

PROPOSTA DE FABRICAÇÃO DE CABEDAL DE MALHA UTILIZANDO O MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR¹

***Proposal for fabrication of knitted upper using the circular
economy model***

***Propuesta de fabricación de calzado desportivo tejido
utilizando el modelo de economía circular***

Adriana Yumi Sato Duarte ²

Regina Aparecida Sanches³

1 Financiamento da pesquisa: Projeto USP Municípios – Edital Santander de Políticas Públicas.

2 Possui Mestrado (2013) e Doutorado (2017) em Engenharia Mecânica pela UNICAMP. Realizou um período de Estágio de Doutorado Sanduíche no Exterior (SWE) - Programa Ciência sem Fronteiras (2015-2016) no Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (Dik), Universidade Técnica de Darmstadt, Alemanha. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica com ênfase em Projeto Mecânico e na área de Têxtil e Moda com ênfase em sustentabilidade, atuando em ensino e pesquisa nos seguintes temas: metodologia de projeto de produto, desenvolvimento de produto sustentável, fibras naturais brasileiras e Indústria 4.0. Atualmente é Professora Assistente II do Ceunsp Coordenadora dos Cursos de CST em Design de Moda e CST em Design Gráfico. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2850474849921610>; Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4441-269>; Email: adriana.duarte@ceunsp.edu.br

3 Possui mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2001), doutorado em Engenharia Mecânica pela UNICAMP (2006) e livre docência pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (2011). Foi Coordenadora do Curso de Engenharia Têxtil do Centro Universitário da FEI (2001 a 2006), Coordenadora do Bacharelado em Têxtil e Moda da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (2010 a 2012) e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Têxtil e Moda da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP (2012 a 2016). É professora visitante da ULisboa (Portugal) e da Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli (Itália). É pesquisadora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (USP), do Centro de Investigação em Arquitetura, Urbanismo e Design (CIAUD) da Universidade de Lisboa (Portugal) e do Fashion Research Lab (FA.RE Lab) da Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli. Tem experiência nas áreas de Engenharia Têxtil, Mecânica e de Produção. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5363947733511902>; Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2489-8540>; Email: regina.sanches@usp.br

RESUMO

Os principais problemas ambientais gerados pelas empresas das cadeias têxtil, de confecção e calçadista estão relacionados à poluição do solo, ar, água, destinação inadequada dos resíduos sólidos e líquidos que causam impactos no meio ambiente e são prejudiciais à saúde da população. Assim, o principal objetivo deste artigo é avaliar a viabilidade técnica da fabricação de cabedais de malha sem costura, confeccionados em máquinas retilíneas de malharia, utilizando como matérias-primas fibras oriundas de aparas de tecidos, de malhas e de tecidos não tecidos (enchimentos) descartadas das indústrias de confecção da cidade de Ibitinga (São Paulo, Brasil). Foram selecionadas aparas de tecidos, de malhas e de tecidos não tecidos (enchimentos), com composição 100% poliéster. As aparas foram cortadas em uma cortadeira automática e desfibradas em uma desfibradora. As fibras desfibradas das aparas foram misturadas com fibras de poliéster reciclado (PET), utilizando a proporção de 50% fibras desfibradas e 50% Poliéster reciclado (PET), as fibras foram fiadas em uma fiação de anéis e em seguida transformados em tecidos de malha. Os artigos produzidos mostram que existe viabilidade para a fabricação de cabedais de malha sem costura usando o modelo de economia circular.

Palavras-chaves: Economia Circular; Cabedais têxteis; Fios reciclados.

Abstract

The main environmental problems generated by companies in the textile, apparel and footwear chains are related to the pollution of soil, air, water, inadequate disposal of solid and liquid waste that cause impacts on the environment and are harmful to the health of the population. Thus, the main objective of this article is to evaluate the technical feasibility of manufacturing seamless fabric, made in knitting machines, using as raw materials fibers from woven, knits and non-woven fabrics discarded from the textile industries in the city of Ibitinga (São Paulo, Brazil). Parts from fabrics, knits and non-woven fabrics were selected, with 100% polyester composition. The textiles were cut in an automatic cutter and shredded in a shredder. The shredded fibers from the textiles were mixed with recycled polyester fibers (PET), using the proportion of 50% shredded fibers and 50% recycled polyester (PET), the fibers were spun in a ring spinning and then transformed into knitted fabrics. The articles produced show that there is feasibility for the fabrication of seamless knitted uppers using the circular economy model.

Keywords. Circular Economy; Knitted Upper; Recycled Yarns.

Resumen

Los principales problemas ambientales que generan las empresas de las cadenas textil, confección y calzado están relacionados con la contaminación del suelo, aire, agua, disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos que provocan impactos en el medio ambiente y son nocivos para la salud de la población. Así, el principal objetivo de este artículo es evaluar la viabilidad técnica de la fabricación de mallas sin costura, realizadas en máquinas de tricotar rectas, utilizando como materia prima fibras de retazos de tejidos planos, tejidos de punto y textiles notejidos desechados de las industrias textile de la ciudad de Ibitinga (São Paulo, Brasil). Se seleccionaron partes de tejidos, tejidos de punto y no tejidos (rellenos), con composición 100% poliéster. Las partes se cortaron en un cortador automático y se trituraron en una trituradora. Las fibras trituradas se mezclaron con fibras de poliéster recicladas (PET), utilizando la proporción de 50% de fibras trituradas y 50% de poliéster reciclado (PET), las fibras se hilaron en un hilado de anillos y luego se transformaron en tejidos de punto. Los artículos producidos muestran que es factible la fabricación de empeines tejidos sin costuras utilizando el modelo de economía circular.

Palabra llave: Economía Circular; Calzado Deportivo; Hilos Reciclados.

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da indústria têxtil, confecção e vestuário é uma das mais importantes, extensas e complexas existentes, envolve diversos segmentos industriais autônomos cuja interação é fundamental para sua organização. A cadeia brasileira, com mais de 200 anos de história, tem enorme importância econômica e social, emprega 1,7 milhão de pessoas em mais de 27 mil empresas em atividade (FIESP, 2019).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecções – ABIT (2013), o Brasil é um importante produtor de têxteis e de artigos confeccionados, possui a maior cadeia do Ocidente, que responde por 2,4% da produção mundial de têxteis e por 2,6% da produção mundial de vestuário, possui a quinta maior indústria têxtil do mundo, é o quarto maior produtor de artigos confeccionados, possui mais de 25.000 confecções formais que produzem 9,04 bilhões de peças. A indústria da moda ocupa o segundo lugar tanto entre os maiores empregadores na indústria de transformação quanto entre os principais geradores do primeiro emprego.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Calçados – Abicalçados (2019), o Brasil é o quarto maior produtor de calçados do mundo, possui 6,6 mil empresas fabricantes de calçados, que foram responsáveis pela geração de 271,1 mil empregos formais em 2018, e pela produção de 944 milhões de pares de calçados, representando 4,4% da produção mundial de calçados.

