

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA CAROLINE BONACINI

**CICLO DE VIDA DE UMA CAMISETA DE ALGODÃO: ANÁLISE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA TÊXTIL**

LONDRINA

2022

BRUNA CAROLINE BONACINI

**CICLO DE VIDA DE UMA CAMISETA DE ALGODÃO: ANÁLISE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**LIFE CYCLE OF A COTTON T-SHIRT: ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL
IMPACTS OF THE TEXTILE INDUSTRY**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de
Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental
e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Campus Londrina, para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.
Orientador: Prof. Aulus Roberto Romão Bineli

LONDRINA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNA CAROLINE BONACINI

**CICLO DE VIDA DE UMA CAMISETA DE ALGODÃO: ANÁLISE DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de
Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental
e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Campus Londrina, para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Data de aprovação: 30/novembro/2022.

Tatiane Cristina Dal Bosco
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.

Joseane Debora Peruço Theodoro
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina

Aulus Roberto Romão Bineli (Orientador)
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.

LONDRINA

2022

Dedico este trabalho a mim mesma, para me lembrar
de que sou capaz de concluir qualquer objetivo,
desde que haja perseverança.

AGRADECIMENTOS

Ao longo de toda minha vida aprendi que nossa maior força vem do nosso próprio ser. Porque é ele que está conosco 100% do tempo, desde os momentos mais difíceis, até os momentos em que a vida nos recompensa pela garra e dedicação nas batalhas que traçamos.

Mas que independentemente do quão persistentes somos correndo atrás nos nossos sonhos, jamais conseguiríamos alcança-los sem alguém para nos lembrar que somos capazes de realiza-los.

Essa página é dedicada a todos que acreditaram que eu conseguiria, e que não me deixaram desistir quando eu pensei ser impossível.

Aos meus pais Rovilson e Elaine, por serem pacientes e entenderem que todos temos nosso próprio tempo, e que mesmo que o meu seja maior que o de outras pessoas, serem orgulhosos pelas minhas conquistas.

Á minha amiga Ana Carolina, que me acolheu em todos os momentos de crises. Que segurou todas as pontas que estavam voando para que eu pudesse me manter firme em finalizar essa etapa. Que dedicou parte do seu tempo para garantir que eu estivesse bem o suficiente para passar por essa fase e voltar a voar.

Ao meu namorado Vitor, por garantir que eu estivesse cuidando da minha saúde nos dias em que eu me mantive focada e determinada a evoluir ainda mais para a conclusão do meu curso. E que passou pela mesma etapa junto comigo e se manteve forte por ele e por mim.

Sou grata ao meu orientador Aulus, pela confiança depositada na minha proposta de projeto. Pela paciência, suporte e tempo gastos comigo. Jamais vou saber agradecer o quão importante foi para mim.

Á minha amiga Marina Lua, por compartilhar notícias tão lindas que me trouxeram energias o suficiente para seguir firme.

E por fim, agradecer a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Não importa o que aconteça na vida, seja bom com as pessoas. Ser bom para as pessoas é um legado maravilhoso para se deixar para trás.
(SWIFT; TAYLOR, 2014).

RESUMO

No Brasil a indústria têxtil possui significância, dados mostram que o setor representa 16,7% dos empregos no país. Além disso, é uma área de mais de 200 anos que vem solidificando a moda brasileira, que é a maior cadeia têxtil completa do Ocidente. Entretanto, ao fabricar novos produtos para atender as necessidades dos consumidores, utiliza-se recursos naturais que ocasionam impactos ambientais que podem ser irreversíveis. Portanto, é necessário identificar e minimizar os impactos relacionados à produção têxtil. Este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos causados em todo ciclo de vida de uma camiseta branca, tamanho M unissex de 100% algodão utilizando a técnica de Análise de Ciclo de Vida (ACV), além de analisar toda cadeia de fabricação do produto identificando as entradas e saídas dos recursos envolvidos nos processos através de uma base de dados teórica, definindo os parâmetros e avaliando os impactos ambientais. A análise do ciclo de vida foi realizada por meio de balanços de entrada e saída de materiais, produtos e subprodutos organizados em planilha eletrônica considerando as etapas e processos que vão desde a preparação do solo para o plantio do algodão até o processo de destinação final da camiseta. Os resultados permitiram identificar que para os seis processos elaborados os valores para o consumo de água foi de quase 30 mil litros, sendo 67% do seu uso no processo de produção do algodão; mais de 500kWh gastos em energia através de maquinários e eletrodomésticos; aproximadamente 8kg de resíduos sólidos gerados em toda ACV; utilização de 2 quilos de produtos químicos como agrotóxicos e de limpeza; 8 mil litros de efluentes líquidos provenientes do uso de água e diluição de produtos, e mais de 500 kg de CO₂ emitido á atmosfera. Portanto conclui-se que o maior causador de impacto ambiental negativo durante o ciclo de vida do produto provém do uso da água nas etapas de produção do algodão (67,2%) e o consumo da camiseta através das lavagens (25,1%), além da pegada de carbono proveniente das emissões de gases resultantes da combustão do óleo diesel no transporte dos processos como sendo de mais de 1 tonelada de CO₂. Além disso, embora o trabalho tenha tido bons resultados um maior detalhamento nos dados de entrada é necessário, os quais podem ser obtidos em bases de dados e softwares de ACV.

