

# Processos produtivos dos tênis esportivos de malha sem costura e proposta de desenvolvimento de um modelo com cabedal tricotado em máquina retilínea

Regina Aparecida Sanches <sup>(1)</sup>, Raquel Cordeiro Faustino <sup>(2)</sup> y Adriana Yumi Sato Duarte <sup>(3)</sup>

---

**Resumo:** Atualmente, os calçados deixaram de assumir apenas a função de proteção para os pés, para serem considerados itens de moda, com características que definem o comportamento e estilo dos seus usuários. Paralelamente, a sociedade evoluiu evidenciando uma mudança no comportamento do consumidor que busca produtos diferenciados, com maior valor agregado, principalmente no que se refere à sustentabilidade. Nesse sentido, ao desenvolver um novo produto, é fundamental começar esse processo já se baseando em parâmetros sustentáveis. Dessa forma, aliando moda e tecnologia, a indústria calçadista pode se beneficiar com a utilização de materiais sustentáveis na confecção de novos calçados. O objetivo do presente artigo é propor o desenvolvimento de cabedais sem costuras, para tênis esportivos, produzidos em máquinas de malharia retilínea, utilizando materiais têxteis de baixo impacto ambiental. Para alcançar o objetivo proposto, a pesquisa foi desenvolvida de forma a estudar os processos produtivos dos tênis esportivos, conhecendo, também, os principais materiais utilizados em sua produção tradicional. Em seguida, foi realizada uma investigação dos principais materiais têxteis de baixo impacto ambiental e suas aplicações, para que, por fim, um novo fio reciclado fosse produzido e utilizado no desenvolvimento do projeto de tênis esportivo com cabedal de malha, feito em máquina retilínea. O novo fio é resultado da união de fibras de poliéster oriundas da reciclagem de garrafas PET e o material desfibrado reciclado de aparas de tecido, malhas e tecidos não tecidos 100% poliéster, descartado pelas indústrias de confecção. Sabendo que a produção do cabedal em máquina retilínea reduz consideravelmente o tempo de confecção de um tênis, o uso e a valorização de um fio totalmente reciclado é mais uma adição positiva ao produto final, que se mostra totalmente viável e vantajoso, tanto para quem produz, quanto para o consumidor final.

**Palavras chaves:** Tênis esportivo - cabedal em malha sem costura - poliéster reciclado

[Resúmenes en inglés y español en la página 101]

---

<sup>(1)</sup> Regina Aparecida Sanches - Possui graduação em Engenharia Mecânica - Ênfase Têxtil pelo Centro Universitário da FEI, mestrado e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas, pós-doutorado em Design pela Universidade de Lisboa (Portugal), livre docência pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. É professora visitante da Universidade de Lisboa (Portugal), do Instituto Politécnico de Castelo Branco (Portugal) e da Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli (Itália). É pesquisadora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (USP), do Instituto de Estudos Avançados (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.

<sup>(2)</sup> Raquel Cordeiro Faustino - Mestre pelo programa de pós-graduação em Têxtil e Moda da Universidade de São Paulo, possui graduação em Design pela Universidade do Estado do Pará, especialização em Design de Moda pela Universidade da Amazônia e curso-tecnico-profissionalizante em Técnico em Figurino pela Universidade Federal do Pará. Tem experiência acadêmica como professora substituta na Universidade do Estado do Pará.

<sup>(3)</sup> Adriana Yumi Sato Duarte - Possui graduação em Bacharelado em Têxtil e Moda pela Universidade de São Paulo, Mestrado e Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas. 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. Atualmente é Professora Assistente Doutora do Departamento de Design da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design da Unesp, campus Bauru.

## Introdução

Em 2023, de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Calçados – Abicalçados (2024), a produção e exportação mundiais do setor calçadista totalizaram 22,6 bilhões e 14 bilhões de pares respectivamente. Em 2022, 76% da produção de calçados foi produzida por quatro principais produtores mundiais, que estão localizados na Ásia: China, Índia, Vietnã e Indonésia. O Brasil é o quinto maior produtor e o quarto maior consumidor de calçados do mundo.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2023), o Brasil, em 2023, possuía 5,3 mil empresas calçadista, responsáveis pela geração de 280,6 mil empregos formais, produziu 886 milhões de pares de calçados, representando 3,7% da produção mundial de calçados.

Os processos produtivos desta cadeia são de baixa complexidade, possuem pouca automação e são intensivos no uso da mão de obra. A cadeia produtiva calçadista opera de forma linear,

quantidades significativas de recursos não renováveis são extraídas da natureza e utilizadas como matérias-primas para a produção dos calçados (Duarte et al., 2021).

Durante o processo produtivo grandes quantidades de resíduos sólidos são descartadas pelas empresas, os produtos finais, normalmente, são usados pelos consumidores por um curto período de tempo e, em seguida, são descartados no lixo comum e enviados aos aterros sanitários ou incinerados (Ellen Macarthur Foundation, 2017, p. 1).

Atenta à mudança no comportamento do consumidor, as empresas desta cadeia buscam produtos diferenciados, com uma proposta de valor agregado, principalmente no que se refere a sustentabilidade, buscando incorporar matérias-primas e processos de produtivos voltados para a produção dos calçados ecologicamente e socialmente corretos, que é uma tendência mundial e está sendo amplamente difundido pelo meio empresarial.

Diante da tendência do consumo sustentável, já não faz mais sentido pensar apenas em reparar os danos que já foram causados pela histórica negligência do homem para com o meio ambiente. Todos os novos projetos a serem desenvolvidos devem, desde o princípio, estar baseados em parâmetros sustentáveis, incluindo projetos de moda e da indústria têxtil. Dentro deste panorama, uma alternativa coerente seria utilizar materiais de baixo impacto ambiental para a produção de novos bens de consumo. Sendo assim, a presente pesquisa explanará sobre alguns dos principais materiais têxteis com características ecológicas e sobre as novas tecnologias para a produção de cabedais sem costura, com o objetivo de testar a aplicação desses materiais na produção de cabedais em malha sem costura para calçados esportivos. Há uma grande variedade de roupas, acessórios e calçados esportivos, que podem ser utilizados tanto para a prática de atividades esportivas quanto para o lazer. O produto apresentado ao final deste artigo foi desenvolvido para ser utilizado em atividades de lazer ou de baixo impacto, como caminhadas e alguns exercícios aeróbicos leves.

## Referencial Teórico

Os próximos tópicos desta sessão são resultado da etapa de levantamento de dados sobre os temas relevantes desta pesquisa.

### 2.1. Breve histórico

Os primeiros tipos de calçados, criados pelos homens das cavernas, tinham como função proteger os pés durante as longas caminhadas em terrenos irregulares, com pedras, galhos e até mesmo de pequenos animais que habitavam o solo. Na época, o calçado era confeccionado com pele animal, que era cortada, raspada, seca e, por fim, amarrada aos pés (Dos Santos e Silva, 2009. p. 1).

Os calçados evoluíram e os humanos passaram a usar basicamente dois tipos de calçados. Um deles similar às sandálias de plataforma, com tiras que envolviam os pés, mantendo-os presos ao solado. O outro tipo parecido com mocassim, feito em couro ou tecido e envolvendo completamente os pés (Keyser, 2015).

De acordo com Turner (2019) o desenvolvimento dos calçados esportivos foi incentivado principalmente pelas recreações físicas e pelos esportes praticados na época, final do século XIX, em especial o tênis, football e cricket. Estes tênis poderiam ser usados de forma habitual não só pelos esportistas como também pela população em geral e que tais produtos davam uma aparência de homem e mulher modernos.