As cadeias têxtil, de moda e coureiro-calçadista operam de forma linear, onde grandes quantidades de recursos não renováveis são extraídas para produzir os artigos finais, que, normalmente, são usadas por um curto período de tempo e, em seguida, descartadas pelos consumidores e enviadas a aterros sanitários ou incineradas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Durante o processo fabril dos produtos têxteis, observa-se o desperdício de água, o uso de energia, o uso de produtos químicos tóxicos, a emissão de resíduos sólidos e a poluição da água (SHIRVANIMOGHADDAM et al., 2020). Em 2015, a indústria de vestuário foi responsável pelo consumo de 79 bilhões de metros cúbicos de água e 1.715 milhões de toneladas de emissões de CO₂ (SAJN, 2019).

Paralelamente, de acordo com Treptow (2013), no setor de confecções cerca 30% das matérias-primas utilizadas são descartada como lixo (classificadas como aparas de tecidos, malhas e tecidos não tecidos), e no setor coureiro-calçadista esse número é aproximadamente de 20% (PEREIRA, 2006).

Frente ao exposto, a visão ampla do processo produtivo dos cabedais, envolvendo a produção têxtil e a análise do processo fabril, de modo a torná-lo mais eficiente e reduzir o impacto ao meio ambiente, são fundamentais para a inserção dos setores têxtil e coureiro-calçadista na economia circular.

Assim, o principal objetivo deste artigo é avaliar a viabilidade técnica da fabricação de cabedais de malha sem costura, confeccionados em máquinas retilíneas de malharia, utilizando como matérias-primas fibras oriundas de aparas de tecidos, de malhas e de tecidos não tecidos (enchimentos) descartadas das indústrias de confecção da cidade de Ibitinga (SP).

2 CENÁRIO DA PESQUISA

A seguir, são apresentados os temas pilares para o desenvolvimento da presente pesquisa.

2.1 Cadeias produtivas do setor têxtil, vestuário e calçadista no Brasil

O conceito de cadeia produtiva surgiu na década de 1960 e é originada de uma visão sistêmica do processo produtivo. De acordo com o Ministério da Economia (2017) é o conjunto de atividades que se articulam progressivamente desde os insumos básicos até o produto final (bem ou serviço), incluindo a distribuição e comercialização dos produtos, constituindo-se em segmentos (elos) de uma corrente.

Segundo Gereffi (1994 apud Colantuono e Sousa, 2018), a configuração da cadeia produtiva das indústrias têxteis e do vestuário é similar à cadeia produtiva de calçados. Ambas podem ser divididas em duas dimensões: (I) produtores (fios, tecidos e roupas) e (II) segmentos (padronizados e da moda). As corporações transnacionais, fornecedoras de matérias-primas (fios e tecidos), são grandes e intensivas em capital, confecções de roupas são fragmentadas, pequenas e intensivas em trabalho.

Tanto o fluxo de produção de um tênis convencional de tecido quanto de um artigo de vestuário pode ser dividido em duas etapas principais: na primeira, obtêm-se o tecido plano ou de malha, a fabricação e o beneficiamento do tecido, e na segunda, é realizada a fabricação do produto final, que envolve desde o corte do tecido até a embalagem do produto acabado (DUARTE et al., 2021).

A indústria brasileira de calçados é constituída quase totalmente por capital nacional e as empresas do setor calçadista são muito heterogêneas quanto ao estágio tecnológico. Grande parte dos estabelecimentos é de pequeno porte e de propriedade familiar. Em geral, apresentam reduzidos investimentos em tecnologia e em canais de comercialização. Segundo Gorini e Siqueira (1998), as grandes empresas apresentam maiores investimentos em tecnologia e marketing, enquanto micro e pequenas empresas utilizam de métodos artesanais de produção.

A indústria de confecção brasileira também é constituída por empresas em sua quase totalidade de capital 100% nacional e são muito heterogêneas quanto ao estágio tecnológico. O setor de confecção de vestuário do Brasil é composto por 27.982 empresas, a

grande maioria de pequeno e médio porte e de propriedade familiar. O quadro de funcionários das empresas de confecção de vestuário abrange profissionais de todos os níveis de qualificação: desde trabalhadores não especializados até profissionais de nível superior (ABIT, 2013).

2.2.1 Confecções da cidade de Ibitinga (SP)

O município de Ibitinga localiza-se na parte central do estado de São Paulo (Figura 1), na Região de Governo de Araraquara, tem 689 Km² de área territorial e, segundo a estimativa do IBGE (2021), possui cerca de 61 mil habitantes. Destaca-se por concentrar um setor industrial bastante especializado, o ramo de confecções de cama, mesa e banho.

Figura 1 – Localização da cidade de Ibitinga



Fonte: Wikimedia (2021)

O processo de introdução e expansão da indústria têxtil em Ibitinga ocorreu concomitantemente com grandes transformações socioeconômicas no país. As indústrias de confecção de Ibitinga se desenvolveram nas décadas de 1960 e 1970, com a produção de artigos de cama, mesa e banho. O marco na expansão do consumo desses artigos e da importância da cidade nessa área veio com a criação da Feira do Bordado, no ano de 1974. Segundo Matushima (2005), a Feira promoveu a ampliação e modernização do parque industrial, e aumentou ainda mais a importância da indústria de confecções, enquanto atividade econômica, para o município.

Assim como ocorreu em outros pólos têxteis no Brasil, a crise dos anos 1990 fez com que as indústrias de Ibitinga passassem a diversificar sua produção, adotando um novo mix de produtos antes não produzidos. Assim, além de lençóis, colchas, edredons, toalhas, panos de prato bordados, passou-se a produzir capas de sofá, capas de colchão, cortinas, almofadas, tapetes, e artigos estampados em adição aos bordados (MATUSHIMA, 2005).