Palavras-chave: ACV; impacto ambiental; moda sustentável; setor têxtil.

ABSTRACT

In Brazil, the textile industry is significant, data show that the sector represents 16.7% of jobs in the country. Furthermore, it is an area of more than 200 years that has been solidifying Brazilian fashion, which is the largest complete textile chain in the West. However, when manufacturing new products to meet the needs of consumers, natural resources are used that cause environmental impacts that may be irreversible. Therefore, it is necessary to identify and minimize impacts related to textile production. This work aimed to evaluate the impacts caused throughout the life cycle of a white T-shirt, size M unisex made of 100% cotton using the Life Cycle Analysis (LCA) technique, in addition to analyzing the entire manufacturing chain of the product, identifying the inputs and outputs of the resources involved in the processes through a theoretical database, defining the parameters and evaluating the environmental impacts. The life cycle analysis was carried out through input and output balances of materials, products and by-products organized in an electronic spreadsheet, considering the steps and processes ranging from soil preparation for cotton planting to the final disposal process of the T-shirt. The results made it possible to identify that for the six processes elaborated, the values for water consumption were almost 30 thousand liters, with 67% of its use in the cotton production process; more than 500kWh spent on energy through machinery and household appliances; approximately 8kg of solid waste generated throughout the ACV; use of 2 kilograms of chemicals such as pesticides and cleaning products; 8 thousand liters of liquid effluents from the use of water and dilution of products, and more than 500 kilograms of CO₂ emitted into the atmosphere. Therefore, it is concluded that the greatest cause of negative environmental impact during the product's life cycle comes from the use of water in the cotton production stages (67.2%) and the consumption of the shirt through washing (25.1%), in addition to the carbon footprint from the gas emissions resulting from the combustion of diesel oil in the transport of processes, as being more than 1 ton of CO₂. In addition, although the work had good results, greater detail in the input data is necessary, which can be obtained from databases and LCA software.

Keywords: LCA; environmental impact; sustainable fashion; textile sector.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	Análise do Ciclo de Vida
AMDA	Associação Mineira de Defesa do Ambiente
AICV	Análise de Impacto do Ciclo de Vida
ICV	Análise de Inventário do Ciclo de Vida
ONU	Organização das Nações Unidas
WWF	World Wildlife Fund
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NBR	Normas Brasileiras
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Desenvolvimento Sustentável.....	17
3.2	Indústria da Moda.....	19
3.2.1	Impactos da Indústria da Moda	20
3.2.2	Moda Sustentável.....	21
3.3	Avaliação do Ciclo de Vida.....	22
3.3.1	Etapas da ACV	23
<u>3.3.1.1</u>	<u>Objetivo e Escopo</u>	<u>23</u>
<u>3.3.1.2</u>	<u>Análise de Inventário</u>	<u>24</u>
<u>3.3.1.3</u>	<u>Avaliação de Impacto</u>	<u>24</u>
<u>3.3.1.4</u>	<u>Interpretação da ACV</u>	<u>24</u>
3.3.2	Estudos de ACV	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1	Água	42
5.2	Energia elétrica.....	44
5.3	Transporte.....	45
5.4	Efluentes líquidos.....	46
5.5	Produtos químicos	47
5.6	Impactos Ambientais gerais	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Com o início da industrialização ocorreu um grande aumento no consumo de diversos produtos, isso porque o indivíduo começou a sentir essa necessidade, além de ter mais acesso e estímulos para consumir cada vez mais. A propaganda, o aumento de empregos e posteriormente o aumento do poder aquisitivo, foram fatores que contribuíram para que esse estilo de consumo acontecesse. A revolução industrial marcou grandes incílios tecnológicos na produção têxtil e de vestuário (FRINGS,2012). Com mais máquinas e mão de obra, o setor têxtil otimizou os processos, barateou os custos e conseguiu expandir para mais lugares e mais consumidores.

Nos séculos XX e XXI, houve uma grande inovação consequente da industrialização como um todo, a partir da produção em massa no Oriente, principalmente na China. Os dados disponíveis da UNIDO - United Nations Industrial Development Organization em 2017, demonstram a China liderando o ranking mundial de produção de têxteis, com valores superiores a US \$421 bilhões. O Brasil foi o 10º maior produtor mundial de têxteis, com produção de quase US \$13 bilhões, o equivalente a 3% da produção da China. Sampaio (2009, p.60) afirma que “as inovações se sucedem em grande velocidade, tornando muitos produtos obsoletos em curto espaço de tempo e estimulando as trocas por outros mais modernos”, o que explica os valores exorbitantes deste ranking.

