</i> | Solução descolorante. |
| <i>Stone color</i> | Retingimento do produto depois do <i>Stone-washed</i> em cor diferente. |
| <i>Old Stone color</i> | Nova lavagem com pedra sobre o produto retingido. |
| <i>Bleached</i> | Lavagem bem clara, realizada com alvejantes e enzimas químicas que levam ao desbotamento integral e uniforme do jeans. É feita antes da confecção da peça de vestuário. |
| <i>Délavé⁵</i> | Desbotamento semelhante ao <i>bleached</i> , porém realizado após a roupa ter sido confeccionada. |
| <i>Light used</i> | Lavagem realizada com alvejantes químicos de alta densidade, provocando efeitos de desgaste e envelhecimento em jeans claros. |
| <i>Médium distressed</i> | Lavagem realizada em jeans escuro com amaciamento prévio, sendo que o tecido é lixado depois manualmente. |
| <i>Coated</i> | Cobertura com resina e pigmento. |
| Metalizados | Pigmento cor prata ou cor ouro. |
| <i>Gold wash</i> | Lavagem realizada em jeans que tenha uma base estonada média com sobretinta cáqui, dando efeito de envelhecimento. Indicado para a peça pronta. |
| <i>Crumple</i> | Amarrotados localizados. |
| <i>Overdyed ou overdie</i> | Sobretintamentos com múltiplos recursos e tonalidades diferentes de corantes, criando efeitos de sujeiras. |
| <i>Dirty</i> | Aspecto de sujeira, que pode ser esverdeada, violetada ou amarelada. |

⁵ “Délavé. Nome dado ao processo de lavagem que dá aspecto desbotado ao tecido. Também indica cor com aparência desbotada (PEZZOLO, 2007, p. 299).”

| | |
|---------------------------------------|--|
| <i>Mustache</i> ou bigode | Desgaste frontal. |
| <i>Printed</i> ou <i>hard printed</i> | Pincelado com mensagens. |
| <i>Sprayed</i> | Grafite surrado com as cores de arco-íris. |
| <i>Spotty</i> | Manchados com pincéis ou jatos de tinta. |
| <i>Vintage</i> | Usados, puídos. |
| Reservas | Estampas com corrosão com decorantes com motivos. |
| <i>Fire wash</i> | Lavagem realizada em jeans escuro (índigo ou preto) com corantes vermelhos que produzem tons próximos aos do fogo ou aos de terras barrentas. O efeito obtém melhores resultados com peças já confeccionadas. |
| <i>Mud wash</i> | Lavagem realizada em jeans escuro (índigo ou preto) com sobretinta verde, algumas vezes produzindo efeito de camuflado. |
| <i>Pré-washed</i> | Lavagem realizada com a finalidade de amaciar o tecido, por meio de enzimas amaciantes de silicone. Sem acabar com a solidez do índigo, esta lavagem torna o produto agradável ao toque e uso. Não muda o tom do tecido. |
| <i>Second hand</i> | Lavagem realizada com pedras que proporcionam aspecto de roupa usada na peça, como se fosse de brechó, isto é, de “segunda mão”. |
| <i>Snow wash</i> | Lavagem realizada com respingos aleatórios de material químico corrosivo, que embranquece a peça pronta como se fossem flocos de neve. |
| <i>Soft rigid</i> | Lavagem realizada em tecido virgem, visando um leve amaciamento. |