O presente estudo foi elaborado para ser aplicado na cidade de Ibitinga, interior do Estado de São Paulo. Ibitinga foi a cidade escolhida por possuir um parque fabril verticali-

zado, com indústrias fabricantes de fios têxteis, tecidos planos e de malha, tinturaria, confecção e venda dos produtos confeccionados.

Os principais produtos fabricados pelas empresas são artigos (lisos, estampados e bordados), de cama, mesa e banho e em menor escala são confeccionados artigos para decoração, vestuário em geral dentre outros. A produção e o comércio desses produtos são os principais responsáveis pelo desenvolvimento econômico local.

2.2 Modelo linear de produção industrial

Desde a revolução industrial, o modelo de produção e consumo adotado pelas cadeias de suprimentos é realizado de maneira linear, ou seja, as matérias-primas são extraídas da natureza, transformadas em produtos e após a sua utilização são descartados. Foi um modelo bem-sucedido ao longo dos anos, mas está chegando ao seu limite, pois assume que os recursos são abundantes, disponíveis e não recuperam os resíduos gerados durante o processo de fabricação e após a vida útil do produto final.

O modelo de produção linear provoca efeitos ambientais e sociais negativos, tais como: emissões de gases de efeito estufa, substâncias perigosas que afetam a saúde dos trabalhadores têxteis, os usuários de roupas e a natureza, poluição, descarte inadequado dos resíduos, entre outros impactos ambientais e econômicos, tornando esse modelo de produção inviável e ineficiente (GONÇALVES; BARROSO, 2019).

De acordo com a Fundação Ellen MacArthur (2015), com o aumento demográfico e a implementação do modelo *fast fashion*, o modelo linear começou a revelar-se insustentável, devido grande quantidade de recursos naturais não renováveis utilizada, e que são consumidos a uma velocidade muito maior do que a velocidade que o planeta consegue produzir novos recursos. Estudos realizados mostram que para o modelo do *fast fashion* se sustentar, a produção de roupas dobrou nos últimos quinze anos e o número médio de vezes que cada peça é utilizada diminuiu 36%. Se o sistema linear se mantiver, o consumo de vestuário será de 160 milhões de toneladas no ano de 2050, e o consumo de recursos não renováveis irá aumentar mais de 300 milhões de toneladas por ano.

De acordo com o relatório Quantis (2018), a indústria da moda é responsável por 8% das emissões globais de gases de efeito estufa, sendo que 83% dessas emissões é atribuída à produção de vestuário e o restante 17% à produção de calçado. Cada pessoa consome em média 11,4 kg de roupa por ano, o que significa a emissão de 442 kg de CO₂ por pessoa, apenas no consumo de produtos têxteis.

Paralelamente aos problemas sociais e ambientais das cadeias têxtil, confecção e calçadista, de acordo com Kerr e Landry (2017), as empresas serão desafiadas a repensar o modelo de economia linear, pois na próxima década haverá uma diminuição no lucro da indústria, em decorrência do aumento dos salários da mão de obra e aumento nos preços da energia.

2.3 Modelo circular de produção industrial

De acordo com Morsetto (2020), a economia circular pode ser definida como um modelo econômico voltado para o uso eficiente de recursos por meio da minimização de resíduos, redução de exploração de recursos primários e ciclos fechados de produtos, peças do produto e materiais dentro dos limites da proteção ambiental e benefícios socioeconômicos.

No modelo de economia circular não existem descartes de materiais ou de produtos produzidos, são definidos o destino e reciclagem dos refugos em todas as etapas do processo produtivo – desde a concepção dos produtos até o descarte no pós-consumo (PEARCE; TURNER, 1990). Leitão (2015) complementa que o modelo é baseado na própria natureza, é implantado por meio da inovação, do design e de processos que visam reduzir o consumo de matérias-primas, energia e água.

Dentro do modelo circular, os recursos podem se regenerar em dois ciclos: o biológico e o técnico. O consumo ocorre somente nos ciclos biológicos, nele os alimentos e materiais de base biológica retornam ao sistema de forma natural e pode ocorrer com a intervenção do homem ou sem intervenção dele. Esses ciclos regeneram os sistemas vivos como, por exemplo, o solo, que fornecem recursos renováveis para a economia. Nos ciclos técnicos, com energia suficiente, a regeneração ocorre, somente com a intervenção humana. Nesses ciclos, os materiais são recuperados e restaurados através de estratégias como reuso, reparo, remanufatura e reciclagem (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

Segundo a mesma fonte, o modelo circular possui três princípios básicos: o primeiro, a preservação e aumento do capital natural, os recursos no sistema produtivo são determinados a partir de tecnologias e de processos com melhor desempenho e utilizam recursos renováveis, que são estimulados através da criação de condições necessárias para a sua regeneração. O segundo princípio prevê a circulação constante de produtos, componentes e materiais, tanto no ciclo biológico como no técnico, contribuindo para a otimização da produção de recursos. O terceiro visa a eficácia do sistema, que só é possível conseguir através da identificação e exclusão das externalidades negativas.

O processo produtivo do modelo de economia circular contempla a redução, a reutilização, a recuperação e a reciclagem dos materiais, formando um ciclo sustentável desde a produção até a reinserção da matéria-prima para a fabricação de um novo produto (AVILA et al., 2018). Assim, “uma economia circular é restaurativa e regenerativa por princípio” (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017, p.2). Corrobora Luz (2017 apud GONÇALVES; BARROSO, 2019), ao afirmar que “a economia circular busca a otimização dos materiais, ampliando a vida útil dos produtos e ativos durante e após o seu uso, reduzindo o uso de insumos e recursos não renováveis e optando pela utilização de recursos renováveis e insumos de base biológica; propondo a maior circulação de resíduos e subprodutos através

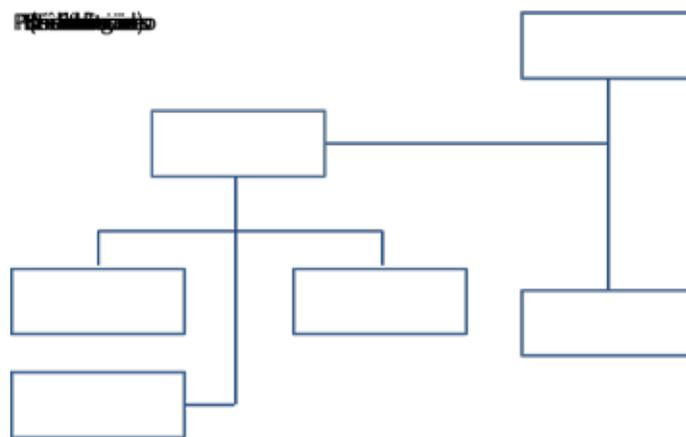
da reutilização, seja na mesma cadeia produtiva ou para o reaproveitamento em outras indústrias”.

