

ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE ENERGIA E DAS EMISSÕES DE CO₂ NA PRODUÇÃO DE CAMISETAS DE ALGODÃO E PET

¹CÁSSIO AURÉLIO SUSKI, ¹MATEUS DE JESUS VIEIRA, ¹PEDRO FERNANDO WENGRZYN DOS PASSOS
²DÉBORA SOUZA ALVIM, ³GRAZIELA MORELLI

¹Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), ²Universidade de São Paulo (USP),

³Universidade do Vale do Itajaí, Campus Itajaí (Univali)

<cassio.suski@ifsc.edu.br>, <mateus.v29@aluno.ifsc.edu.br>, <pedro.wp2003@aluno.ifsc.edu.br>,
<debora.alvim@eel.usp.br>, <morelli.graziela@gmail.com>

DOI: 10.21439/conexoes.v19.3791

Resumo. A preocupação com sustentabilidade tem impulsionado melhorias no setor têxtil, especialmente no impacto ambiental dos materiais usados na fabricação de vestuários. Este estudo comparou o consumo de energia e as emissões de CO₂ no ciclo de vida de camisetas de algodão e PET, da extração da matéria-prima ao descarte. Para isso, utilizou-se o *software Ansys Granta EduPack* para analisar cada etapa da do ciclo de vida das camisetas. O estudo foi dividido em cinco etapas, considerando o consumo de energia e a pegada de CO₂. Primeiramente, definiu-se o processo de fabricação e a quantidade processada. Em seguida, detalhou-se o tipo de transporte, o uso estimado das camisetas por um ano e as opções de descarte. Os resultados indicam que as camisetas de PET apresentam menor gasto energético e emissão de CO₂ ao longo do ciclo de vida, abrangendo extração, fabricação, transporte, uso e descarte. Observou-se uma redução de 15% no consumo total de energia e nas emissões em comparação com as de algodão, além de maiores índices de reutilização. Conclui-se que o PET pode trazer benefícios ecológicos e econômicos, especialmente quando técnicas de reciclagem são aplicadas na fabricação e descarte das camisetas.

Palavras-chave: produção de camisetas; algodão; PET; consumo energético; dióxido de carbono.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION AND CO₂ EMISSIONS IN THE PRODUCTION OF COTTON AND PET T-SHIRTSE

Abstract. Concerns about sustainability have driven improvements in the textile sector, especially in the environmental impact of materials used in clothing manufacturing. This study compared energy consumption and CO₂ emissions in the life cycle of cotton and PET t-shirts, from raw material extraction to disposal. To do this, Ansys Granta EduPack software was used to analyze each stage of the t-shirt life cycle. The study was divided into five stages, considering energy consumption and the CO₂ footprint. First, the manufacturing process and the quantity processed were defined. Then, the type of transportation, the estimated use of the t-shirts for one year and the disposal options were detailed. The results indicate that PET t-shirts have lower energy consumption and CO₂ emissions throughout the life cycle, covering extraction, manufacturing, transportation, use and disposal. A 15% reduction in total energy consumption and emissions was observed compared to cotton t-shirts, in addition to higher reuse rates. It is concluded that PET can bring ecological and economic benefits, especially when recycling techniques are applied in the manufacture and disposal of T-shirts.

Keywords: t-shirt production; cotton; PET; energy consumption; carbon dioxide.

1 INTRODUÇÃO

A mudança climática e a emissão de gases de efeito estufa (GEE) têm sido amplamente debatidas devido aos seus impactos crescentes na sociedade (Arruda, 2018; Suski; Schvambach, 2023). Cientistas alertam que a temperatura global pode subir entre 2 a 5°C caso as emissões continuem elevadas, especialmente de CO₂. O crescimento populacional e o consumismo, intensificados desde a Revolução Industrial, impulsionaram o uso desenfreado dos recursos naturais, exigindo práticas produtivas mais sustentáveis (Fine; Leopold, 1990; Bassi; Lopes, 2017).

A indústria têxtil, presente globalmente, é uma das principais emissoras de GEE, influenciando diretamente a “pegada de carbono” (Rodrigues; Silva, 2016; Nahring, 2022). Por isso, muitas empresas buscam reduzir seu impacto ambiental, repensando desde a escolha da matéria-prima até o descarte do produto final. A seleção adequada dos materiais é essencial, pois tecidos naturais, como o algodão, podem ter impactos maiores que sintéticos, dependendo do processo produtivo (Zhang *et al.*, 2023; Costa; Jocelise; Natália, 2014; Zamani *et al.*, 2014).

O algodão, cultivado desde a antiguidade, é tradicionalmente usado na produção têxtil (Pezzolo, 2021). Contudo, novas alternativas sustentáveis vêm ganhando espaço, como o uso de poliéster reciclado a partir de garrafas PET, prática adotada por empresas em Brusque-SC (Pinho; Costa; Ramos, 2013). O processo inclui coleta, separação, moagem, lavagem, secagem e transformação do PET em fios de poliéster (Lopo, 2017; Romão; Spinacé; Paoli, 2009; Ferreira, 2016).

Tecido sustentável é aquele que não agride o meio ambiente e adere aos princípios da sustentabilidade (Xu; Wang; Zhang, 2023). A reciclagem de PET, por exemplo, reduz resíduos e emissões, promovendo responsabilidade ambiental no setor. Para mensurar os impactos ambientais ao longo da cadeia produtiva, utiliza-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que examina desde a extração dos materiais até o descarte do produto (Rodrigues; Silva, 2016).