A cada ano, a fabricação de produtos têxteis aumenta, a fim de suprir as necessidades dos consumidores e gerar lucros para as empresas. Em 2018, o Brasil estava em 5º lugar no ranking de maior indústria têxtil do mundo e 4º no segmento de vestuário cuja produção média, em toneladas, era da ordem de 1,3 milhões de têxteis e 6,71 milhões de vestuário (FIEG, 2018). Nesse mesmo ano, a produção de manufaturas têxteis brasileiras alcançou 2 milhões de toneladas, o que representa um faturamento da ordem de US \$50,3 bilhões (PRADO, 2018).

Citando os dados da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), a CNI - Confederação Nacional da Indústria, informou que a produção brasileira teve participação na produção mundial reduzida de 1,31%, em 2020, para 1,28%, em 2021 devido á pandemia.

A entidade informou que esse percentual é o menor da série histórica, que se iniciou no ano de 1990, e, com isso, o Brasil caiu da 14ª para a 15ª posição em 2021. Esse fato pode ser explicado pelo cenário de pandemia mundial, que diminuiu o poder

aquisitivo, as importações e exportações de produtos, além da preocupação do consumidor em dar preferência a produtos de saúde.

Mesmo diante dessa queda, ainda há uma grande produção e ciclagem têxtil, e o problema desse aumento está na origem e no uso das matérias-primas utilizadas nessa produção, o uso da água e energia, a poluição atmosférica e destinação final dos resíduos. Tudo isso, pode acarretar grandes impactos negativos ao meio ambiente. Chehebe (1997, p.9) salienta que “todo produto, não importa de que material seja feito ou finalidade de uso, provoca um impacto no meio ambiente, seja em função de seu processo produtivo, das matérias-primas que se consome, ou devido ao seu uso ou disposição final”.

Sendo assim, o processo de produção induz continuamente os sistemas entre o meio ambiente e a sociedade, causando impactos que muitas vezes são negligenciados por parte das indústrias. De acordo com Abreu et al. (2008) as empresas investem apenas o básico no tratamento de seus resíduos, pois seu único objetivo é evitar multas, sem pensar na preocupação social e ambiental.

Segundo a BBC News (2017), a indústria da moda, se tornou a segunda maior poluidora mundial, tudo por visar atender às grandes demandas dos consumidores. E apesar de todos os benefícios econômicos, esse segmento industrial é um dos maiores consumidores de água quando se compara os diferentes setores industriais. É um setor onde existe a tendência da "moda rápida", que basicamente se trata de um modelo de produção, onde os produtos são fabricados, consumidos e descartados com muita rapidez, fazendo com que o indivíduo se atraia pelas novidades, variedades e menor preço, resultante de produtos com baixa qualidade para que seja descartado mais depressa, e que o consumidor seja induzido a comprar novamente. Pookulangara (2013) conclui que isso “estimulou o consumo excessivo em que os consumidores comprem mais do que precisam, o que resulta no desperdício de moda”.

Portanto, a proposta desse trabalho está envolvida em quantificar o uso de recursos naturais, detalhar o processo produtivo de uma camiseta de algodão e informar como sua fabricação impacta o meio ambiente, ressaltando a importância da Análise de Ciclo de Vida (ACV) como ferramenta essencial para que a conscientização se torne cada vez mais recorrente no consumo de vestuários. A ACV permite analisar cada processo, calculando tudo que é utilizado e gerado (entradas e saídas) do início ao fim (ciclo de vida) do produto. Tratando-se de um trabalho teórico os valores foram

escolhidos, conforme dados da literatura, e foram atribuídos de forma arbitrária ao trabalho considerando o cenário construído, pois podem sofrer mudanças conforme as características de cada sistema envolvendo o produtor e o consumidor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os impactos causados por uma camiseta branca, tamanho M, unissex e de 100% algodão, utilizando a técnica de Análise de Ciclo de Vida (ACV).

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar toda cadeia de fabricação do produto identificando as entradas e saídas dos recursos envolvidos nos processos, através de uma base de dados teórica;
- Definir os parâmetros e variáveis no processo de fabricação do produto;
- Avaliar os impactos ambientais, pegada hídrica e de carbono analisando o processo produtivo e indicando possíveis alterações para diminuição desses impactos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Desenvolvimento Sustentável

Devido à crise climática, o desenvolvimento sustentável se tornou assunto amplamente debatido pela sociedade desde a definição dada pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente, em 1987. Segundo o Relatório Brundtland, desenvolvimento sustentável é aquele que "atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem também às suas" (CMMAD, 1991, p.9). Para a Comissão, o desenvolvimento sustentável deve, no mínimo, proteger os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: atmosfera, águas, solos e seres vivos.