2.4 Resíduos sólidos têxteis

Os principais problemas ambientais gerados pelas empresas das cadeias têxtil, de confecção e calçadista estão relacionados à poluição do solo, ar, água, destinação inadequada dos resíduos sólidos e líquidos que causam impactos no meio ambiente e são prejudiciais à saúde da população.

De acordo com Echeverria et al. (2019), os resíduos têxteis são classificados em resíduos pré-consumo e resíduos pós consumo. A Figura 2 mostra os resíduos gerados no processo de fabricação (pré-consumo) e os resíduos descartados pelos consumidores após sua vida útil (pós consumo). Shirvanimoghaddam et al. (2020), classificam os resíduos pós consumo em gerados nas residências, como vestuários, bolsas, roupas de cama, carpetes, cortinas; gerados por embalagens e gerados no comércio e indústria, como uniformes, têxteis industriais e de construção.

Figura 2 – Categoria de resíduos têxteis



Fonte: Adaptado de Shirvanimoghaddam et al. (2020)

A indústria da confecção, penúltimo elo da cadeia, é caracterizada por um alto grau de diferenciação em relação às matérias-primas utilizadas, processos produtivos, padrões de concorrência e estratégias empresariais. Conglomera a fabricação de roupas e acessórios de vestuário em geral; cama, mesa e banho; artigos para o lar, têxteis técnicos para várias aplicações, dentre outras (SANCHES, 2011).

Segundo Lorenzetti (2018), 170 mil toneladas de resíduos têxteis são geradas pelas confecções por ano no Brasil, estima-se que pelo menos 40% (aproximadamente 70 mil ton) são reprocessadas por empresas recicladoras e 60% (aproximadamente 100 mil ton)

são descartadas nos aterros sanitários, que já estão com suas capacidades comprometidas pelo excesso de resíduos sólidos a eles enviados.

As matérias-primas utilizadas pelas confecções são geralmente tecidos planos e malhas que podem ser de origem natural – fabricados a partir de fibras obtidas de fontes renováveis e se decompõem rapidamente no meio ambiente – ou de origem química – produzidos a partir de polímeros naturais (fibras artificiais), matérias-primas renováveis que se decompõem rapidamente no meio ambiente ou a partir de polímeros sintéticos (fibras sintéticas) matérias-primas não renováveis, na sua maioria à base de petróleo, e demoram décadas para se decompor na natureza.

A norma NBR 10.004/2004, define resíduos sólidos, como: “aqueles resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. De acordo com a mesma norma, os resíduos sólidos são classificados de acordo com a identificação do seu processo de produção ou de sua atividade de origem, dos constituintes e características desses resíduos, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

Os resíduos sólidos têxteis gerados pelas confecções são caracterizados por aparas de malhas, tecidos planos, tecidos não tecidos, linhas, fios, acessórios e de acordo a norma ABNT 10.004/2004 são classificados como não perigosos e não inertes (Classe II A).

2.4.1 O processo de reciclagem de garrafas PET

O termo poliéster é utilizado para definir os materiais poliméricos que possuem grupos ésteres na principal cadeia macromolecular polimérica e não para os grupos ésteres que se localizam nas cadeias secundárias (DEOPURA, 2008). O mais importante polímero policondensado e o mais utilizado hoje é o poliéster. Sua utilização é bastante ampla: recipientes, garrafas, filmes e também como fibras e filamentos têxteis.

O poliéster aromático mais importante, utilizados na fabricação dos fios têxteis, é o polietileno tereftalado (PET). Dentre as fibras sintéticas, o PET é a mais utilizada.

Nos anos 1980, houve um crescimento da busca por alternativas para reduzir a quantidade de lixo, verificando-se uma preocupação com o destino da embalagem após o consumo (AMADEU et al., 2005; BERTHIER, 2003; PIETERS, 1991 apud DIAS, 2006). Com base em informações do Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE), em 2018 o volume de resina plástica produzida no Brasil foi de aproximadamente 758 mil toneladas, a geração de resíduo plástico pós consumo no mesmo foi de 3,4 milhões de toneladas, somente 22,1% de todo o plástico produzido em 2018 foram reciclados.

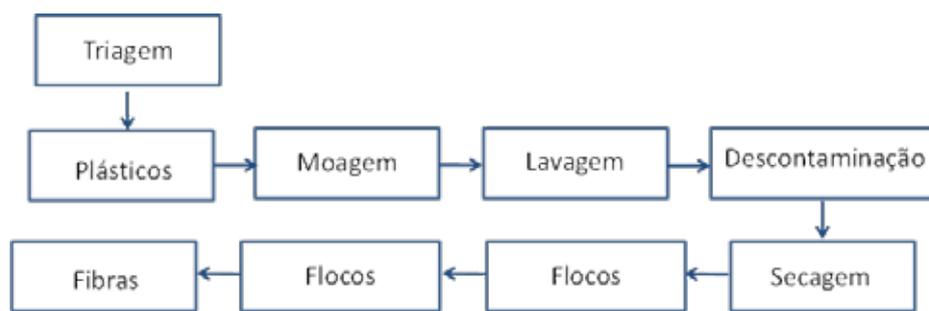
Dentre os resíduos, o destaque dos últimos anos é para as embalagens plásticas. O consumo de plásticos no Brasil e no mundo vem aumentando há décadas, numa clara

demonstração do enorme sucesso conseguido por esse material nas mais variadas aplicações (ABIPLAST, 2020). Dentre os resíduos sólidos, os plásticos chamam mais atenção em consequência da total descartabilidade das embalagens e sua resistência à degradação.

Apesar da existência de uma grande variedade de termoplásticos, apenas cinco deles, ou seja, o polietileno (PE), o polipropileno (PP), o poliestileno (PS), o policloreto de vinila (PVC) e o PET representam cerca de 90% do consumo nacional. Dentre eles, o PET apresenta um dos maiores índices de crescimento em consumo no país.