Assim, este estudo propõe uma análise comparativa entre camisetas de algodão e de PET reciclado, considerando consumo de energia e emissões de CO₂ ao longo de todo o ciclo de vida, contribuindo para escolhas mais conscientes e sustentáveis no setor têxtil.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A avaliação do ciclo de vida foi realizada através do *software Ansys Granta Edupack*, ferramenta voltada para ensino e pesquisa em engenharia de materiais. Fornece um vasto banco de dados sobre propriedades de materiais e processos de fabricação, além de ferramentas para análise do impacto ambiental, seleção de materiais e avaliação do ciclo de vida (ACV).

O estudo do ciclo de vida das camisetas de algodão e de PET foi dividido em 5 etapas, nas quais se analisa o consumo de energia e a pegada de CO₂ de cada etapa de forma específica. Na primeira etapa nomearam-se os componentes, selecionaram-se os materiais a serem usados na produção de uma camiseta de cada material e especificou-se a quantidade de material, incluindo a proporção proveniente do processo de reciclagem, conforme apresentado na Tabela 1 e, para realizar essa seleção, foi utilizada a ferramenta *Chart/Select*.

Quadro 1: Informações da camiseta de algodão e da camiseta PET.

Componente	Material	Conteúdo reciclado (%)	Massa da peça (kg)
Camiseta M de algodão	Fibra de algodão	0,00	0,20
Camiseta M de PET	PET (vazio, amorfo)	100,00	0,20

Fonte: Autores (2023).

Na segunda etapa, especificou-se o processo de fabricação das camisetas e a quantidade processada, conforme mostrado na Tabela 2. Na terceira etapa, detalhou-se o tipo de transporte utilizado, abrangendo desde o processo de colheita até a costura, no caso do algodão. Para as camisetas de PET, o transporte envolveu a reciclagem do material e a produção do polímero até a costureira. Além disso, especificou-se a distância em cada etapa do processo de transporte, como evidenciado na Tabela 3 e Tabela 4. Na quarta etapa, considerou-se o uso do produto, selecionando uma vida útil de 1 ano para ambas as camisetas e o modo de uso foi definido como estático para ambas, ou seja, não há emissão de carbono durante a utilização da camiseta.

Quadro 2: Processo de fabricação e quantidade processada da camiseta de algodão e de PET.

Componente	Processo	Massa da peça (kg)
Camiseta M de algodão	Produção de tecido	0,20
Camiseta M de PET	Moldagem de polímeros	0,20

Fonte: Autores (2023).

Quadro 3: Tipo de transporte e distância percorrida da camiseta de algodão.

Nome da fase	Tipo de transporte	Distância (km)
Cultivo de algodão até fiação	Caminhão 16 a 32t, EURO 3	1000,00
Fiação até malharia	Caminhão 7,5 a 16t, EURO 3	150,00
Malharia até costura	Caminhão 3,5 a 7,5t, EURO 3	50,00
Total	-	1200,00

Fonte: Autores (2023).

Quadro 4: Tipo de transporte e distância percorrida da camiseta de PET.

Nome da fase	Tipo de transporte	Distância (km)
Reciclagem até fabricação de polímero	Caminhão 7,5 a 16t, EURO 3	50,00
Fábrica de polímeros até fiação	Caminhão 7,5 a 16t, EURO 3	100,00
Fiação até malharia	Caminhão 7,5 a 16t, EURO 3	100,00
Malharia até costura	Caminhão 3,5 a 7,5t, EURO 3	50,00
Total	-	300,00

Fonte: Autores (2023).

Na quinta etapa, detalhou-se a opção de fim de vida útil das camisetas, que poderia envolver o descarte do produto ou o reuso do material para a fabricação de novas camisetas. Esse processo permitiu uma análise aprofundada e uma comparação do ciclo de vida de cada camiseta, seu consumo de energia e sua pegada de CO₂, facilitando a avaliação das implicações ambientais associadas a cada opção.

2.2 Resultados e discussão

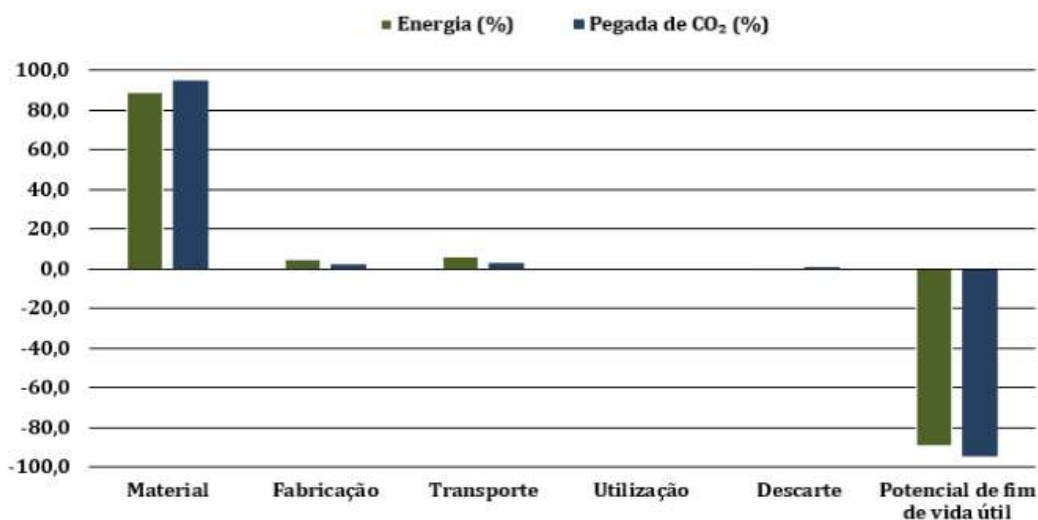
Nas análises realizadas, foi perceptível uma variação significativa no consumo de energia e na pegada de CO₂ em diferentes fases do ciclo de vida da camiseta confeccionada em algodão ou PET. Ambas as avaliações do ciclo de vida, seja para a camiseta produzida em algodão ou na confeccionada a partir do PET, foram realizadas para apenas uma camiseta.