Conforme Sanches (2002), o conceito de desenvolvimento sustentável é um enfoque de desenvolvimento socioeconômico orientado para a satisfação das necessidades básicas e oferece um conjunto de critérios para avaliar a pertinência para ações mais específicas. Ou seja, existe uma relação entre o meio ambiente e sociedade, que impacta na economia e na vivência do ser humano.

Gonçalves (2007) destaca que a questão é que não existe mais o cenário de abundância dos recursos naturais que existia no passado. O consumo desenfreado dos recursos naturais, ocasiona grande quantidade de resíduos no planeta, e com isso, o desenvolvimento sustentável almeja qualidade ao invés de quantidade, redução de uso de produtos, matérias-primas e utilização da reciclagem. Além, claro, da otimização de todo processo de fabricação visando o menor desperdício e descarte final possível.

Costa (2011) afirma que o ato de consumo é pertencente à vida humana contemporânea, pois baliza as relações sociais e faz parte da dinâmica da economia. Porém, a problemática não se encontra no consumo natural, mas sim na compra e uso de produtos. A produção, o consumo e o descarte são fatores importantes pois impactam diretamente no meio ambiente.

A cada dia, mais material é descartado, se tornando cada vez mais difícil gerenciar os resíduos acumulados. Para Cavalcanti (1997, p. 386/387) o tema sustentabilidade se confronta com o que se denomina de paradigma da sociedade em risco. Isto implica a necessidade da multiplicação de práticas sociais pautadas pela ampliação do direito à informação e de Educação Ambiental numa perspectiva integradora.

Existe diferença entre os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Segundo Boff (2017) sustentabilidade é o conjunto de processos e ações que se destinam a manter a vitalidade e a integridade da Mãe Terra, a preservação de seus ecossistemas com todos os elementos químicos, físicos e ecológicos que possibilitam a existência e a reprodução da vida. Portanto, está relacionada à capacidade de um sistema (em que o indivíduo e o meio ambiente estão integrados), resistir ou se adaptar às mudanças no decorrer do tempo.

A Organização WWF (2021, pg.1) define desenvolvimento sustentável como sendo “o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades”. Significa obter crescimento econômico sem esgotar os recursos naturais para o futuro.

É importante saber que existem três pilares do desenvolvimento sustentável, sendo eles social, econômico e ambiental. Quando esses três aspectos existem dentro de um sistema, e se relacionam entre si de forma harmoniosa, se tem uma empresa que se desenvolve de maneira sustentável. Elkington (2001) cita que o capital social deve considerar o capital humano, na forma de saúde, habilidades e educação, mas que também deve abranger medidas mais amplas de saúde da sociedade e do potencial de criação de riqueza. De acordo com o autor, na visão convencional, o pilar econômico “se resume ao lucro da empresa, portanto para calculá-lo os contadores utilizam apenas dados numéricos”. Por último, ao se tratar do pilar ambiental, o autor afirma que as empresas precisam saber avaliar se são ambientalmente sustentáveis e, para isso, é preciso compreender primeiramente o significado da expressão capital natural. De acordo com Almeida (2002, p. 64), a maior dificuldade não está em elaborar o conceito de desenvolvimento sustentável, mas sim em colocá-lo em prática.

Em 1992 foi realizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), um evento internacional conhecido como ECO-92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento), com o principal objetivo de debater o cenário ambiental global, especialmente por meio da defesa do desenvolvimento sustentável. As mudanças climáticas, a preservação da água, o transporte alternativo, o turismo ecológico e as políticas de reciclagem foram temas importantes debatidos. E graças a ECO-92, o desenvolvimento sustentável foi um conceito muito difundido após a sua realização.

No ano 2000, os países membros da ONU propuseram os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), estabelecendo metas para o período entre 2000 e 2015, e com seu sucesso continuou o desejo de dar continuidade, traçando novas metas para os próximos 15 anos. Criando-se os ODS, um plano de ação com 17 objetivos globais para serem cumpridos até o ano de 2030, a fim de que todos os países cresçam e cooperem nessa agenda de sustentabilidade (SORICE, 2022).

Os ODS são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. (ODS, 2022).

Os ODS são:



Fonte: ONU (2021)

De acordo com o Ministério da Economia, até 2030 todos os países do mundo devem implementar os 17 objetivos e 169 metas. Com o propósito de produzir um conjunto de finalidades que supram os desafios ambientais, políticos e econômicos mais urgentes que nosso mundo enfrenta.

Com isso, o presente trabalho possui relação com as ODS 10 e 12.