A reciclagem de polímeros é uma alternativa viável para minimizar o impacto ambiental causado pela disposição desses materiais em aterros sanitários. Este tema vem se tornando cada vez mais importante, pois, além dos interesses ambientais e econômicos, começam a surgir legislações cada vez mais rígidas no sentido de minimizar e/ou disciplinar o descarte dos resíduos sólidos (SPINACÉ; PAOLI, 2005). A Figura 3 mostra o fluxograma da reciclagem das garrafas PET para obtenção da fibra de PET reciclado.

Figura 3 – Fluxograma da reciclagem e fiação da fibra de PET



Fonte: Autoras

De acordo com Vezzà et al. (2006), o processo de reciclagem das garrafas PET se inicia com uma triagem, que tem como objetivo a separação do plástico dos demais materiais, tais como: vidro, metais, papeis, etc. Após esse procedimento, as garrafas são colocadas em uma esteira de alimentação, onde é realizada a sua lavagem. Nessa etapa são retirados os contaminantes maiores (pedras, tampas soltas, etc.).

As garrafas passam para uma esteira de seleção, em que é monitorada a presença de outros materiais, como, por exemplo, PVC, PP, PE e outros, inclusive os metais que são acusados pelo detector de metais ferrosos. As garrafas caem na esteira de alimentação do primeiro moinho onde sofrem a primeira moagem que é feita a úmido (com adição de água). O material moído é retirado e a parte da água suja é separada do processo. Em seguida o material passa pelos tanques de descontaminação, onde além de ser feita a separação dos rótulos e tampas pode ocorrer a adição de produtos químicos para beneficiamento do processo.

Após os tanques, o material é introduzido em outro moinho até obter a granulometria adequada. O material é transportado até o lavador, onde, com adição de água, é feito o enxágue, saindo diretamente para o secador. O material é retirado do secador e levado para o silo, de onde é retirado e colocado em big-bags (sacolas de aproximadamente 1m³) estando pronto para ser enviado à indústria de transformação (fiação). Os pequenos flocos de PET obtidos após este processo e que posteriormente serão reutilizados na cadeia de transformação (fiação) são chamados de flakes.

Na fiação, os flakes são derretidos até obter-se uma polpa macia, a qual é transformada em um fio, que posteriormente será transformado em tecido (FARJADO et al. apud VALLE et al., 2004).

2.4.2 Reciclagem mecânica de aparas têxteis

As aparas de tecidos descartadas pelas confecções podem ser utilizadas na fabricação de fios reciclados, através de processos de desfibragem.

O processo de desfibragem é um processo mecânico e segue as etapas descritas na Figura 4.

Figura 4 – Fluxo do processo de desfibragem das aparas de tecidos



Fonte: Autoras

Primeiramente é realizada a seleção das aparas que serão desfibradas. Em seguida, os retalhos de tecidos, de malhas e tecido não tecidos selecionados são cortados, para uniformização do material a ser processado. O material picotado é processado por uma desfibradeira, para transformar as aparas de confecção em mantas de fibras desfibradas, que serão enviadas à fiação e utilizadas na fabricação de um novo produto (AMARAL, 2016).

2.5 Produção de calçados

Desde a revolução industrial houve uma grande evolução no design, nos processos produtivos e nos materiais usados para a fabricação dos calçados, mas o componente humano não foi totalmente substituído pela automação dos equipamentos, parte do processo de fabricação dos artigos calçadistas ainda possuem características que lembram as atividades desempenhadas pelos primeiros artesãos de sapatos e seus auxiliares, em suas pequenas oficinas.

De acordo com Viana e Rocha (2006), a fabricação de um calçado é dividida em várias partes, das quais o cabedal (parte superior) e o solado (parte inferior) são as mais importantes. A função do cabedal é proteger o peito do pé e os dedos, e a do solado é proporcionar equilíbrio ao calçado.

A indústria calçadista pode ser dividida, em função do tipo de calçado produzido e do material de confecção do cabedal, em quatro grupos principais: injetados, sintéticos, couro e têxtil.

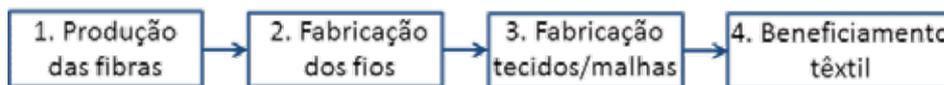
A maioria dos calçados injetados é produzida em fábricas que necessitam de pouca mão de obra, pois saem das máquinas com cabedal e solado unidos. Os calçados sintéticos, de couro e têxtil, necessitam de maior mão de obra para a fabricação do cabedal e posterior união deste ao solado (GUIDOLIN et al., 2010).

2.6.1. Processo convencional de produção dos cabedais

O fluxo de fabricação dos tênis convencionais de tecidos pode ser dividido em duas partes: fabricação do tecido e a fabricação do tênis.

A primeira parte, fabricação dos tecidos, é realizada pela indústria têxtil, e envolve as etapas de produção de fibras, fiação, tecelagem/malharia e acabamento. Os processos produtivos são diferentes, as máquinas e os equipamentos específicos são selecionados em função das matérias-primas a serem processadas, os tecidos podem ser fabricados seguindo as etapas apresentadas na Figura 5 e no Quadro 1.

Figura 5 – Processo de fabricação dos tecidos/malhas – 1ª parte (Indústria têxtil)



Fonte: autoras

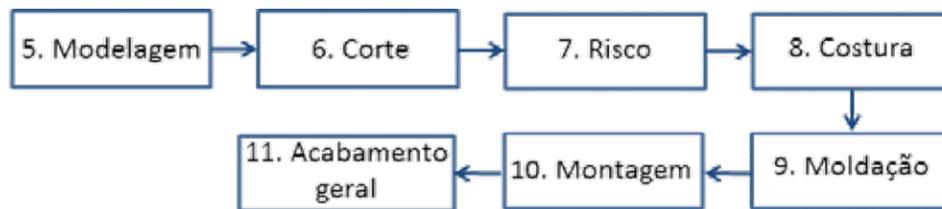
Quadro 1: Processo de fabricação dos tecidos/malhas – 1ª parte (Indústria têxtil)

Atividades	Descrição e local de fabricação
1. Extração/fabricação das fibras	as fibras podem ser de origem natural, extraídas da natureza, ou química, fabricadas pelo homem
2. Fabricação do fio	podem ser fabricados a partir de fibras descontínuas ou por multifilamentos
3. Fabricação dos tecidos ou das malhas	os tecidos planos são fabricados em tecelagens e os de malha em malharias
4. Beneficiamento do tecido	o tingimento e acabamento dos tecidos são realizados em uma tinturaria

Fonte: Autoras

Já a segunda parte, a fabricação dos tênis, é realizada pela indústria calçadista. A confecção do calçado de tecido, na maioria das empresas brasileiras é feita de forma artesanal, compreende etapas como modelagem, corte, costura, montagem e acabamento (Figura 6 e Quadro 2).