Na década de 1980 houve muito avanço tecnológico no que diz respeito à criação de tênis esportivos. A parte superior desse tipo de calçado, conhecida como cabedal, passou a ser confeccionada dos mais diversos materiais, desde laminados, tecidos telados, lonas, até peças moldadas previamente em materiais plásticos, como Policloreto de vinila, popularmente conhecido com PVC, Poliuretano, conhecido como PU, e Etileno acetato de vinila, o EVA. Palmilhas e forros flocados também foram produzidos no período, mas o principal destaque ficou com as inovações nos solados, que passaram a possuir amortecimento e impulsadores de movimento (FEIJÓ, 2008). Outros materiais mais recentes como as fibras, os polímeros plásticos, e os adesivos também corroboraram para o avanço no desenvolvimento desse tipo de produto (Estavão, 2020).

Mais recentemente, em 2012, a Nike apresentou os primeiros tênis esportivos com cabedais produzidos com máquinas retilíneas de malharia (tecnologia knit – 3D) e solas produzidas com impressoras tridimensionais, feitos em grande escala, iniciando uma nova era de personalização de calçados (Kratochwill, 2014).

## 2.2. Tênis Esportivo

A produção calçadista, para a análise do setor produtivo, pode ser dividida pelo material predominante: plástico, borracha, laminado sintético, têxtil, couro e outros materiais; por gênero: feminino, masculino, infantil e não identificado; por tipo de uso: chinelo, casual e social, esportivo, segurança e ortopédico (Abicalçados, 2024).

Materiais têxteis fazem parte da confecção dos tênis esportivos, especialmente na construção dos cabedais.

Ao procurar modelos de tênis esportivos, apesar da enorme variedade de tecnologias e estilos apresentados pelo mercado atual, é possível notar um padrão desse produto, que é sua divisão entre parte superior e parte inferior. Na figura 1 é possível visualizar um exemplo de calçado esportivo básico, onde a parte superior, conhecida como cabedal, é representada pela letra a, enquanto a parte inferior está subdividida em palmilha, entressola e solado, letras b, c e d, respectivamente.



**Figura 1.** Principais componentes do tênis esportivo. Fonte: DINATO, 2013, p. 5.

O cabedal (A), é o componente superior fixado ao solado, possui a função de proteção e segurança fornecendo comodidade e conforto aos pés. De acordo com Neves (2010), o cabedal pode ser produzido a partir de um único material ou pode ser produzido com vários materiais, os principais materiais são: couro, material resistente, mas possui um peso superior se comparado a outros materiais; tecido plano ou malha, que pode ser de produzido a partir de fibras naturais como o algodão ou a partir de fibras sintéticas como o poliéster e a poliamida, quando comparado ao couro possui menor peso, maior mobilidade e maior velocidade de transporte de umidade para o meio ambiente; laminados sintéticos, os principais são: PVC [poli (cloreto de vinila)], PU (poliuretano), TR (termoplástico de borracha), borracha natural vulcanizada e EVA (acetato de vinila de etileno)” (Dos Santos e Silva, 2009, p. 72).

A palmilha (B) normalmente é produzida utilizando como matéria-prima o EVA e tem como função a proteção das estruturas dos pés dos usuários (Faquin, 2012).

A entressola (C) se encontra entre a palmilha e a sola, é responsável pelo amortecimento de impactos, o material comumente utilizado é o EVA (Onodera, 2016).

O solado (D) é a parte inferior do calçado, geralmente fabricado em PU, material de alta durabilidade, tem como função conferir maior aderência do calçado ao solo e proteger a entressola (Faustino, 2023).

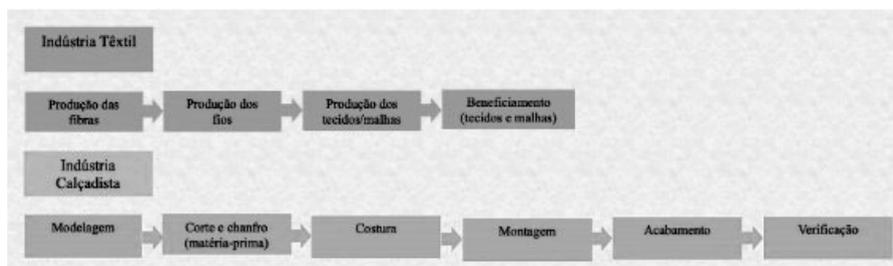
### 2.3. Processo de produção dos tênis

De acordo com Sanches et al. (2021), a produção dos cabedais têxteis, pode ser realizada pelo processo tradicional, que é normalmente utilizado pelas empresas calçadistas e

engloba as seguintes atividades: corte das partes dos tecidos/malhas e em seguida a união dessas partes cortadas com cola e costura, ou pela tecnologia seamless, onde são produzidos os cabedais sem costura pelas máquinas de malharia, prontos para serem usados pela indústria calçadista.

### 2.3.1. Processo de produção do tênis tradicional esportivo (indústria calçadista)

Os tecidos e malhas são produzidos pelos vários elos da cadeia têxtil, que se inicia com a produção das fibras, em seguida são realizadas as etapas de produção dos fios, produção dos tecidos e beneficiamento dos tecidos. Os tecidos e malhas produzidos são encaminhados às empresas calçadistas (Duarte; Sanches, 2022). O processo de produção do tênis tradicional acontece em, basicamente, seis etapas. São elas: modelagem, corte e chanfro, costura, montagem, acabamento e verificação, conforme mostra a figura 2.



**Figura 2.** Principias etapas do processo produtivo dos tênis esportivos tradicionais. Fonte: Adaptado de Duarte; Sanches (2022)

Na indústria calçadista a modelagem é o início de tudo, quando acontece a criação e desenvolvimento do calçado a ser fabricado. É durante essa primeira etapa que o produto pode ser adaptado para sua produção, de acordo com as especificações de materiais, capacidade do maquinário disponível e custos envolvidos (Marcondes Silva, 2022). Segundo Da Silva, Moraes e Modolo (2015, p. 3), “o corte e chanfro referem-se às etapas de corte das diferentes partes do calçado, compondo assim o cabedal”. Em seguida, na etapa de costura, as diferentes partes do cabedal são unidas, sendo costuradas, dobradas ou coladas.

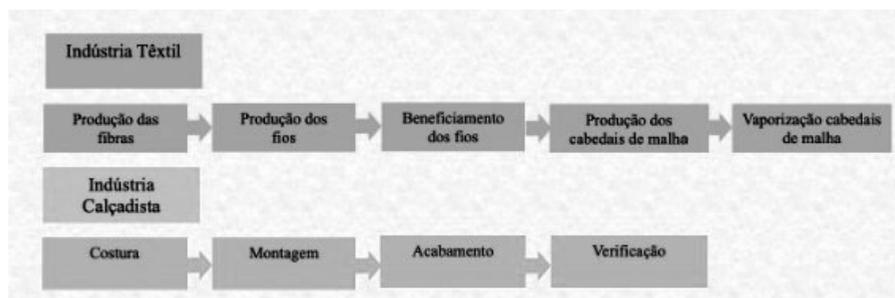
Em seguida, durante a montagem, o cabedal é unido ao solado por meio de uma nova costura, por colagem ou prensagem. Salto, biqueiras e palmilhas são adicionados em sequência. O acabamento é uma das últimas etapas e, como citam Da Silva, Moraes e Modolo (2015, p. 3), “é quando o calçado é retirado da forma e passa pelos últimos

detalhes: colocação de forro, pintura, enceramento, [...], entre outros”. Em geral, é durante a verificação que acontece o controle de qualidade, quando os calçados estão todos prontos para serem analisados.

### 2.3.2. Processo de produção dos tênis de malha sem costura (seamless)

Atualmente, em função do desenvolvimento de novas tecnologias, as máquinas de malharia de trama tornaram-se mais especializadas e universais com a produção de vestuários completos, produtos industriais, produtos médicos e calçados (Sanches et al., 2021).