3.2 Indústria da Moda

A partir do destaque sobre desenvolvimento sustentável no decorrer dos anos, há uma preocupação com a indústria da moda por ocasionar uma série de impactos ambientais desde o início da sua produção, até a destinação do resíduo e produto final pelos consumidores. De acordo com Fletcher e Grose (2012), para que tais mudanças sejam realizadas no setor da moda, é preciso uma comunicação e educação mais completa e direcionada à sociedade de modo geral, a fim de que tomem conhecimento sobre os sistemas ecológicos assim como sua relação com os sistemas humanos.

É interessante salientar que peças de roupas estão presentes todo tempo, durante toda a vida do ser humano, e são adquiridas por inúmeros motivos, principalmente por necessidades básicas. Berlim (2012) afirma que para além do uso

das peças apenas por pudor e proteção, a vestimenta também está relacionada com o adorno, que nos propicia magia, identidade e comunicação. Berlim (2012, pg.20) também ressalta que “roupas e moda são entidades diversas, porém ambas contribuem para o bem-estar do ser humano em aspectos funcionais e emocionais”. Com isso, a moda se torna importante aos olhos do indivíduo que busca expressar sua identidade pessoal, expressão cultural e mostrar como se vê perante a sociedade.

Segundo Alves (2013) o consumo desenfreado é incompatível com a sustentabilidade, podendo existir várias causas para esse estilo de consumo. Pois, desde que o ser humano vem ao mundo é necessário adquirir novas roupas devido ao seu crescimento, e esse consumo permanece constante tendo em vista que existem mudanças de medidas e massa na fase adulta, e conseqüentemente se faz necessário a compra de novas peças. Isso sem falar sobre alterações de clima e estações do ano que exigem novas peças para se adequar a temperaturas diferentes. Stefani (2005) complementa que diariamente, ao vestir-se para sair de casa, cada indivíduo se depara com as opções oferecidas por seu guarda-roupa. De acordo com o que possui no armário, faz a combinação adequada ao clima e ao local ao qual se dirige.

Nessa circunstância, a indústria da moda se torna cada vez mais resistente, apresentando novas peças a cada mudança de comportamento do indivíduo, estações do ano, eventos e tendências. Munhoz (2012) cita que a era das minicoleções sazonais introduzem tendências e inovações com uma velocidade nunca vista e consolida o método de produção e consumo em ciclo abalando o modo de se pensar em moda na contemporaneidade. Essa atitude de gerar tendências acarreta em um ciclo de vida programado que determina o descarte antecipado estando ou não em boas condições, apenas por não estarem “na moda”.

É nesse cenário que se encontra a ascendência da indústria fast-fashion ou moda rápida, que apresenta novidades sucessivas com grande rapidez de produção e preços baixos. Portanto, ao analisarmos os dados ambientais deste setor, nos deparamos com números que apontam como a segunda maior indústria poluidora mundial (MELGAREJO, 2019).

3.2.1 Impactos da Indústria da Moda

De acordo com Toniollo (2015) no 6º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental realizado em 2015 no Rio Grande do Sul, afirma que em todas as fases de

produção têxtil, como fiação, tecelagem, beneficiamento e confecção de vestuário é possível verificar que muitos são os resíduos e impactos causados diretamente ao meio ambiente.

Sendo o algodão a matéria-prima da produção têxtil, nas etapas de plantio e adubação são utilizados agrotóxicos e pesticidas prejudiciais não só ao meio ambiente, mas também à saúde humana. Assim, tendo em vista que esses componentes são usados em quantidades maiores do que o indicado, causam impactos ao meio ambiente, tais como na poluição da água, do ar e do solo (SANTOS, S, 2012).

Durante todo o processo de fabricação de uma peça de roupa, é utilizado grandes quantidades de água, consumo de energia, uso de transportes, descarte de resíduos sólidos e de efluentes líquidos.

Segundo a AMDA - Associação Mineira de Defesa do Ambiente (2018), a indústria têxtil consome 93 bilhões de metros cúbicos de água anualmente, em média 20% da poluição industrial da água em todo mundo provém do mercado de tecidos. E os recursos hídricos não são apenas desperdiçados, mas também poluídos.

De acordo com o levantamento da Fundação Ellen MacArthur, as empresas produzem em massa, por isso as roupas são mais baratas e também menos duráveis. Estima-se que mais da metade da moda rápida produzida é eliminada em menos de um ano. A ONG também afirma que o sistema linear de produção utilizado pela indústria têxtil extrai 98 milhões de toneladas de recursos não renováveis. A produção colabora ainda para a escassez da água e emissão de gases poluentes, mais de 1 bilhão de toneladas de CO₂ equivalente foram liberadas em 2015.

Diante do cenário atual, é possível notar que a Indústria da moda é responsável por impactos negativos ao meio ambiente. Deste modo, se tornou necessário estudos e pesquisas que visem uma moda sustentável, também conhecida como moda ecologicamente correta, abrangendo todo o ciclo de produção, o uso e o descarte final, com a finalidade de minimizar os impactos ambientais causados no processo têxtil.