Destaca-se que, na fase de obtenção do algodão como matéria-prima, observa-se o maior consumo de energia, representando 80% do total (Figura 1), equivalente a 10,6 MJ (megajoules) (Figura 2), e a maior emissão de CO₂, sendo superior a 90% (Figura 1), totalizando 1,58 kg (quilogramas) (Figura 3) de emissão de CO₂. Em resumo, o impacto de 1 ano (desde a extração do material até o descarte) em termos de energia foi de 11,8 MJ (Tabela 5) e, para as emissões de CO₂, esse impacto foi de 1,67 kg.

Durante o cultivo do algodão, são necessárias grandes quantidades de água, fertilizantes e pesticidas, como também depende do maquinário agrícola, fato que contribui para o alto consumo de energia e emissão de CO₂ na etapa de obtenção da matéria prima. Para Manda, Worrell e Patel (2015) e Chen *et al.* (2024), o cultivo do algodão possui uma elevada pegada hídrica e energética, especialmente em regiões onde a irrigação é necessária.

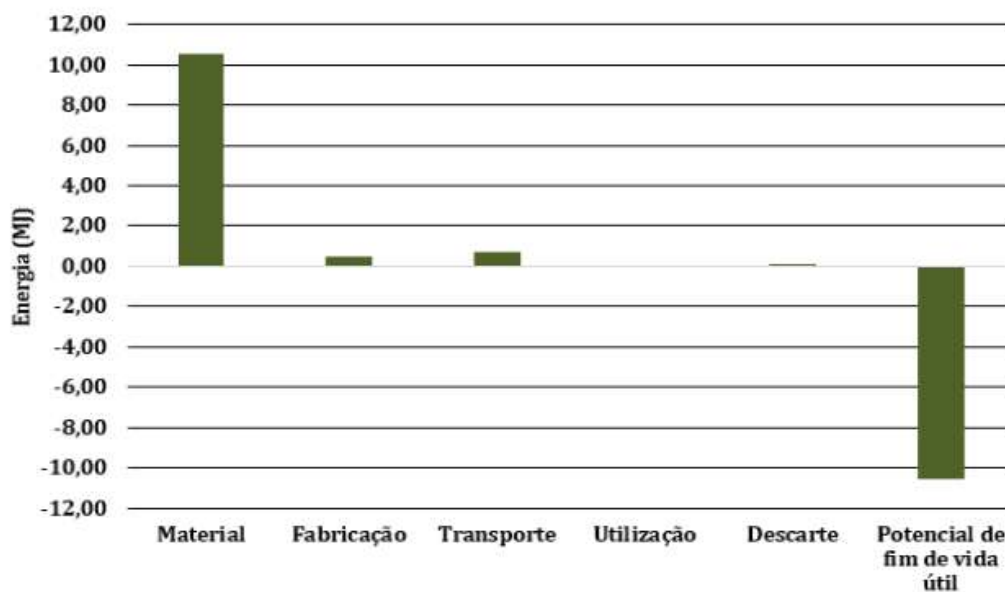
A segunda fase com maior impacto foi a do transporte, contribuindo com 6% do consumo de energia, equivalente a 0,705 MJ, e 2,6% da emissão de CO₂, resultando em 0,0437 kg. Em seguida, está a fase de fabricação, responsável por 4,4% do consumo de energia (0,52 MJ) e 2,5% da emissão de CO₂ (0,0416 kg). A quarta fase, referente ao descarte, apresenta um consumo de 0,3%, equivalente a 0,04 MJ, com uma emissão de gás carbônico de 0,2%, equivalente a 0,0028 kg. A fase de utilização não apresentou nenhuma contribuição para o consumo de energia e emissão de CO₂, pois quando se usa uma camiseta não se emite dióxido de carbono (CO₂), já que

Figura 1: Consumo de energia e emissão de CO₂ percentual da camiseta de algodão.



Fonte: Autores, 2023.

Figura 2: Consumo de energia em MJ da camiseta de algodão.



Fonte: Autores, 2023.

não se queima combustível ou se realizam reações químicas que produzem dióxido de carbono como subproduto imediato. Além disso, após ser fabricada, a camiseta não consome energia adicional enquanto está em uso.

Figura 3: Emissão de CO₂ em kg da camiseta de algodão.



Fonte: Autores, 2023.

Quadro 5: Consumo de energia e pegada de carbono da camiseta de algodão.

Fase	Energia (MJ)	Energia (%)	Pegada de CO ₂ (kg)	Pegada de CO ₂ (%)
Material	10,60	89,30	1,58	94,70
Fabricação	0,52	4,40	0,0416	2,50
Transporte	0,705	6,00	0,0437	2,60
Utilização	0,00	0,00	0,00	0,00
Descarte	0,04	0,30	0,0028	0,20
Total (1ª vida)	11,80	100,00	1,67	100,00
Potencial de fim da vida útil	-10,60	-	-1,58	-

Fonte: Autores (2023).