As grandes empresas de artigos esportivos produzem a parte superior de calçados (cabedal) em máquinas de malharia. Para atender a esta demanda, as fabricantes Shima Seiki e Stoll, lançaram no mercado máquinas retilíneas que são capazes de produzir parte superior do sapato de malha totalmente sem costura (tridimensional), no tamanho e formato para serem utilizadas pelas empresas calçadistas e sem descartes de matérias-primas, tornando a produção dos cabedais sustentáveis (Shima Seiki, 2019; Stoll, 2019). A figura 3 mostra o fluxo de produção desses tênis. É importante ressaltar que a única operação de costura que é realizada pela indústria calçadista é o fechamento dos cabedais produzidos pelas máquinas retilíneas e as operações de montagem, acabamento e verificação são iguais às realizadas para a produção do tênis pelo processo tradicional.



**Figura 3.** Principais etapas do processo produtivo dos cabedais sem costura tricotados em máquinas retilíneas de malharia. Fonte: Adaptado de Duarte; Sanches (2022)

As figuras 4a, 4b e 4c ilustram respectivamente um cabedal aberto produzido pelas máquinas de malharia retilínea, o cabedal fechado após a etapa da costura realizada pela indústria calçadista e uma máquina retilínea, da marca Shima Seiki, utilizada para a tricotagem dos cabedais sem costura.

Figura 4a – Cabedal aberto



Figura 4b – Cabedal fechado



Figura 4c – Máquina retilínea



Figuras; 4a, 4b e 4c. Fonte: Duarte; Sanches; Faustino (2024)

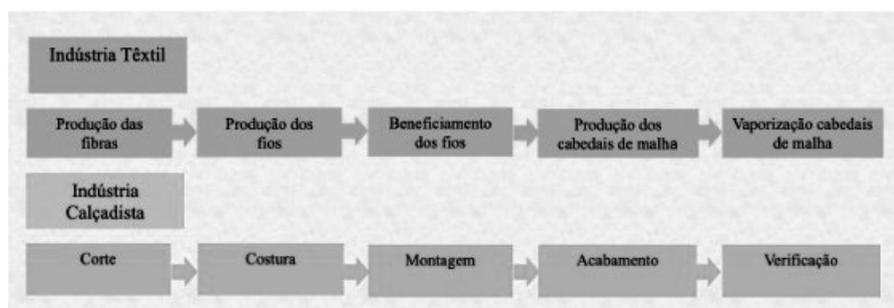
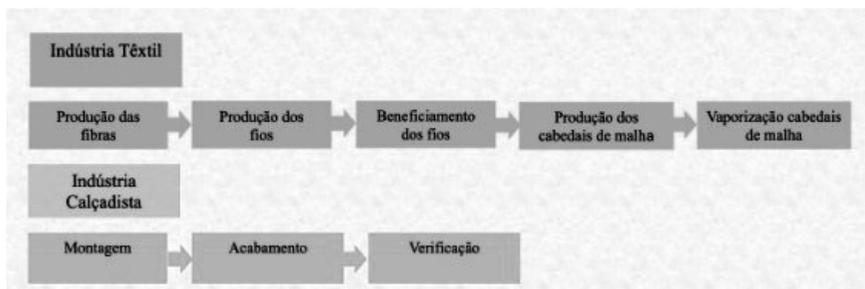


Figura 5. Principias etapas do processo produtivo dos cabedais sem costura tricotados pelas máquinas circulares de grande diâmetro. Fonte: Adaptado de Duarte; Sanches (2022)

A máquina circular de pequeno diâmetro, produz um cabedal tridimensional sem a necessidade de costura posterior (Santoni, 2019), ou seja, na indústria calçadista são realizadas as etapas de montagem dos cabedais no solado, de acabamento e a verificação, conforme ilustra a figura 6.



**Figura 6.** Principais etapas do processo produtivo dos cabedais sem costura tricotados pelas máquinas circulares de pequeno diâmetro. Fonte: Adaptado de Duarte; Sanches (2022)

#### 2.4. Matérias-primas de baixo impacto ambiental para a produção dos cabedais têxteis

Os impactos ambientais são mudanças que ocorrem no espaço geográfico, causadas pelas atividades humanas. Esses impactos ambientais podem ser positivos, de acordo com Silva (2019, p. 1), “quando resultam em melhorias para o ambiente, ou negativos, quando essas alterações causam algum risco para o ser humano ou para os recursos naturais[...]”. Os produtos têxteis disponíveis no mercado são fabricados a partir de uma matéria-prima: fibras têxteis. As fibras podem ser tanto naturais quanto químicas, e os tipos que costumam ser mais utilizados de cada origem são, respectivamente, o algodão e o poliéster, sendo esse último adotado como principal material para a produção de vestuário esportivo (Subic; Mouritz; Troynikov, 2009).

A indústria de calçados é um setor que faz uso de uma grande variedade de materiais em seus diferentes produtos, desde os mais básicos até os calçados mais tecnológicos e especializados. Seja o couro, os têxteis sintéticos e naturais, a borracha ou plásticos, cada material tem características próprias, que são diferentes em aspectos como a vida útil, estética e propriedades físicas, e também nas possibilidades de tratamento e opções de reciclagem, ou seja, como podem ser avaliados ao término do ciclo de uso (Staikos; Rahimifard, 2007). Então, é fundamental ter em mente que as atividades de design e escolha de materiais, como falam Staikos e Rahimifard (2007, p. 4403), “influenciam significativamente não apenas a vida do calçado, mas também seu tratamento no final da vida útil”. Considerando que a indústria de calçados é global e apresenta números bastante expressivos, os esforços voltados à pesquisa, desenvolvimento e utilização de novos materiais, como os reciclados e os biodegradáveis, ou mesmo o melhoramento da produção do algodão, por exemplo, podem resultar em uma diminuição significativa dos impactos ambientais negativos, tanto durante a produção, quanto após o encerramento da vida útil desses produtos.

Sendo assim, é interessante destacar alguns materiais têxteis que já são produzidos tendo como foco em uma maior responsabilidade ambiental.

#### **2.4.1. Algodão orgânico e sustentável**

O uso do algodão cultivado da forma tradicional não é sustentável, utiliza muita água durante a sua produção e pesticidas e inseticidas para o controle de doenças e pragas (Amutha, 2017 apud Glasa, 2015). O consumo excessivo destas substâncias químicas e sintéticas possui alto potencial para afetar a saúde humana e o meio ambiente, pode contaminar as águas superficiais e subterrâneas, gerar emissões de gases com efeito estufa, provocar alterações climáticas, mortalidade de abelhas, intoxicação, aborto espontâneo e câncer em seres humanos (Abrasco, 2015). A produção de algodão provoca alterações climáticas que, por sua vez, afeta a produção e contribui para a emissão entre 0,3 e 1% do total de gases efeito estufa (GEE) em todo o mundo. Os resíduos de algodão que são queimados emitem CO<sub>2</sub> e outros GEE para a atmosfera (Amutha, 2017).

A agricultura orgânica em geral, é um sistema produtivo que atua de forma a preservar o equilíbrio natural do meio ambiente, o que permite promover sua saúde. Para isso, nesse tipo de produção são realizadas práticas de manejo que não utilizam materiais estranhos ao meio rural, excluindo substâncias químicas e sintéticas que agridam o solo e não sejam encontradas no ecossistema naturalmente (De Oliveira; Oliveira-filho, 2014).

Segundo Martins (2009), a colheita do algodão orgânico é realizada manualmente, para que seja retirada da planta apenas o extremamente necessário, ou seja, a pluma, com a qual é possível, cuidadosamente, separar a fibra do caroço. Esses cuidados empregados na produção do algodão orgânico, acabam ajudando na manutenção da fertilidade do solo e na recuperação do equilíbrio ambiental, “diminuindo os riscos de prejuízos causados por pragas, apresentando mais vantagens em relação ao algodão convencional” (Martins, 2009, p. 57).