Figura 6 – Processo de fabricação dos tênis – 2ª parte (indústria calçadista)



Fonte: autoras

Quadro 2: Processo de fabricação dos tênis – 2ª parte (indústria calçadista)

Atividades	Descrição e local de fabricação
5. Modelagem	etapa onde os modelos que serão produzidos são concebidos
6. Corte	corte com balancim (máquina de corte) e cortes manuais do conjunto de peças que formarão os cabedais. São cortadas em média 30 peças para cada cabedal
7. Risco	nesta etapa o material é riscado para orientar as(os) costureiras(os) onde as partes que foram cortadas devem ser costuradas para a montagem dos cabedais
8. Costura (pesponto)	consiste na união das peças cortadas para formar os cabedais
9. Moldação	processo feito para moldar o calçado, é feito em duas etapas através da utilização de três equipamentos: vaporizador, moldador de contraforte e moldador de bico
10. Montagem	o processo feito em 8 etapas: montagem do bico, fechamento da lateral, fechamento da traseira, rebaixamento do material de fundo, preparação da lateral onde será aplicada a cola através de lixa, aplicação da cola na sola e no cabedal, junção da sola ao cabedal e prensa
11. Acabamento geral	Acabamento

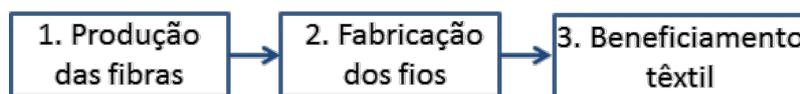
Fonte: Autoras

2.6.2 Processo de produção dos cabedais de malha sem costura (malharia retilínea)

O fluxo de fabricação dos tênis com cabedais de malha sem costura pode ser dividido em duas partes: fabricação do fio e a fabricação do tênis.

A primeira parte, fabricação dos fios, é realizada pela indústria têxtil, envolve as etapas de produção de fibras, fiação e beneficiamento do fio. Os processos produtivos são diferentes, as máquinas e os equipamentos específicos são selecionados em função das matérias-primas a serem processadas, os tecidos podem ser fabricados seguindo as apresentadas na Figura 7.

Figura 7 – Processo de fabricação dos fios – 1ª parte (Indústria têxtil)



Fonte: autoras

A segunda parte, fabricação do tênis, apresenta o processo de fabricação dos cabedais de malha em máquinas retilíneas, tecnologia “fully shaped”, em que os cabedais são produzidos no formato final, sem costuras, com a flexão adequada em pontos específicos do cabedal e sem gerar resíduos sólidos. A tecnologia permite realizar no mesmo cabedal diversas padronagens, aumentando as possibilidades no processo criativo, conforto e desempenho do produto final. Quando a máquina retilínea pertence ao parque fabril da indústria calçadista, o fluxo de produção do tênis segue as etapas descritas na Figura 8.

Figura 8 – Processo de fabricação dos tênis de malha sem costura (indústria calçadista)



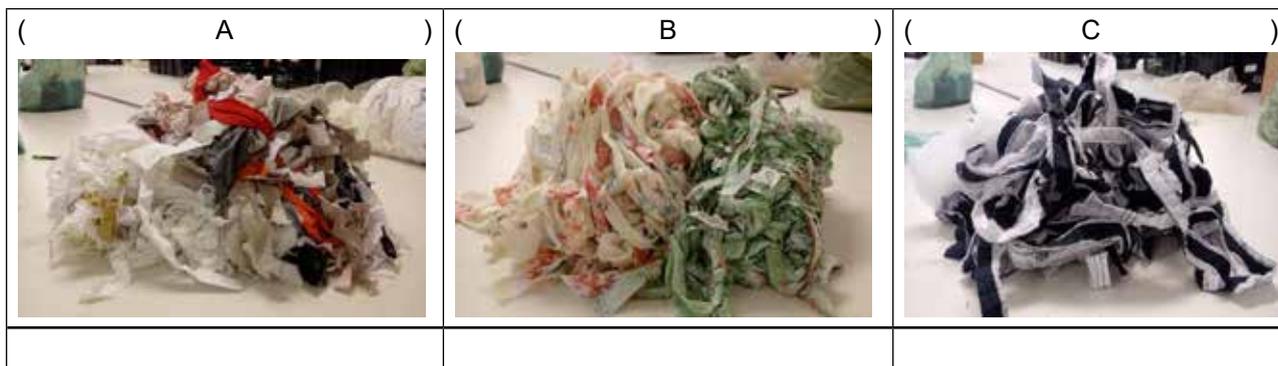
Fonte: autoras

3 PESQUISA EXPERIMENTAL

Foram utilizadas as seguintes matérias-primas para a fabricação dos fios: fibras de poliéster reciclado de garrafas PET e fibras desfibradas de poliéster. As fibras de poliéster reciclado foram adquiridas no mercado e as fibras desfibradas, com composição 100% poliéster, foram retiradas das aparas de tecidos (Figuras 9A e 9B), de malhas e de tecidos não tecidos (Figura 9C) fornecidas pelas confecções de Ibatinga.

**Proposta de fabricação de cabedal de malha
 utilizando o modelo de economia circular**

Figura 9 – Aparas têxteis, sendo Confeção A (tecidos e malhas), Confeção B (tecidos) e Confeção C (tecidos e tecidos não tecidos)



Fonte: Autoras

As aparas de tecidos foram cortadas em uma cortadeira automática e desfibradas em uma desfibradeira. A Figura 10 mostra o material cortado e desfibrado.