Após a análise do ciclo de vida de cada fase específica da camiseta de algodão, realizou-se a análise, de forma similar, para a camiseta de PET (tabela 6). Durante essa análise, notaram-se variações significativas no consumo de energia e nas emissões de CO₂ em cada fase do ciclo de vida. A figura 4 ilustra essas variações de forma percentual, enquanto a figura 5 representa a variação de energia em MJ em cada fase do ciclo de vida e a figura 6 ilustra a variação da pegada de CO₂ em kg em cada fase do ciclo de vida. Fica evidente que a fase de obtenção da matéria-prima apresenta o maior consumo de energia, correspondendo a 57% do consumo total de energia da camiseta PET, equivalente a 5,61 MJ. No entanto, ao contrário da camiseta de algodão, a fase com o maior consumo de energia não coincidiu com a fase de maior emissão de CO₂. Na camiseta de PET, a fase de fabricação foi a que registrou a maior emissão de dióxido de carbono, representando 57,3% da emissão total deste gás, equivalente a 0,294 kg de CO₂.

Para explicar as diferenças entre as etapas com maior consumo de energia e maior emissão de CO₂ no ciclo de vida de camisetas fabricadas com PET, analisam-se as diferentes fontes energéticas utilizadas para cada etapa. Conforme mencionado por Selli, Figen and Şen, Korhan and Kaya, Aysegül and Erdoğan, Ümit (2022) e Moazzem *et al.* (2018), a produção da fibra poliéster está baseada na utilização de recursos não renováveis, e exige alto consumo de energia. A pesquisa indica ainda, que a etapa de fiação de fios de poliéster é a maior contribuinte para a pegada de carbono devido ao alto consumo elétrico, concluindo que, o tipo de energia utilizada em cada etapa do processo têxtil influencia diretamente na relação entre consumo energético e impacto ambiental.

A produção de fibras sintéticas a partir de material reciclado envolve processos de fusão e extrusão do material

PET, que requerem calor e eletricidade e, conseqüentemente, geram maior emissão de CO₂. Para Semba *et al.* (2020), Berger e Pfeifer (2024) a modernização das indústrias têxteis e a adoção de fontes renováveis de energia, possuem capacidade de reduzir as emissões envolvidas na produção do poliéster reciclado.

A segunda fase do ciclo de vida com maior consumo de energia para a camiseta PET foi a de fabricação, representando 39,9% da energia consumida ao longo do ciclo de vida, ou seja, 3,93 MJ. No entanto, assim como na fase anterior, a segunda fase com maior emissão de CO₂ não foi a de maior consumo de energia. Nesse caso, a segunda fase com maior emissão de CO₂ foi a de obtenção da matéria-prima, correspondendo a 38,9% da emissão total de CO₂ da camiseta de PET, ou seja, 0,2 kg de gás carbônico. Notou-se que as fases subsequentes à obtenção da matéria-prima e à fabricação apresentam um consumo de energia e emissões de CO₂ menores. A terceira fase com maior consumo de energia foi a de transporte, representando apenas 2,6% do consumo total de energia, equivalente a 0,261 MJ, assim como teve uma emissão de CO₂ de 3,2% que é equivalente a 0,0163 kg de dióxido de carbono, valores significativamente menores em comparação às duas primeiras fases.

Embora a fase de transporte não possua o maior índice de consumo energético e nem a maior emissão de CO₂, a sua contribuição no impacto ambiental é significativa e necessita ser levada em conta. De acordo com Nagel (2010), o modal de transporte influencia diretamente na taxa de emissão de dióxido de carbono para a avaliação do ciclo de vida. Sugere-se na pesquisa, o transporte rodoviário como o meio mais utilizado na indústria têxtil, acarretando em maiores emissões do gás, uma vez que o modal emite significativamente mais CO₂ que os modais ferroviário e marítimo. Estratégias sustentáveis tendem a reduzir os impactos de emissões de gases, tornando a cadeia produtiva das camisetas PET mais eficiente do ponto de vista ambiental.

A fase com o menor consumo de energia foi a de descarte da camiseta, representando apenas 0,4% do consumo total de energia, equivalente a 0,04 MJ. A opção de descarte considerada foi a reutilização das peças, reaproveitando o material sem grandes transformações. Da mesma forma, a fase com a menor emissão de CO₂ também foi a de descarte, representando apenas 0,5% do consumo total de energia, ou seja, 0,0028 kg de CO₂, valores substancialmente inferiores em relação às fases anteriores.

A fase de utilização não apresentou nenhuma contribuição para o consumo de energia e emissão de CO₂, pois quando se usa uma camiseta, não se emite dióxido de carbono pois não há queima de combustível ou reações químicas que produzem CO₂ como subproduto imediato e, depois de fabricada, a camiseta não consome energia adicional enquanto usada. Por fim, constatou-se que a camiseta de algodão teve um consumo de energia total, em sua primeira vida, equivalente a 9,83 MJ, conforme demonstrado na tabela 6, na linha Total (para a primeira vida), e a emissão de CO₂ total da sua primeira vida foi de 0,513 kg.

Diversos artigos publicados por Massoud e Dsilva (2025), Shen, Worrell e Patel (2012), Demirdelen *et al.* (2023), Majumdar *et al.* (2020) trazem em suas pesquisas análises sobre os impactos ambientais gerados pela indústria têxtil e abordam estratégias para minimizar os efeitos. Massoud e Dsilva (2025) e Shen, Worrell e Patel (2012) exploram em seus estudos, a utilização do PET reciclado para a produção de fibras têxteis, que beneficia a economia circular e reduz emissões. Já Demirdelen *et al.* (2023) investigam a pegada de carbono envolvida nos processos de produção de fios sintéticos, destacando a necessidade de modernizar o mercado têxtil para reduzir o consumo de energia e as emissões de CO₂. Majumdar *et al.* (2020), analisa as propriedades mecânicas de fibras de poliéster reciclado, comparados ao poliéster virgem. Em conjunto, essas pesquisas apontam para a necessidade de modernização da indústria têxtil, enfatizando a utilização de práticas sustentáveis, da eficiência energética para uma redução da pegada de carbono.