Para que um cultivo de algodão possa ser considerado orgânico, é preciso seguir parâmetros e adaptar processos para obter a certificação necessária. De forma similar, para que uma plantação seja definida como sustentável, alguns cuidados devem ser respeitados. É possível que existam plantações orgânicas que não sejam sustentáveis, assim como discutem Ferrigno e Lizarraga (2008), quando mencionam que não basta que uma plantação de algodão orgânico seja ecológica para ser definida como sustentável. Em síntese, para que uma plantação de algodão seja sustentável, ela precisa estar de acordo com os três pilares da sustentabilidade: ambiental, social e econômico. No ambiental, a produção deve acontecer ao mesmo tempo em que o ambiente onde está inserida é protegido e preservado. Na social, o trabalho precisa prezar pela boa relação entre todos os elos da produção, ou seja, é preciso haver uma valorização de todos os colaboradores da cadeia produtiva. Por fim, no quesito econômico, é fundamental que a produção promova práticas econômicas justas, de modo que haja o melhor desenvolvimento do ecossistema da produção, assim como do mercado e do local onde está inserida (Soudealgodão, 2020).

#### **2.4.2. Fibras desfiadas**

A fibra de poliéster é um exemplo de polímeros sintetizados que não existem na natureza, e a matéria-prima é encontrada como subproduto da indústria de refinaria. Muitos tipos

de poliéster podem ser sintetizados; entretanto, todos eles são produzidos por uma reação de condensação e todos contêm grupo funcional éster (COOe). O tipo mais comum e importante de poliéster é o tereftalato de polietileno (PET), simplesmente denominado poliéster. Este é o produto da reação de condensação entre o etileno diglicol e o ácido tereftálico. O poliéster é um polímero termoplástico que pode ser fundido e moldado novamente. Esta propriedade é utilizada na produção e reciclagem de fibras de poliéster e tem potencial para ser utilizada diversas vezes. Na produção do PET virgem são emitidos compostos orgânicos voláteis, há liberação de poluentes tóxicos nas águas subterrâneas e, quando comparado com a produção das fibras naturais, é consumida uma grande quantidade de energia e baixa quantidade de água (Stone et al., 2019). Normalmente, as fibras de poliéster são produzidas como filamentos contínuos a partir de um polímero granulado (processo descontínuo) ou por uma polimerização contínua.

As aparas de confecção (pré-consumo) e os vestuários descartados pelos consumidores após o uso (pós-consumo) podem ser desfibrados e reinseridos na cadeia têxtil para serem utilizados como matérias-primas na produção de um novo produto. O processo de desfibragem consiste em cortar os tecidos e desfibrá-los para transformá-los em fibra desfibradas que, em seguida serão transformadas em fios e depois em novos tecidos (Da Costa; De Jacques; Plentz, 2014). As aparas de tecidos (pré-consumo) e os artigos têxteis descartados pelos consumidores (pós-consumo) devem ser separados por tipo de material e pela sua cor para que o resultado da reciclagem seja o mais satisfatório possível e não haja nenhum tipo de prejuízo ao longo do processo.

De Souza Pereira et al. (2016, p. 10 e 11) mencionam em sua pesquisa que a reutilização ou reciclagem de uma tonelada de vestuário de algodão “utiliza apenas 2,6% da energia necessária para a fabricação desses produtos a partir de material virgem”. Além disso, “comparando ambos os processos, verifica-se que a malha produzida com fios reciclados tem um melhor desempenho ambiental [...]” (De Souza Pereira et al., 2016, p. 11). Isso acontece devido ao processo produtivo do tecido reciclado acabar sendo reduzido, uma vez que não existe mais a necessidade do plantio do algodão, visto que o material é derivado de retalhos já existentes. “Outro fator positivo é a ausência do tingimento, [...], e com isso as emissões poluentes são menores [...]” (De Souza Pereira et al., 2016, p. 11). Os tecidos produzidos a partir de fibras químicas como o poliéster e a poliamida também podem ser desfibrados. É interessante mencionar que na desfibragem dos fios de filamentos existe uma vantagem técnica adicional, quando comparado com os tecidos de algodão, não há a preocupação com o comprimento das fibras, uma vez que é possível cortar estas fibras no comprimento necessário para serem misturadas com outros materiais (Sanches et al., 2022). Na produção das fibras desfibradas de poliéster não são emitidos compostos orgânicos voláteis, não há liberação de poluentes tóxicos nas águas subterrâneas, consome uma menor grande quantidade de energia quando comparada a produção do poliéster virgem e ausência de tingimento, pois utiliza tecidos tintos.

#### **2.4.3. Poliéster reciclado (reciclagem mecânica)**

Um dos materiais plásticos mais difundidos na sociedade de consumo atual é o das garrafas que servem como embalagem de bebidas, o PET, que é um polímero termoplástico que

possui propriedades físicas que, quando aquecido em temperatura adequada, permitem ao material amolecimento e fundição, de forma que possa ser moldado e reutilizado (Martins, 2009). Para que seja feita a reciclagem de garrafas PET é preciso seguir algumas etapas. A primeira é o recolhimento das embalagens usadas, lavagem para eliminar quaisquer resquícios de impurezas e, em seguida, a separação por cores. Durante esta etapa, o rótulo e a tampa são retirados, deixando a garrafa livre de qualquer outro material (Martins, 2009). Depois de uma secagem, o PET é triturado e reduzido a pequenos flocos. A segunda fase consiste em derreter os flocos em uma temperatura de 300 graus Celsius, quando o material alcança a fusão. É realizada uma filtragem para que não sobre nenhuma sujeira em meio ao material e, mais uma vez, o processo de fusão acontece. Então, “[...] o material é passado por equipamentos que o separam em filamentos. O resultado é uma fibra cerca de 20% mais fina que o algodão” (Martins, 2009, p. 70). Por fim, na terceira fase do processo, acontece a estiragem dos filamentos, quando os mesmos são transformados em fios.

Em escala industrial, a empresa UNIFI produz poliéster reciclado e fornece para diversas marcas, possibilitando as mesmas a fabricarem seus produtos de maneira mais ecológica. “REPREVE é a marca número um do mundo em fibra de desempenho reciclada. [...] Fibras de alta qualidade são fabricadas com materiais 100% reciclados [...]” (UNIFI, 2020, p.1). Segundo a empresa, a marca Repreve® foi criada com o objetivo de promover a sustentabilidade no mundo, retirando bilhões de garrafas plásticas de aterros e oceanos.

#### **2.4.4. Poliamida biodegradável e reciclada**

A poliamida é um polímero termoplástico, material sintético, e possibilita a produção de fibras extremamente finas que proporcionam ao tecido ótimas características, como um toque macio, leveza, secagem rápida e boa resistência. Tendo em vista essas especificidades, o tecido de poliamida é bastante utilizado em roupas de banho, íntimas e esportivas (Lustosa, 2008).

Assim como acontece com diversos produtos da indústria têxtil, a produção de poliamida causa impactos ao meio ambiente. Por esse motivo, seguindo a tendência mundial de buscar produções cada vez menos agressivas e mais inteligentes, um ótimo exemplo de material disponível no mercado é o fio Amni® Soul Eco, da empresa Rhodia. Amni® é uma marca que pode ser considerada líder na produção de fios de poliamida, sendo o Soul Eco um de seus produtos, que é o primeiro fio de poliamida do mundo, “que permite que roupas feitas a partir dele se decomponham em menos de 3 anos quando descartadas corretamente [...]” (Rhodia, 2020, p.1).