3.2.2 Moda Sustentável

A indústria da moda está expandindo seu mercado e vê na sustentabilidade uma oportunidade para ampliar seus negócios (GALLELI et al., 2015).

Moda sustentável é o conceito de fazer roupas e acessórios sem descuidar do meio ambiente, pensando no impacto que esse modo de produção vai gerar às comunidades. Para estar em evidência, são necessárias atitudes conjuntas entre o design do produto e o ciclo de vida (REFOSCO et al., 2011). Evidencia-se o trabalho de ateliês e cooperativas para o crescimento da moda sustentável (CHIARETTO et al., 2014).

O *slow fashion* e a moda sustentável são formas de conscientizar os consumidores, infiltrando valores e melhorando a qualidade de vida (FLETCHER, 2007). Trata-se de uma mudança da quantidade para a qualidade (LEE et al., 2020). As peças são criadas para ser duráveis, com modelagens atemporais e tecidos ecológicos, apresentando maior qualidade (PEREIRA et al., 2013).

3.3 Avaliação do Ciclo de Vida

Segundo o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica desenvolvida para mensuração dos possíveis impactos ambientais causados como resultado da fabricação e utilização de determinado produto ou serviço.

Utiliza uma abordagem conhecida como do “berço ao túmulo”, na qual são levantados os dados em todas as fases do ciclo de vida do produto. O ciclo de vida se refere a todas as etapas de produção e uso do produto, relativas à extração das matérias-primas, passando pela produção, distribuição até o consumo e disposição final, contemplando também reciclagem e reuso quando for o caso.

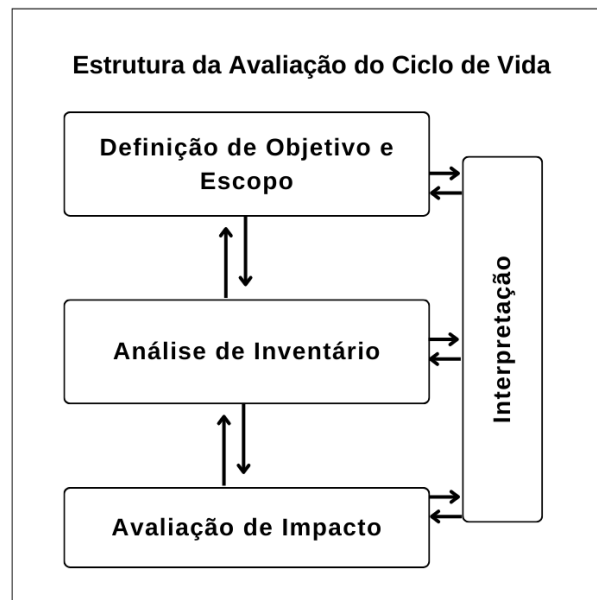
Segundo Ferreira (2004) é a compilação e a avaliação das entradas, saídas e dos potenciais impactos de um sistema de produto. É regida pelas normas da ISO 14040 criada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2019) sendo uma técnica que estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas.

3.3.1 Etapas da ACV

As aplicações da ACV incluem identificação dos processos e materiais que mais contribuem para o potencial impacto ambiental ao longo do ciclo de vida, comparação de opções em processos particulares e seleção de indicadores ambientais relevantes (ABNT, 2009; GIANNETTI; ALMEIDA, 2006)

Um estudo de ACV é constituído por quatro etapas, constantemente revisadas durante o estudo. Segundo a NBR ISO 14040:2001 a análise de ciclo de vida (ACV) inclui a definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados e mantém a estrutura ilustrada na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura de ACV.



Fonte: Adaptado da NBR ISO 14040 2001.

A ACV não segue um fluxo necessariamente linear. À medida que mais informações e dados são coletados, diversos aspectos de cada fase podem ser reavaliados e redefinidos, de forma que essas modificações possam atender ao objetivo original do estudo (ABNT, 2009).

3.3.1.1 Objetivo e Escopo

De acordo com o apresentado na NBR 14040 na primeira etapa de ACV ocorre a definição do Objetivo e Escopo. No objetivo é definido a finalidade do estudo, sua abrangência e parâmetros importantes para as etapas seguintes. Na primeira

etapa também pode ser definido se o processo da ACV será atribucional ou consequencial.

A determinação do escopo, assegura os limites, a abrangência e o detalhamento do estudo, com a finalidade de atender ao objetivo definido (ABNT, 2009).

3.3.1.2 Análise de Inventário

Arduin (2013) explica que a segunda etapa onde ocorre a Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) abrange a coleta e a síntese dos dados de entrada e saída do processo estudado, que serão analisados na terceira etapa através da Análise de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) a fim de serem correlacionados às categorias de impacto quanto a sua significância ambiental.