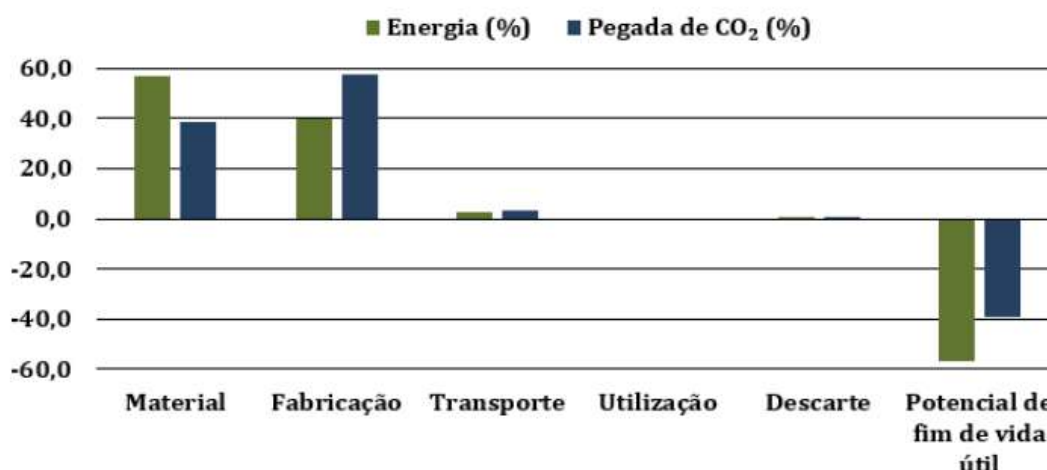
Quadro 6: Consumo de energia e pegada de carbono da camiseta de PET.

Fase	Energia (MJ)	Energia (%)	Pegada de CO ₂ (kg)	Pegada de CO ₂ (%)
Material	5,61	57,00	0,20	38,90
Fabricação	3,93	39,90	0,294	57,30
Transporte	0,261	2,60	0,0163	3,20
Utilização	0,00	0,00	0,00	0,00
Descarte	0,04	0,40	0,0028	0,50
Total (1ª vida)	9,83	100,00	0,513	100,00
Potencial de fim da vida útil	-5,61	-	-0,20	-

Fonte: Autores (2023).

Nas Figuras 7 e 8, realizou-se uma comparação abrangente entre camisetas produzidas a partir de algodão e PET, avaliando seu impacto no consumo de energia e na pegada de CO₂ ao longo de sua vida útil. É notável uma redução de 15% no consumo total de energia e das emissões de CO₂ associado à produção de camisetas PET em comparação com as camisetas de algodão. Esse ganho é particularmente significativo na fase de obtenção da matéria-prima, onde o consumo de energia cai de 10,5 MJ para 5,6 MJ, o que representa uma redução de 46,66%, e a pegada de carbono reduz de 1,58 kg de CO₂ para 0,2 kg, o que representa 87,34%.

Figura 4: Consumo de energia e emissão de CO₂ percentual da camiseta PET.



Fonte: Autores, 2023.

Nas Figuras 7 e 8, realizou-se uma comparação abrangente entre camisetas produzidas a partir de algodão e PET, avaliando seu impacto no consumo de energia e na pegada de CO₂ ao longo de sua vida útil. É notável uma redução de 15% no consumo total de energia e das emissões de CO₂ associado à produção de camisetas PET em comparação com as camisetas de algodão. Esse ganho é particularmente significativo na fase de obtenção da matéria-prima, onde o consumo de energia cai de 10,5 MJ para 5,6 MJ, o que representa uma redução de 46,66%, e a pegada de carbono reduz de 1,58 kg de CO₂ para 0,2 kg, o que representa 87,34%.

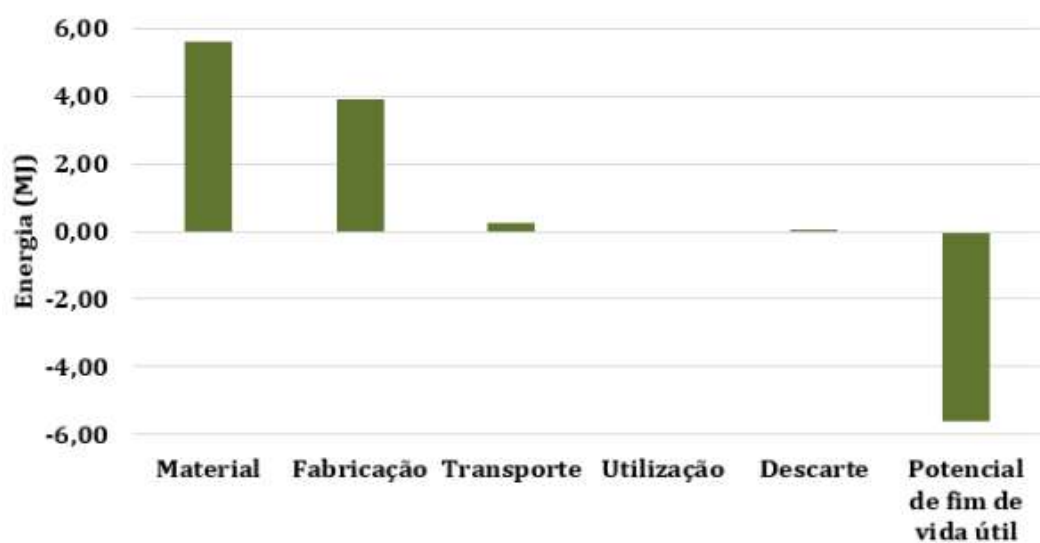
Embora seja verdade que, na fase de fabricação, as camisetas de PET apresentam um maior consumo de energia e emissões de CO₂ em comparação com as de algodão, essa disparidade se torna praticamente insignificante quando se pondera os substanciais reduções alcançadas na fase de obtenção da matéria-prima. Em última análise, isso ressalta a relevância de considerar a pegada ambiental completa de um produto, desde a extração da matéria-prima até a fabricação do produto, a fim de que decisões sejam tomadas em busca de uma produção mais sustentável. Nesse caso específico fica perceptível que a camiseta produzida em PET apresenta uma produção mais sustentável se comparada com a camiseta de algodão.