Em meados de outubro de 2019, a empresa Rhodia lançou a primeira poliamida biodegradável e reciclada do mercado, dando a esse produto o nome de Amni® Soul Cycle. A produção desse material acontece por meio de um sistema de fabricação de ciclo fechado. Nesse caso específico, ocorrem coletas e reciclagem de resíduos sólidos têxteis, reaproveitamento de águas residuais, utilização de matérias-primas recolhidas da água e aproveitamento do calor gerado em outras fases da produção. “Isso mantém os padrões ambientais durante todo o ciclo industrial, para limitar o consumo de matérias-primas naturais [...]” (Saxena, 2018, p. 68).

O fio é o único de poliamida reciclada e biodegradável do mundo, desenvolvido nos laboratórios brasileiros da empresa, e é promessa de revolução para o setor têxtil. O fio Amni® Soul Cycle “é uma poliamida reciclada a partir de resíduo têxtil industrial (pré-consumo), regenerada e transformada novamente em fio têxtil” (Rhodia, 2019, p.1).

## **Procedimentos metodológicos e estudo de caso**

Nesta sessão serão apresentadas as principais etapas do processo de desenvolvimento e produção dos cabedais de tênis, produzidos com fibras desfibradas de resíduos sólidos têxteis descartadas das confecções e fibras recicladas de garrafas PET.

### **3.1. Metodologia**

Só é possível ter progresso e avanço na ciência e nos conhecimentos científicos a partir da pesquisa. A pesquisa é usada tanto para comprovar alguma teoria, quanto para propor soluções para problemas específicos. Dessa forma, pode-se definir a pesquisa como um tipo de investigação, que deve ser organizado sistematicamente com o objetivo principal de desenvolver ou refinar teorias existentes, ou resolver problemas pontuais. A pesquisa é necessária, pois muitas vezes não são encontradas informações adequadas e sistematizadas que respondam a um determinado questionamento (Dresch, 2015).

A presente pesquisa possui caráter exploratório, para o desenvolvimento deste artigo foram realizadas pesquisas bibliográficas em artigos científicos de periódicos congressos, livros (físicos e e-books), dissertações, teses e publicações via internet, com os objetivos de levantar informações sobre as matérias-primas de baixo impacto ambiental com potencial para serem utilizadas na produção de cabedais de tênis de baixo impacto e sobre os processos produtivos usados na fabricação destes calçados. O objetivo da pesquisa bibliográfica foi esclarecer os conteúdos relevantes à pesquisa e analisar trabalhos previamente desenvolvidos nas áreas relacionadas.

“Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições” (Gil, 2002). Desse modo, o planejamento acaba tendo uma maior flexibilidade, permitindo que sejam considerados os mais variados aspectos relacionados ao objeto de estudo.

Todavia, o trabalho também assumirá as faces de pesquisa explicativa. Isso porque pretende desenvolver experimentos físicos e químicos com o material estudado. “As pesquisas explicativas nas ciências naturais valem-se quase exclusivamente do método experimental” (Gil, 2002, p. 43). Ou seja, a base de uma pesquisa experimental é determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. “Trata-se, portanto, de uma pesquisa em que o pesquisador é um agente ativo, e não um observador passivo” (Gil, 2002, p. 48).

### 3.2. Estudo de caso

Para o desenvolvimento do modelo de tênis esportivo proposto nesta pesquisa, os materiais escolhidos foram as fibras de poliéster reciclado a partir de garrafas PET e o material desfibrado oriundo da desfibragem de aparas de tecidos 100% poliéster descartadas pelas confecções de Ibitinga, interior do Estado de São Paulo.

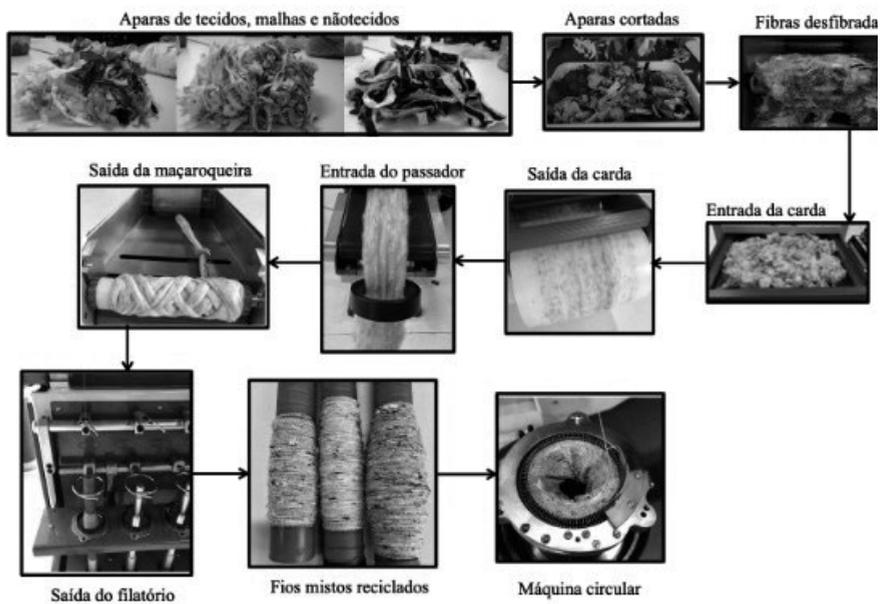
O município de Ibitinga localiza-se na parte central do estado, na Região de Governo de Araraquara, tem 689 Km<sup>2</sup> de área territorial e, segundo estimativa do Ibge (2023), possui cerca de 61 mil habitantes. Ibitinga foi a cidade escolhida por possuir um parque fabril verticalizado, com indústrias fabricantes de fios têxteis, tecidos planos e de malha, tinturaria, confecção e venda dos produtos confeccionados. Os principais produtos fabricados pelas empresas são artigos de cama, mesa e banho (lisos, estampados e bordados) e, em menor escala, artigos para decoração, vestuário em geral, entre outros.

#### 3.2.1. Produção do fio de poliéster reciclado

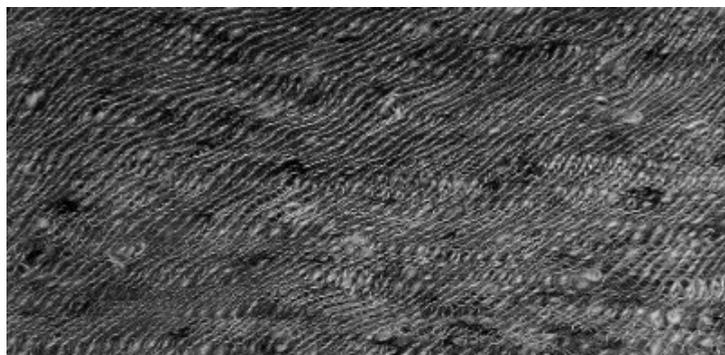
Para a fabricação do fio foram utilizadas 50% de fibras desfibradas de aparas de confecção (tecido, malha e tecido não tecido) e 50% de fibras de poliéster reciclado de garrafas PET. O processo de desfibragem foi dividido em três etapas: seleção das aparas 100% poliéster, feita de forma manual; corte do material selecionado, realizado em uma máquina cortadeira, para homogeneização do material em pedaços uniformes; e em seguida, o material cortado foi processado em uma outra máquina, chamada de desfibradeira, que já finaliza a etapa de desfibragem, entregando as fibras desfibradas.

A produção do fio aconteceu pela fiação convencional de anéis. Neste processo, as fibras foram alocadas na carda, onde passaram por uma homogeneização e foram orientadas em manta, em seguida o material foi paralelizado, estirado e torcido no passador/maçaroqueira, e, por fim, no filatório, o material sofreu mais estiramento e torção, para que ser transformado em fio, como mostra a figura 7.