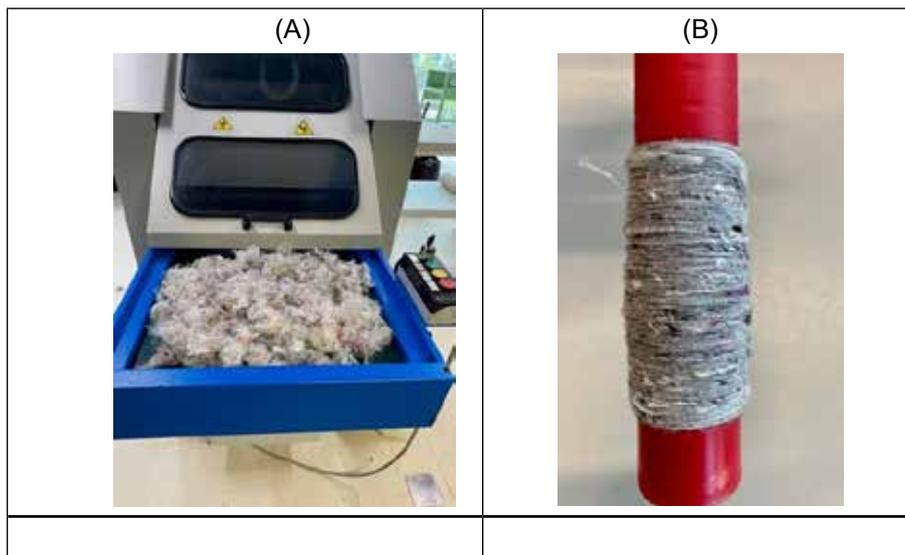
Figura 10 – Aparas de tecidos, malhas e tecidos não tecidos desfibrados



Fonte: Autoras

As matérias-primas utilizadas na fabricação dos fios foram 50% de fibras desfibradas de poliéster e 50% poliéster reciclado fios, foram fabricados fios com densidade linear 19,7x1 tex (Nec 30/1) em fiação a anel (convencional). A Figura 11A mostra a mistura utilizada na fabricação do fio (entrada da carda) e a Figura 11B mostra fio produzido (saída do filatório).

Figura 11 – Mistura de fibras (A) e Fios produzidos (B)



Fonte: Autoras

A Figura 12 mostra o tecido de malha confeccionado com o fio produzido. Os cabedais sem costura, serão confeccionados em máquinas retilíneas (Shima Seiki) que possuem tecnologia de fabricação similar a do tear circular utilizado na fabricação da malha.

Figura 12 – Tecido de malha produzido utilizando o modelo de economia circular



Fonte: Autoras

O calçado usado para lazer deixou de ser apenas um item do vestuário para proteção dos pés, para ser considerado um item de moda e é um dos responsáveis pela definição do estilo do seu usuário. Atualmente a maioria dos consumidores busca produtos diferenciados e na hora da compra optam pelos produtos que possuem preocupação com o meio ambiente. Os empresários e profissionais da moda perceberam a tendência do consumo sustentável e procuram alternativas de novos materiais e processos voltados a fabricação de produtos com responsabilidade social e ambiental.

A utilização de matérias-primas recicladas, em substituição aos materiais virgens, contribuirá para a redução taxa de emissão de CO₂ nos processos de extração e fabricação das fibras e no uso de grandes quantidades de produtos químicos e de água, para a fabricação e tingimento dos fios ou dos tecidos, pois como foram utilizadas aparas de tecidos coloridos, os fios produzidos a partir das aparas de tecidos planos e malhas, não necessitam de tingimento.

Com a utilização dos materiais de baixo impacto ambiental e novas tecnologias para a produção de cabedais de malha sem costura, é possível reduzir o descarte de resíduos sólidos das indústrias de confecções e das indústrias calçadistas, a emissão de CO₂ (dióxido de carbono), o uso de produtos químicos e o uso de água na fabricação dos novos produtos.

No processo de fabricação dos cabedais de malha sem costura, quando comparado ao processo convencional, observa-se uma redução das etapas de fabricação dos calçados, pois os cabedais são confeccionados nas máquinas retilíneas no formato final e sem gerar resíduos. Nesse processo, para completar a fabricação do tênis será necessário somente a aplicação do solado, desta forma, haverá uma diminuição das etapas do processo produtivo da indústria calçadista, com aumento da competitividade, redução custos, aumento da produção e diminuição dos erros humanos.

5 CONCLUSÕES

A crescente preocupação com aspectos sociais e ambientais tem despertado o interesse do consumidor, que vem buscando produtos diferenciados, principalmente no que se refere à sustentabilidade. A adoção de um posicionamento ecologicamente e socialmente correto é uma tendência mundial e está sendo amplamente difundido pelo meio empresarial. Os materiais utilizados a fabricação dos cabedais, produzidos seguindo o modelo de economia circular, viabilizam a fabricação de produtos que atendam aos usuários que buscam o consumo sustentável.

O processo produtivo convencional de fabricação dos calçados necessita de grande quantidade de etapas para a fabricação do produto final, apresenta baixa complexidade, utiliza tecnologias simples, que pode ser caracterizada como artesanal, com o uso massivo de mão de obra e geração de resíduos sólidos (aparas de tecidos/malhas). O processo produtivo de cabedais de malha sem costura reduz o tempo de trabalho ao produzir cabedais praticamente completos, sendo necessárias nenhuma ou pouca costura e produzindo diferentes padronagens no mesmo produto.

Esta tecnologia simplifica as etapas do processo produtivo com o objetivo de ganhar competitividade, reduzir custos, aumentar a produção e diminuir erros. Essas inovações estão tornando a produção têxtil mais eficiente, evitando o desperdício de recursos, além de eliminar a poluição e preparar essa indústria para a Quarta Revolução Industrial.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o Instituto SENAI de Inovação – Biossintéticos e Fibras (CETIQT) pela parceria para realizar em suas instalações a parte experimental desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Mariana Correia do. **Reaproveitamento e reciclagem têxtil no Brasil**: ações e prospecto de triagem de resíduos para pequenos geradores. Dissertação de Mestrado. 2016. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Têxtil e Moda, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO – ABIPLAST. **Os plásticos**. 2020. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br>>. Acesso em: 22 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO – ABIT. **Cartilha indústria têxtil e de confecção brasileira**: cenários, desafios, perspectivas e demandas. 2013. Disponível em: <http://abit-files.abit.org.br/site/publicacoes/cartilha.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS – ABICALÇADOS. **Relatório setorial**: indústria de calçados do Brasil. 2019. Disponível em: <http://abicalcados.com.br/publicacoes/relatorio-setorial>. Acesso em: 30 set. 2020.

AVILA, Ana Paula Santos de; MACIEL, Dulce Maria Holanda; SILVEIRA, Icléia; RECH, Sandra Regina. Os resíduos têxteis sólidos no contexto de abordagens sustentáveis: ciclo de vida, economia circular e upcycling. **MIX Sustentável**, Florianópolis, v. 4, n. 3, p.17 - 24, out./mar. 2018.