No estudo de Bonacini (2022), a obtenção de 1 kg de algodão gerou 4,26 kg de CO₂ e consumiu 13,10 MJ. Neste estudo, com 0,2 kg de algodão, registrou-se 1,58 kg de CO₂ e 10,6 MJ, resultados próximos apesar da menor quantidade analisada. Na fase de fabricação, Bonacini apontou 19,59 kg de CO₂ e 785,60 MJ, enquanto este estudo obteve 0,0416 kg de CO₂ e 0,52 MJ. As diferenças expressivas evidenciam variações nos métodos e contextos, ressaltando a importância de abordagens atualizadas na avaliação do ciclo de vida de produtos têxteis.

Na fase de utilização da camiseta, Bonacini (2022) considerou o consumo de energia proveniente das lavagens, resultando em um valor de 1,44 kWh, que, quando convertido, corresponde a 5,18 MJ. Referente a este estudo, não foi levado em consideração esse consumo de energia, não resultando em consumo de energia nesta fase. Bonacini (2022) não analisou o ciclo de vida da camiseta de algodão na fase de descarte, pois considerou que ela seria descartada quando chegasse ao aterro. No entanto, neste trabalho, registrou-se um consumo de 0,04 MJ e uma emissão de 0,0028 kg de CO₂ nessa fase.

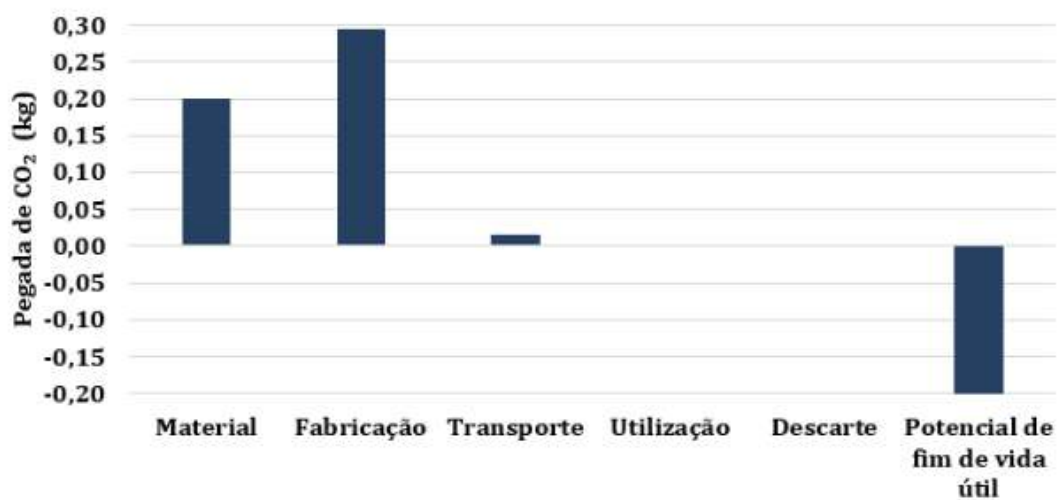
É importante mencionar que Bonacini (2022) analisou o consumo de dióxido de carbono no transporte em todas as fases citadas anteriormente. Em seu estudo, percorreu-se uma distância de 2453 km usando um *Ford Transit* 350 F, resultando em uma emissão de 557,39 kg de gás carbônico. Neste estudo, percorreu-se uma distância de

Figura 5: Consumo de energia em MJ da camiseta de PET.



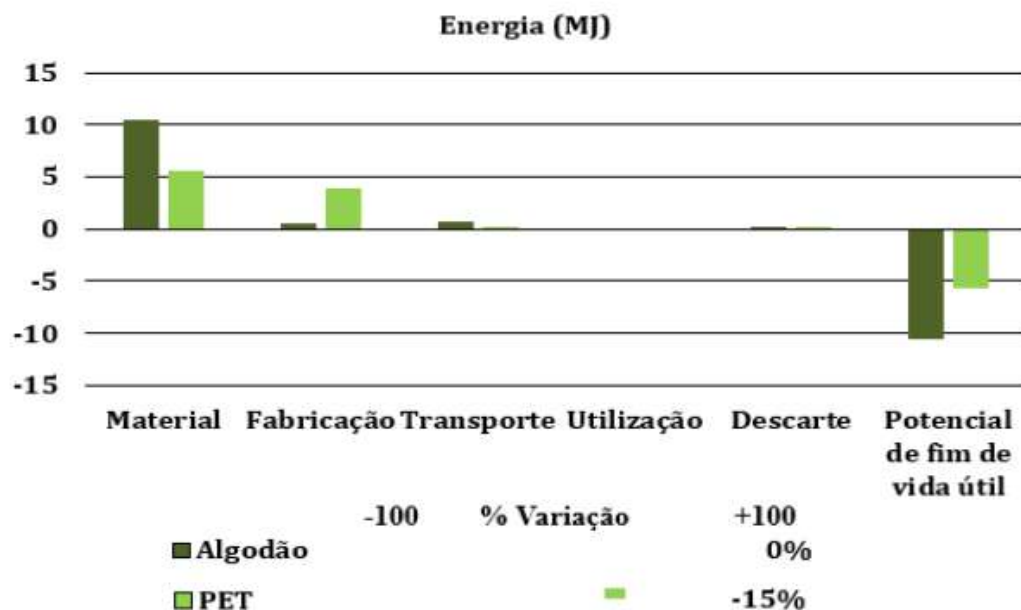
Fonte: Autores, 2023.