Com os fios desfibrados produzidos e uma máquina circular de pequeno diâmetro foi tricotada uma malha (figura 8), o objetivo desta etapa foi verificar a viabilidade técnica de utilizar os fios desfibrados produzidos na produção dos cabedais tricotados em máquinas retilíneas de malharia. A máquina circular foi escolhida por ser similar a uma máquina retilínea, ou seja, como é uma malharia de trama, a formação da laçada é realizada da mesma forma que na máquina retilínea, possui agulhas de lingueta e a máquina possui um único alimentador de fios. Os resultados obtidos mostram que existe viabilidade técnica para a produção de cabedais de malha sem costura com os fios produzidos.



**Figura 7.** Processo de produção do fio desfibrado e da malha reciclada. Fonte: Adaptado de SANCHES et al., 2022.



**Figura 8.** Malha produzida com fios reciclados. Fonte: SANCHES et al., 2024

### 3.2.2. Definições do Projeto

Ao pensar em um tênis esportivo é preciso começar definindo, antes de qualquer coisa, para qual tipo de atividade física esse modelo de calçado será recomendado. Para o projeto aqui desenvolvido, foi definido que o tênis deverá ser utilizado em atividades de lazer ou de baixo impacto, tal qual caminhadas e aparelhos aeróbicos, como bicicleta ergométrica e elíptica.

Outra questão a ser resolvida no projeto é a utilização ou não de corantes para o tingimento dos fios. Uma vez que as fibras desfiadas são resultado da mistura de diversas aparas de tecidos, muitos já tingidos previamente, ficou definido que o resultado do fio reciclado, que apresenta alguns pontos coloridos em uma base majoritariamente em tons de cinza, já está de acordo com a proposta do projeto, por representar uma identidade visualmente natural e que remete aos produtos com características ecológicas e sustentáveis. Quanto ao público-alvo do calçado, serão indivíduos entre 25 e 70 anos, que possuem interesse em produtos ecologicamente sustentáveis, por acreditarem que suas escolhas influenciam positivamente na diminuição de impactos ambientais.

### 3.2.3. Esboços e Desenho Técnico

Após as definições do projeto foi iniciado o momento criativo, onde as primeiras ideias são esboçadas com a ajuda de equipamentos básicos, como folhas de papel em branco, que servirão como área de desenho, e canetas, lápis e borracha. Nesse momento, a intenção é produzir esboços, ou seja, desenhos que não precisam estar finalizados e nem demonstrar todos os aspectos finais do produto, e que podem incluir informações escritas, símbolos ou apenas partes do produto.

O objetivo, nesta etapa do desenvolvimento do produto, é transferir para o papel, de forma rápida, possibilidades e ideias, sem necessariamente preocupar-se com a viabilidade. Isso acontece porque após a etapa de esboços finalizada, uma seleção das melhores ideias acontecerá, permitindo que o produto final seja completamente definido. A figura 9 reúne alguns esboços que foram criados ao longo desse processo.

Dando continuidade ao desenvolvimento do projeto, depois de desenvolver alguns esboços e fazer uma seleção das ideias mais interessantes para o produto, é chegado o momento de transmitir essas ideias de maneira mais clara e objetiva, possibilitando que o projeto possa ser executado sem divergências. Figura 9

Para isso, é desenvolvido um desenho técnico, que pode ser visualizado na figura 10, e que deve seguir alguns padrões, como apresentar apenas informações fundamentais ao entendimento do projeto, evitando, aqui, fazer anotações, desenhar partes soltas do produto, ou qualquer desorganização visual. O desenho técnico pode ser feito tanto manualmente, quanto digitalmente em softwares, como por exemplo o AutoCad.

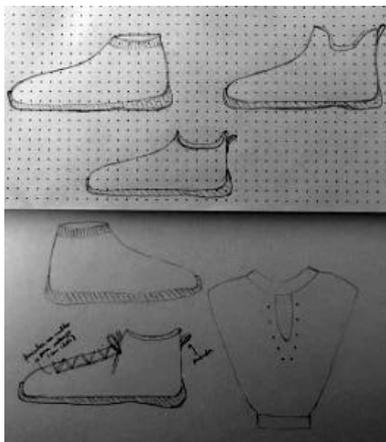


Fig 9



Fig 10



Fig 11

**Figura 9.** Esboços para a criação do calçado.  
Fonte: Raquel Cordeiro Faustino, 2023.

**Figura 10.** Desenho técnico do calçado.  
Fonte: Raquel Cordeiro Faustino, 2023.

**Figura 11.** Modelo 3D. Fonte: Raquel Cordeiro Faustino, 2023.

### 3.2.4. Projeto 3D

Por fim, tendo acesso à todas as informações técnicas do projeto, é possível realizar uma etapa de modelagem tridimensional, para que o produto seja melhor visualizado, antes mesmo de ser, de fato, confeccionado. A figura 11 apresenta o modelo 3D do calçado, e as imagens foram desenvolvidas nos softwares Maya e ZBrush.

### 3.2.5. Produção do Cabedal em Máquina Retilínea e Montagem do Calçado

O tênis esportivo será produzido com o cabedal de malha sem costura, tricotado em uma máquina retilínea, modelo SSR112 do fabricante Shima Seiki, conforme ilustrado na figura 4c.

O fluxo de produção dos tênis será o mesmo descrito na figura 3. Os cabedais de malha sem costura, produzidos pela malharia retilínea, no tamanho e formato para serem utilizados pela indústria calçadista, serão vaporizados e enviados às empresas calçadistas para serem realizadas as etapas de montagem, acabamento e verificação dos tênis esportivos.

## Vantagens do cabedal em malha retilínea sem costura

Um cabedal produzido de forma tradicional pela indústria calçadista leva mais tempo para ficar pronto que o mesmo modelo de cabedal produzido pela malharia retilínea. Essa informação, por si só já representa uma enorme vantagem, uma vez que, em escala industrial, quanto mais rápida uma produção, menos energia é consumida, o que significa uma economia financeira direta.

Além disso, por não serem necessárias as etapas de corte e chanfro, a escolha pelo cabedal de malha sem costura também reduz o desperdício de aparas de tecidos, que, por outro lado, sempre acontece na produção tradicional de calçados esportivos. Os cabedais convencionais são confeccionados pela indústria calçadista, que recebe os tecidos em rolo diretamente das malharias, e em seguida efetua o corte das partes dos cabedais e realiza a montagem dos mesmos. Já os cabedais de malha sem costura, são entregues à indústria calçadista no formato e tamanho adequados, prontos para a etapa de montagem do produto final.

Por ser construído sem costuras, o cabedal confeccionado em malharia retilínea também apresenta uma ótima estrutura, além de oferecer flexibilidade e leveza, características que proporcionam bastante conforto aos usuários. A escolha pelo poliéster reciclado também resulta em algumas vantagens para o calçado, especialmente em relação à resistência, uma vez que este material sintético é durável, forte e não desfia com facilidade, o que permitirá uma vida útil mais longa ao produto.

Para a produção dos tênis pelo método tradicional, quando a complexidade do modelo aumenta, a vantagem da utilização de cabedais sem costura é maior, pois o número de partes necessárias para a montagem do cabedal também aumenta, assim como a quantidade de operações necessárias para a sua produção. Conseqüentemente, o tempo gasto na montagem será maior, haverá uma maior necessidade de mão de obra e a quantidade de resíduos descartados do setor de corte também cresce.

Quanto a modelagem do cabedal, a tecnologia sem costuras permite modelar e desenhar os cabedais por meio de um sistema computadorizado, que possibilita a criação dos desenhos de malha, indicando como cada agulha deve trabalhar. O gráfico formado corresponde é enviado diretamente ao tear, e pela tela do computador é possível visualizar a programação das carreiras e colunas de malha. A programação fica gravada na máquina e pode ser colocada em produção a qualquer momento, apenas com a ativação pelo operador. Dessa forma, alterar a programação exige menos tempo e a mão de obra envolvida também é menor, tanto para reprogramar, quanto para acompanhar a produção.