Conforme a ABNT (2009), a coleta de dados deve ser realizada considerando cada processo elementar, respeitando a fronteira do sistema. Os dados coletados serão validados e utilizados para quantificar os inputs (dados referentes à energia, matéria-prima, produtos auxiliares) e outputs (produtos, coprodutos, resíduos, e emissões para o ar, solo e água) dos processos.

3.3.1.3 Avaliação de Impacto

A etapa de Avaliação de Impacto (AICV) utiliza os resultados da Análise de Inventário (ICV) para avaliar a significância dos impactos ambientais potenciais do sistema definido no objetivo e escopo. Estabelece uma ligação entre o produto ou processo aos seus potenciais impactos ambientais (ABNT, 2009).

3.3.1.4 Interpretação da ACV

Como todas as etapas anteriormente descritas, a interpretação é um processo iterativo, permitindo rever e revisar as definições iniciais, assim como a qualidade e a natureza dos dados coletados, de forma consistente com o objetivo proposto.

Nesta etapa, as constatações da ICV e AICV são consideradas em conjunto, de forma que as informações dessas etapas sejam convergidas na forma de conclusões e que provejam recomendações (ABNT, 2009). É importante que as interpretações estejam de acordo com as definições iniciais de objetivo e escopo, e

que expliquem as limitações do estudo, realizando uma análise crítica com relação à qualidade dos dados ICV e do método de AICV utilizado.

3.3.2 Estudos de ACV

Um estudo de ACV relacionado a produtos têxteis, foi a de Leffland, Kaersgaard e Andersson (1997) utilizando camisetas de composição 100% algodão e tintas com corantes reativos. Os autores avaliaram dois cenários, com camisetas de algodão de qualidades diferentes. A primeira sendo resistente a setenta e cinco lavagens e a segunda cuja qualidade era inferior, apenas a 5 lavagens, totalizando um consumo de 15 camisetas para suprir a unidade funcional. Com essa comparação foi possível observar a distribuição do impacto do ciclo de vida nos dois cenários. No primeiro cenário, a etapa de uso apresentou impactos muito superiores às demais etapas e no segundo cenário a etapa de uso apresentou impactos tão significativos quanto às demais.

Morita, Maia e Ravagnani (2012) produziram um estudo aplicando a ACV na análise dos impactos ambientais na obtenção da fibra de algodão no Brasil, a partir de dados obtidos junto a Embrapa. Observou-se que os impactos aliados às mudanças climáticas e acidificação/eutrofização devem-se a utilização de fertilizantes no plantio e combustíveis fósseis nas máquinas agrícolas. E no mesmo ano, os autores publicaram outro estudo que quantificou os impactos da produção de fios de algodão no Brasil pelo método convencional (fiação por anel) e não convencional (fiação por rotor ou open end). Concluiu-se que o processo de fiação convencional causa maiores impactos especialmente na ecotoxicidade e na acidificação/eutrofização, ocasionado principalmente devido ao desperdício maior no processo, cerca de 4% comparativamente ao processo não convencional (MORITA, MAIA e RAVAGNANI, 2012).

O estudo produzido por Donke et al. (2013) analisou a produção de plumas de algodão utilizadas para a produção de fibras na região de Savana no Brasil. Os dados foram obtidos pela Embrapa em relação à safra de 2010/2011 e referências bibliográficas. A ACV identificou que, devido a utilização de fertilizantes e pesticidas, os potenciais impactos mais elevados para o cultivo foram relacionados a ecotoxicidade terrestre e aquática e a toxicidade humana.

Em todas as fases de produção têxtil, como fiação, tecelagem, beneficiamento e confecção de vestuário é possível observar que há muitos resíduos e impactos

causados ao meio ambiente. Por isso, o setor têxtil mobiliza ações para minimizar os riscos e impactos gerados desde o plantio e adubação até a produção propriamente dita (SANTOS; FERNANDES, 2012).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