Figura 6: Emissão de CO₂ em kg da camiseta de PET.



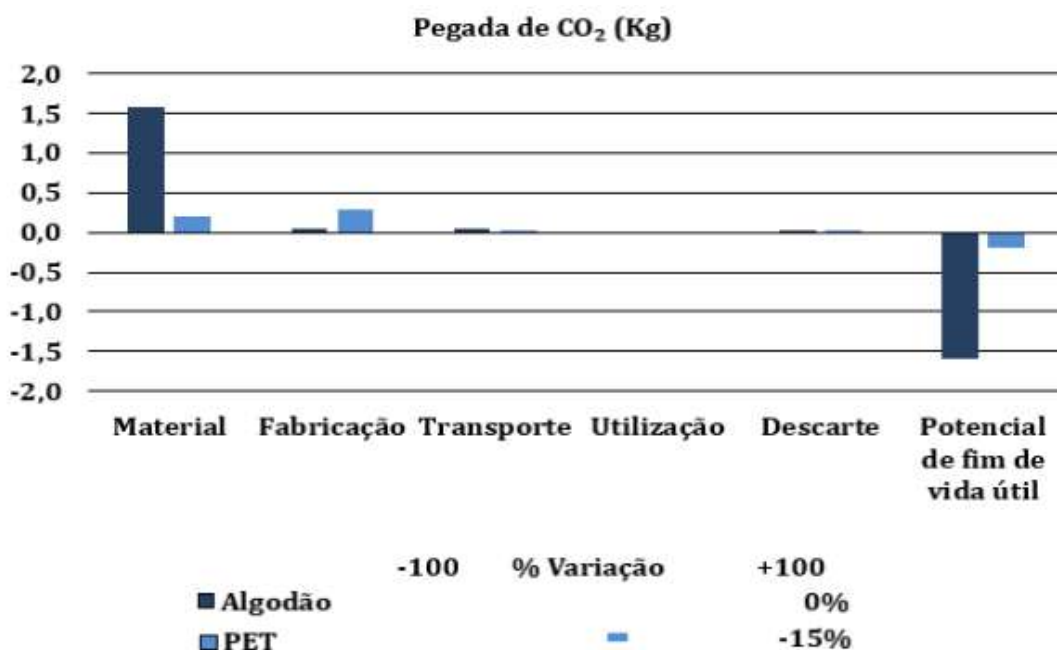
Fonte: Autores, 2023.

Figura 7: Comparativo do consumo de energia da camiseta de algodão e de PET.



Fonte: Autores, 2023.

Figura 8: Comparativo da emissão de CO₂ de algodão e de PET.



Fonte: Autores, 2023.

1200 km com um caminhão de 16 a 32 toneladas, modelo EURO 3, resultando em uma emissão de 0,0437 kg de CO₂. Isso evidencia uma considerável diferença no impacto ambiental, principalmente devido à escolha adotada do meio de transporte mais sustentável.

O estudo de Wu (2020), que analisou o ciclo de vida de uma camiseta 100% poliéster (0,15 kg), identificou padrões comparativos relevantes. Na fase de obtenção da matéria-prima, o autor registrou 4 MJ de energia e 1,102 kg de CO₂, enquanto este estudo apontou 5,61 MJ e 0,2 kg. Na fabricação, indicou 6 MJ e 1,960 kg de CO₂, frente a 3,93 MJ e apenas 0,0163 kg neste estudo. Já no transporte, relatou 1,2 MJ e 0,060 kg de CO₂, comparado a 0,261 MJ e 0,0163 kg aqui. Por fim, no descarte, os valores foram 4 MJ e 2,196 kg de CO₂, enquanto este estudo apresentou apenas 0,04 MJ e 0,0028 kg. As discrepâncias evidenciam variações metodológicas e contextuais, mas indicam um desempenho ambiental mais favorável neste estudo, especialmente nas fases de fabricação, transporte e descarte.

É importante notar que, em ambas as pesquisas, os valores obtidos em cada fase foram bastante semelhantes, com uma exceção significativa na última fase, relacionada ao descarte. Tais discrepâncias, podem ser justificadas pela adoção de distintos métodos de gerenciamento de resíduos, incluindo práticas de reciclagem, aterro ou incineração, que possuem diferentes impactos ambientais. Vale ressaltar que o estudo de Wu (2020) não abordou a análise da fase de utilização da camiseta.

3 CONCLUSÃO

A análise do ciclo de vida das camisetas de algodão e PET revela a complexidade das interações entre as etapas produtivas e seus impactos ambientais. A comparação evidencia que, embora as camisetas de PET apresentem maior consumo de energia e emissão de CO₂ na fase de fabricação, elas resultam em 15% menos emissões totais e consumo energético ao longo de todo o ciclo de vida, quando comparadas às de algodão.

No caso do algodão, a extração da matéria-prima é a fase mais impactante, tanto em consumo de energia quanto em emissões. Para o PET, embora a obtenção da matéria-prima também tenha impacto relevante, a fabricação é a fase crítica em emissões de CO₂. Esses resultados reforçam a importância de considerar todo o ciclo de vida, e não apenas fases isoladas, na avaliação ambiental de produtos.