## Considerações finais

Entrar em contato com a história do tênis esportivo é entender que a evolução desse produto vem, ao longo de séculos, acompanhando necessidades sociais, apresentando inovações e, atualmente, também possibilitando uma maior conexão com as demandas ambientais. A indústria calçadista é responsável pela oferta de bilhões de pares de sapatos anualmente, precisando retirar recursos da natureza e gerando uma quantidade enorme de resíduos em seus processos.

Dessa forma, as atividades voltadas ao desenvolvimento de novos materiais e produtos sustentáveis estão ganhando cada vez mais espaço e encontrando consumidores interessados em conhecer as origens dos bens que adquirem, por estarem mais atentos aos impactos negativos que uma indústria tradicional causa ao meio ambiente.

Assim, conhecer alguns dos principais materiais têxteis ecológicos que podem ser utilizados na confecção de calçados foi uma etapa fundamental desta pesquisa, uma vez que permitiu a identificação de vantagens proporcionadas por cada material. Tendo esse conhecimento como base, a escolha pelo uso de poliéster reciclado para a confecção de um novo fio apresentou um potencial positivo para atingir os objetivos do projeto, com o desenvolvimento de um calçado esportivo com cabedal em malha sem costura, feito em máquina retilínea.

Em síntese, as principais vantagens apresentadas pelo novo calçado são: o reaproveitamento de materiais que seriam descartados – as aparas de tecidos e garrafas PET; a não necessidade da etapa de tingimento, uma vez que o fio reciclado já apresenta um visual adequado à proposta do projeto; uma grande redução no tempo de confecção do cabedal pela indústria calçadista; a não necessidade das etapas de corte e chanfro, acabando com a geração de resíduos dessa parte do processo; e, além disso, a escolha pelo poliéster reciclado também proporciona um calçado resistente e mais durável.

Os resultados aqui apresentados se mostraram satisfatórios, porém ainda há muito espaço para inovação quando o assunto é material têxtil sustentável, e, assim como este trabalho foi desenvolvido com o auxílio de diversas pesquisas já realizadas, espera-se que o conteúdo aqui exposto possa vir a ser utilizado como ponto de partida para novas pesquisas e novos projetos.

## Agradecimentos

Ao Programa Municípios Sustentáveis (IEA-USP) e ao Programa Santander Universidades, Prefeitura e empresas da cidade de Ibitinga, à empresa Sell Mac Máquinas e Equipamentos Ltda. e ao Instituto SENAI de Inovação – Biossintéticos e Fibras (CETIQT) que possibilitaram o desenvolvimento do projeto piloto para produção de fios reciclados (desfibrados) e confecção dos cabedais de malha sem costura em malharia retilínea.

## Referências

- Amutha, K. (2017) Environmental impacts of denim. In: *MUTHU, S. S. (Ed.), Sustainability in Denim*. Woodhead Publishing, Cambridge, 2017, p. 27-48. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102043-2.00002-2>.
- Associação Brasileira Das Indústrias de Calçados – Abicalçados. (2024) *Relatório Setorial Indústria de Calçados Brasil 2024*. Disponível em: <<https://abicalcados.com.br/publicacoes/relatorio-setorial>> Acesso: 20 Set 2024.
- Associação Brasileira de Saúde Coletiva – Abrasco. Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. EPSJV, Exp. Rio de Janeiro, São Paulo: [s.n.], 2015.
- Da Costa, C. C.; DE Jacques, J. J.; Plentz, N. D. *Análise Comparativa de camisetas de algodão: Onde Está a Sustentabilidade?* Blucher Design Proceedings, Gramado, RS, Número 4, Volume 1, 2014.
- Da Silva, A. H.; Moraes, C. A. M.; Modolo, R. C. E. *Avaliação ambiental do setor calçadista e a aplicação da análise de ciclo de vida: Uma abordagem geral*. In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais. 2015.
- De Oliveira, C. S. C. Oliveira-Filho, E. C. *Agricultura ecológica e indústria têxtil: o papel da comunicação para o algodão orgânico no Brasil*. Universitas: Arquitetura e Comunicação Social, v. 11, n. 1, 2014.
- De Souza Pereira, G. et al. Estudo comparativo entre o impacto ambiental resultante da fabricação de malha 100% algodão e com fios reciclados. *Revista Espacios* | Vol. 37 (Nº 22), 2016.
- Dinato, R. C. *Variáveis biomecânicas relacionadas ao impacto e percepção de conforto em calçados de corrida com diferentes tecnologias de amortecimento*. 2013. Dissertação (Mestrado em Movimento, Postura e Ação Humana) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- Dos Santos, A. S.; Silva, G. G. *O Tênis Nosso de Cada Dia. Química Nova Na Escola*. São Paulo: SBQ, 2009. Vol. 31, Nº 2.
- Dresch, Aline; Lacerda, Daniel Pacheco; Antunes Junior, José Antonio Valle. *Design Science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- Duarte, A. Y. S.; Lima, F. S.; Queiroz, R.S.Sanches, R. A. Proposta de redução do impacto ambiental na fabricação de cabedais sem costura usando o modelo de Economia Circu-

- lar. In: *Rafael Alves Pedrosa* (Org.). *Gestão da Produção em Foco*. 1 ed. Belo Horizonte: Poisson, 2021, v. 48, p. 59-66.
- Duarte, A.; Sanches, R. A. Proposta de fabricação de cabedal de malha utilizando o modelo de economia circular. *Revista de Ensino em Artes, Moda e Design*, v. 6, p. 1-23, 2022.
- Ellen Macarthur Foundation. *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*. 2017. Disponível em: [https://emf.thirdlight.com/file/24/uiwtaHvud8 YIG\\_uiSTauTlJH74/A%20New%20Textiles%20Economy%3A%20Redesigning%20fashion%E2%80%99s%20future.pdf](https://emf.thirdlight.com/file/24/uiwtaHvud8 YIG_uiSTauTlJH74/A%20New%20Textiles%20Economy%3A%20Redesigning%20fashion%E2%80%99s%20future.pdf). Acesso em: 25 set. 2024.
- Estêvão, I. M. *Tênis: conheça a história deste calçado tão presente no dia a dia*. Metrópole, 2020. Disponível em <https://www.metropoles.com/colunas/ilca-maria-estevao/tenis-conheca-a-historia-deste-calcado-tao-presente-no-dia-a-dia>, acesso em 15 set 2024.
- Faquin, A. O calçado esportivo destinado à prática de futsal: avaliações mecânicas, biomecânicas e de percepção. *Tese de Doutorado. Escola de Educação Física e Esportes*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2012.
- Faustino, R.C. *Investigação dos processos produtivos dos tênis esportivos e proposta de desenvolvimento de um modelo com cabedal em malha sem costura*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2023.
- Feijó, T. F. M. *Fatores que afetam a satisfação e a fidelidade do consumidor: um estudo com usuários de calçado esportivo (tênis), na Região Sul da cidade de Natal*. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Engenharia de Produção. Acesso em: 19 Nov. 2019.
- Ferrigno, S.; Lizarraga, A. Components of a sustainable cotton production system: perspectives from the organic cotton experience. In: *Proceedings of the International Cotton Advisory Committee, 67 th Plenary Meeting, Ouagadougou*, 2008.
- Gil, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.
- Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE). *Censo 2023*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 25 set 2024.
- Keyser, A. J. *Sneaker Century: A history of athletic shoes. Twenty-first century books*, Minneapolis, 2015.
- Kratochwill, L. *The evolution of sneakers*. Popular Science, Oct. 2014, p. 18. Gale Academic Onefile, Disponível em: <https://link.gale.com/apps/doc/A382805283/AONE?u=cape&sid=AONE&xid=2b336a6b>. Acesso em: 19 Nov. 2019.
- Lustosa, D. *A Tecnologia Dos Tecidos Parte 2: Poliéster x Poliamida*. Disponível em: <https://www.webrun.com.br/blog/a-tecnologia-dos-tecidos-parte-2-poliester-x-poliamida/>. 2008. Acesso em: 16 mar 2020.
- Marcondes Silva, A. *Estudo comparativo do processo de fabricação dos cabedais pelo processo convencional e cabedais sem costura produzidos em máquina retilínea*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.
- Martins, R. P. *Moda comprometida com a responsabilidade ecológica e social: várias abordagens*. Tese de Doutorado. Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2009.
- Neves, J.J.G. *A utilização de materiais plásticos na indústria de calçados femininos no Brasil e sua aceitação*. 2010. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Produção de Plásticos). Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo.