COLANTUONO, Aline Correia de Sousa; SOUSA, Naina Correia de. A indústria calçadista no âmbito das cadeias produtivas globais. **Revista da Faculdade de Administração e Economia - ReFAE**, São Bernardo do Campo, v. 9, n. 1, p. 15 - 41, 2018.

DEOPURA, B. L. et al. Polyester and polyamides. *In*: KRISHNAN, P. S. G.; KULKARNI, S. T. **Polyester resins**. Cambridge: Woodhead Publishing Textiles, 2008.

DUARTE, Adriana Yumi Sato; LIMA, Fernando Soares; QUEIROZ, Rayana Santiago de; SANCHES, Regina Aparecida. Proposta de redução do impacto ambiental na fabricação de cabedais sem costura usando o modelo de economia circular. *In*: PEDROSA, Rafael Alves (Org.). **Gestão da produção em foco**. 1. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2021, v. 48, p. 59-66.

DIAS, Sylmara Lopes Francelino Gonçalves. Há vida após a morte: um (re)pensar estratégico para o fim da vida das embalagens. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 3, n. 3, set./dez. 2006.

ECHEVERRIA, Claudia A.; HANDOKO, Wilson; PAHLEVANI, Farshid; SAHAJWALLA, Vee-na. Cascading use of textile waste for the advancement of fibre reinforced composites for building applications. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 208. p. 1524 - 1536. 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à economia circular**: o racional de negócio para acelerar a transição. 2015. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumoa%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf. Acesso em: 12 mar. 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **A new textiles economy**: redesigning fashion's future. 2017. Disponível em: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>. Acesso em: 25 ago. 2021.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Panorama da indústria de transformação brasileira**. 2019. São Paulo/SP. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

GORINI, Ana Paula Fontenelle; SIQUEIRA, Sandra Helena Gomes de. **O setor de calçados no Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 1998.

GONÇALVES, Taynara Martins; BARROSO, Ana Flavia da Fonseca. A economia circular como alternativa à economia linear. *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE

SERGIPE, 11., 2019, Sergipe. **Anais [...]**. Sergipe: Editora UFS, 2019. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12561/2/EconomiaCircularAlternativa.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2020.

GUIDOLIN, Sílvia Maria; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; ROCHA, Érico Rial Pinto da. Indústria calçadista e estratégias de fortalecimento da competitividade. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 31, p. 147 - 184, mar. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estimativas da população 2021**: estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiras, com data de referência em 1º de julho de 2021. Disponível em:

https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/estimativa_dou_2021.pdf. Acesso em: 21 dez. 2021.

KERR, John; LANDRY, John. **Pulse of the fashion industry**. 2017. Disponível em: <https://developmenteducation.ie/app/uploads/2019/12/Pulse-of-the-Fashion-Industry_2017.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

LEITÃO, Alexandra. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal Of Finance, Management And Accounting**, Santa Maria da Feira, v. 1, n. 2, 2015.

LORENZETTI, Luiza. A importância do reaproveitamento de resíduos têxteis em São Paulo. **Portal Tratamento de Água**. São Paulo, [S. n.], 2018. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/reaproveitamento-residuos-texteis-sp/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MATUSHIMA, Marcos Kazuo. **Especialização produtiva e aglomeração industrial**: uma análise da indústria de confecções de Ibitinga-SP. 2005. 183 f. Tese (Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Competitividade industrial**: conceituação. 2017. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/acoes-e-programas-11/conceituacao>>. Acesso: 15 jul. 2021.

MORSELETTO, Piero. Targets for a circular economy. **Resources, conservation and recycling**. v. 153, p. 104553, 2020.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. **Economics of natural resources and environment**. Londres: Harvester Wheasheaf, 1990.

PEREIRA, Samanta Vieira. **Obtenção de cromato de sódio a partir das cinzas de incineração de resíduos de couro do setor calçadista visando à produção de sulfato básico de cromo**. 2006, 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

QUANTIS. **Measuring fashion**: environmental impact of the global apparel and footwear industries study. [S. l.]: Quantis, 2018. Disponível em: https://quantis-intl.com/wp-content/uploads/2018/03/measuringfashion_globalimpactstudy_full-report_quantis_cwf_2018a.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

SAJN, Nikolina. **Environmental impact of the textile and clothing industry**. [S. l.]: European Parliamentary Research Service, 2019. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI\(2019\)633143_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI(2019)633143_EN.pdf). Acesso em: 20/10/2021.

SANCHES, Regina Aparecida. **Estudo comparativo das características das malhas produzidas com fibras sustentáveis para fabricação de vestuário**. São Paulo: Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. 2011. Tese de Livre-docência.

SHIRVANIMOGHADDAM, Kamyar; MOTAMED, Bahareh; RAMAKRISHNAC, Seeram; NAEBE, Minoo. Death by waste: fashion and textile circular economy case. **Science of the Total Environment**, v. 718, p. 137317, 2020.

SPINACÉ, Maria Aparecida da Silva; PAOLI, Marco Aurelio de. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 65 - 72, nov. 2005.

TREPTOW, Doris. **Inventando moda: planejamento de coleção**. 5. ed. Editora: Cia. dos Livros. 2013.

VALLE, Maria da Conceição Gomes; FREITAS, Tatiane Oliveira de; GUEDES, Renato Celestino; SILVA, Izabelle Pereira da. Uma nova geração de fibras: um estudo sobre a busca pelo conforto e redução dos impactos ambientais. **Revista Universidade Rural, Série Ciências Humanas**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1-2, jan./ dez. 2004.

VEZZÁ Carlo Sartori Bonfim; COTAIT, Pedro Leite de Abreu; ALVES, Marcelo Augusto Leal. **Produção de fibras para produção de tecidos a partir da reciclagem de PET**. 2006. Disponível em: www.poli.usp.br/d/pme2599/2006/Artigos/Art_TCC_054_2006.pdf. Acesso em: 05 mar. 2020.

VIANA, Fernando Luiz Emerenciano; ROCHA, Roberto Ednísio Vasconcelos. **A indústria de calçados no Nordeste: características, desafios e oportunidades**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2006.

WIKIMEDIA. **Mapa do Município de Ibitinga**. Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4e/SaoPaulo_Municip_Ibitinga.svg/2560px-SaoPaulo_Municip_Ibitinga.svg.png. Acesso em: 28 out. 2021.

Data de submissão: 29/10/2021

Data de aceite: 19/01/2022

Data de publicação: 28/01/2022