Diferenças entre este estudo e pesquisas anteriores, como as de Bonacini (2022) e Wu (2020), apontam a influência de fatores como tecnologias, métodos e contextos geográficos. Ainda assim, há convergência nas tendências observadas. Em suma, o estudo reforça a necessidade de análises integradas para decisões mais sustentáveis na produção têxtil.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, H. B. O. Mapeamento das emissões de gases de efeito estufa em uma empresa do setor energético. **Revista Conexões**, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 108–118, 2018.
- BASSI, M. C. P. C.; LOPES, C. C. A sociedade do consumo e suas consequências socioambientais. **Caderno PAIC**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 100–125, 2017.
- BERGER, N. J.; PFEIFER, C. Comparing the financial costs and carbon neutrality of polyester fibres produced from 100% bio-based pet, 100% recycled pet, or in combination. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1–18, 2024.
- BHATIA, S. C.; DEVRAJ, S. **Pollution control in textile industry**. [S.l.]: WPI Publishing, 2017.
- BONACINI, B. C. **Ciclo de vida de uma camiseta de algodão**: análise dos impactos ambientais da indústria têxtil. 15 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) — Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.
- CHEN, Y. *et al.* Impact of additional carbon storage of natural plant fiber on product carbon footprint: a case study of cotton/kapok blended T-shirt VS pure cotton T-shirt. **Journal of Cleaner Production**, v. 434, p. 140237, 2024.
- COSTA, C. C.; JOCELISE, J. J.; NATÁLIA, D. P. Análise comparativa de camisetas de algodão: onde está a sustentabilidade? In: **Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**. Gramado: ULBRA, 2014. p. 1–13.
- DEMIRDELEN, T. *et al.* Investigation of the carbon footprint of the textile industry: PES-and PP-based products with Monte Carlo uncertainty analysis. **Sustainability**, v. 15, n. 19, p. 14237, 2023.
- FERREIRA, R. S. **Reciclagem de garrafas PET na indústria têxtil**. 2016.
- FINE, B.; LEOPOLD, E. Consumerism and the industrial revolution. **Social History**, v. 15, n. 2, p. 151–179, 1990.
- LOPO, W. N. Uso do pet reciclado em tecidos de malha: estudo bibliográfico e exploratório. **Revista de Estudos Acadêmicos Interdisciplinares**, Brusque, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2017.
- MAJUMDAR, A. *et al.* Circular fashion: properties of fabrics made from mechanically recycled poly-ethylene terephthalate (PET) bottles. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 161, p. 104915, 2020.
- MANDA, B. M. K.; WORRELL, E.; PATEL, M. K. Prospective life cycle assessment of an antibacterial t-shirt and supporting business decisions to create value. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 103, p. 47–57, 2015.
- MASSOUD, T.; DSILVA, J. Closing the pet plastic recycling loop: a sustainable transformation from plastic to fiber. **Next Sustainability**, v. 6, p. 100095, 2025.
- MOAZZEM, S. *et al.* Baseline scenario of carbon footprint of polyester t-shirt. **Journal of Fiber Bioengineering and Informatics**, v. 11, n. 1, p. 1–14, 2018.
- NAGEL, S. **Exploring ways to reduce greenhouse gas emissions in the textile supply chain**. Bachelors of Industrial Engineering — Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, 2010.
- NAHRING, H. **A política do carbono zero e os desafios da indústria têxtil para a neutralização na emissão de CO₂**. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Têxtil) — Faculdade de Engenharia Têxtil, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2022.
- PEZZOLO, D. B. **Tecidos**: história, tramas, tipos e usos. São Paulo: Ed Senac, 2021. 20 p.
- PINHO, E. B.; COSTA, H. M.; RAMOS, V. D. Análise técnica do uso de resíduos de poliéster na indústria têxtil. **Revista Polímeros**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 5, p. 654–660, 2013.
- RODRIGUES, F. T. R. L.; SILVA, R. R. Reduzindo custos e agregando valor: o uso da análise do ciclo de vida e da logística reversa como ferramentas de gestão sustentável. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, v. 7, n. 13, p. 44–58, 2016.
- ROMÃO, W.; SPINACÉ, M. A. S.; PAOLI, M. A. Poli(tereftalato de etileno), pet: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem. **Revista Polímeros**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 121–132, 2009.
- SELLI, FIGEN AND ŞEN, KORHAN AND KAYA, AYŞEGÜL AND ERDOĞAN, ÜMIT. Effect of

reprocess on the sustainability of t-shirt production.

Tekstil ve Mühendis, v. 29, n. 126, p. 70–80, 2022.

SEMBA, T. *et al.* Greenhouse gas emission reductions by reusing and recycling used clothing in japan.

Sustainability, v. 12, n. 19, p. 8214, 2020.

SHEN, L.; WORRELL, E.; PATEL, M. K. Comparing life cycle energy and ghg emissions of bio-based pet, recycled pet, pla, and man-made cellulose. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 6, p. 625–639, 2012.

SUSKI, C. A.; SCHVAMBACH, A. Efeito da implantação do plano de mobilidade urbana do município de brusque/sc na emissão de gases de efeito estufa. **Revista Geociências**, Florianópolis, v. 42, n. 1, p. 45–57, 2023.

WU, Z. H. Evaluating the life-cycle environmental impacts of polyester sports t-shirts. *In*: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. Shanghai: IOP, 2020. v. 474, n. 2, p. 1–9.

XU, Q.; WANG, X.; ZHANG, Y. Green and sustainable fabrication of a durable superhydrophobic cotton fabric with self-cleaning properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 242, p. 124731, 2023.

ZAMANI, B. *et al.* A carbon footprint of textile recycling: a case study in Sweden. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 4, p. 676–689, 2014.

ZHANG, Z. *et al.* Environmental impacts of cotton and opportunities for improvement. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 4, n. 10, p. 703–715, 2023.