- Onodera, A.N. *Influência das características mecânicas da entressola e da estrutura do cabedal de calçados esportivos na concepção do conforto e na biomecânica de corrida*. Tese do Doutorado, Faculdade de Medicina. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2016.
- Rhodia. Amni. Disponível em: <<https://www.rhodia.com.br/pt/mercados-e-produtos/catalogo-de-produtos/amni.html>> Acesso em: 15 de março de 2020
- Rhodia. *Economia Circular no Setor Têxtil: Rhodia celebra 100 anos e lança a única poliamida reciclada e biodegradável do mercado*. Disponível em: <[https://www.rhodia.com.br/pt/imprensa/press\\_releases/Rhodia-lanca-a-unica-poliamida-reciclada-biodegradavel.htm](https://www.rhodia.com.br/pt/imprensa/press_releases/Rhodia-lanca-a-unica-poliamida-reciclada-biodegradavel.htm)> Acesso em: 13 de abril de 2020. São Paulo, 2019.
- Sanchez, R. A.; Duarte, A.Y.S.; Sbordone, M. A.; Ranzo, P. *Tecnologia da malharia: processos e principais produtos*. Modapalavra e-periódico, Florianópolis, v. 14, n. 32, p. 51-72, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/19963>>. Acesso em: 6 dez. 2022.
- Sanchez, R. A.; Faustino, R.C.; Duarte, A.Y.S. *Fotos dos arquivos pessoais das autoras*, 2024.
- Sanches, R.A.; Rocha, R.; Duarte, A.Y.S. Proposal for Producing New Fabric Through the Use of Fabric Scraps Discarded by Ibitinga Clothing Manufacturers: A Brazilian Example of Circular Economy. In: Daniel Raposo; João Neves; Ricardo Silva; Luísa Correia Castilho; Rui Dias. (Org.). *Series in Design and Innovation*. 1ed.Londres: Series in Design and Innovation, 2022, v. 1, p. 328-341.
- Santoni. Disponível em: <http://www.santoni.com/en/products/footwear/mec-mor-cmp>. Acesso: 25 fev 2019.
- Saxena, S. Sustainable Fashion Fabrics. *Women Polytechnic College GARI Publisher | Sustainable Fashion* | Volume: 04 | Issue: 04. Article ID: IN/GARI/ICATFD/2018/133 | Pages: 66-84. GARI Editorial Team. 2018.
- Silva, T. O. *O que é impacto ambiental? Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-impacto-ambiental.htm>>. Acesso em: 04 Jan. 2019.
- Shima seiki. Disponível em: <https://www.shimaseiki.com>. Acesso em: 29 jan 2019.
- Soudealgodao, *Algodão orgânico e algodão sustentável são a mesma coisa?* Disponível em: <<https://soudealgodao.com.br/algodao-organico-e-sustentavel-sao-a-mesma-coisa/>>. Acesso em: 23 mar 2020.
- Staikos, T.; Rahimifard, S. *A decision-making model for waste management in the footwear industry*. International journal of production research, v. 45, n. 18-19, p. 4403-4422, 2007.
- Stoll. Disponível em: <https://www.stoll.com/en/>. Acesso em: 30 jan 2019.
- Stone, C., Windsor, F. M., Munday, M., & Durance, I. *Science of the Total Environment Natural or synthetic – how global trends in textile usage threaten freshwater environments*, 2019. Science of the Total Environment, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134689>
- Subic, A.; Mouritz, A.; Troynikov, O. *Sustainable design and environmental impact of materials in sports products*. Sports Technology, v. 2, n. 3-4, p. 67-79, 2009.
- Turner, T. *The Sports Shoe: A History from Field to Fashion*, 2019.
- Unifi. Disponível em: <https://unifi.com/sustainability/repreve>. Acesso em: 27 mar 2020.
-

**Resumen:** Actualmente, los zapatos ya no sólo tienen la función de proteger los pies, sino que son considerados artículos de moda, con características que definen el comportamiento y estilo de sus usuarios. Al mismo tiempo, la sociedad ha evolucionado, demostrando un cambio en el comportamiento del consumidor que busca productos diferenciados, con mayor valor añadido, especialmente en lo que respecta a la sostenibilidad. En este sentido, a la hora de desarrollar un nuevo producto, es fundamental iniciar este proceso en base a parámetros sostenibles. De esta forma, combinando moda y tecnología, la industria del calzado puede beneficiarse del uso de materiales sostenibles en la fabricación de zapatos nuevos.

El objetivo de este artículo es proponer el desarrollo de capelladas sin costuras para zapatillas deportivas, producidas en máquinas de tejer rectas, utilizando materiales textiles de bajo impacto ambiental. Para lograr el objetivo propuesto se desarrolló la investigación con el fin de estudiar los procesos de producción de zapatillas deportivas, conociendo además los principales materiales utilizados en su producción tradicional. A continuación, se realizó una investigación sobre los principales materiales textiles de bajo impacto ambiental y sus aplicaciones, para que, finalmente, se produjera un nuevo hilo reciclado que se utilizara en el desarrollo del proyecto de zapatillas deportivas con parte superior tejida, confeccionada sobre una línea recta. máquina. El nuevo hilo es resultado de la unión de fibras de poliéster provenientes del reciclaje de botellas de PET y el material desfibrado reciclado de retales de telas, mallas y telas no tejidas 100% poliéster, desechadas por las industrias de la confección. Sabiendo que la producción de la parte superior en una máquina recta reduce considerablemente el tiempo necesario para realizar una zapatilla, el uso y la valorización de un hilo completamente reciclado es otra adición positiva al producto final, que resulta totalmente viable y ventajoso, tanto para quienes producen como para el consumidor final.

**Palabras clave:** Zapatillas - deporte - poliéster - moda - consumidor - textiles - sustentabilidad - medioambiente - producción - maquinaria.

**Abstract:** Currently, shoes no longer only have the function of protecting the feet, but are considered fashion items, with characteristics that define the behavior and style of their users. At the same time, society has evolved, demonstrating a change in consumer behavior that seeks differentiated products, with greater added value, especially with regard to sustainability. In this sense, when developing a new product, it is essential to start this process based on sustainable parameters. In this way, by combining fashion and technology, the footwear industry can benefit from the use of sustainable materials in the manufacture of new shoes.

The objective of this article is to propose the development of seamless uppers for sports shoes, produced on straight knitting machines, using textile materials with low environmental impact. To achieve the proposed objective, research was developed in order to study the production processes of sports shoes, also knowing the main materials used in their traditional production. Next, research was carried out on the main textile materials with low environmental impact and their applications, so that, finally, a new recycled yarn

was produced to be used in the development of the project for sports shoes with a woven upper part, made on a beeline. machine. The new yarn is the result of joining polyester fibers from recycled PET bottles and the shredded material recycled from scraps of 100% polyester fabrics, meshes and non-woven fabrics, discarded by the clothing industries. Knowing that the production of the upper part on a straight machine considerably reduces the time needed to make a shoe, the use and valorization of a completely recycled yarn is another positive addition to the final product, which is totally viable and advantageous, both for those who produce and for the final consumer.

**Keywords:** Sneakers - sport - polyester - fashion - consumer - textiles - sustainability - environment - production - machinery.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]

---