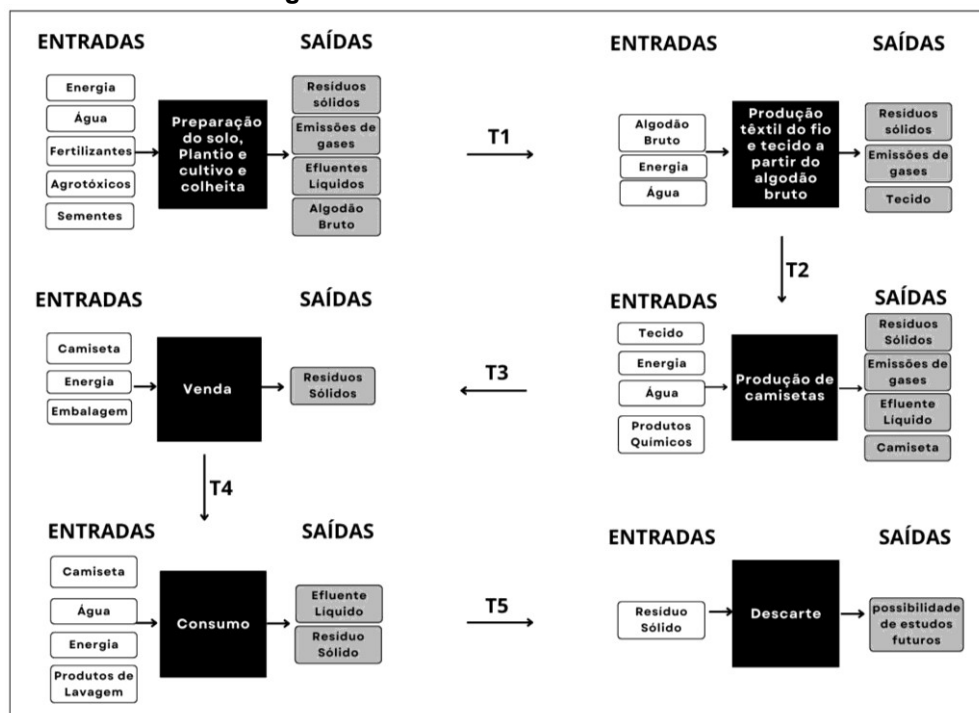
A avaliação da produção e dos impactos ambientais causados por uma camiseta branca, tamanho M com material 100% algodão, foi realizada pelo método de Análise de Ciclo de Vida (ACV), sendo utilizado uma planilha eletrônica, com base teórica de dados, os quais foram atribuídos ao trabalho conforme o cenário construído.

Sendo assim, foi realizada uma análise simplificada tendo como foco principal os processos envolvendo a origem das fibras, o processo de fabricação dos fios, tecido e modelagem da camiseta e as consequentes emissões gasosas, uso da água e energia e os principais impactos causados até sua disposição final.

As informações sobre as fibras das camisetas e seus processos de fabricação, foram realizadas a partir de revisão bibliográfica e artigos publicados sobre moda sustentável, produção de algodão, emissões atmosféricas provenientes da combustão do óleo diesel e uso e consumo de energia e água.

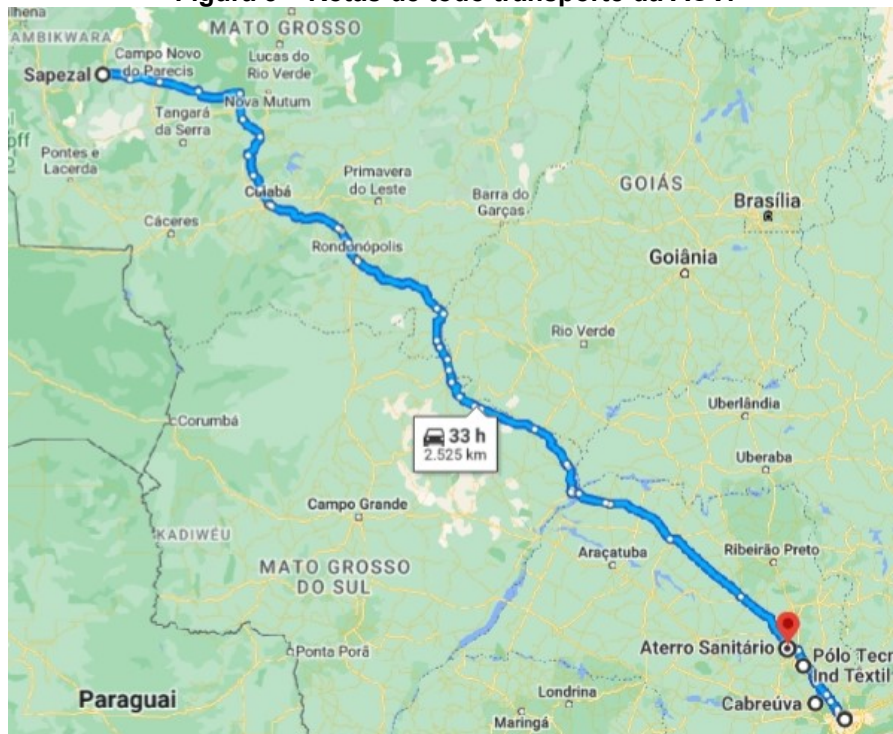
Na Figura 2 é possível observar todo processo de ACV utilizado, isto é, uma estrutura gráfica e detalhada de todo escopo do trabalho e suas etapas principais, com as entradas dos processos à esquerda, os processos ao meio, suas saídas à direita e seus transportes até o próximo processo. Os indicativos nas setas nomeados de T1 a T2 simbolizam os transportes de cada processo e podem ser observados na Figura 3.

Figura 2- Estrutura descritiva da ACV.



Fonte: realizado pela Autora.

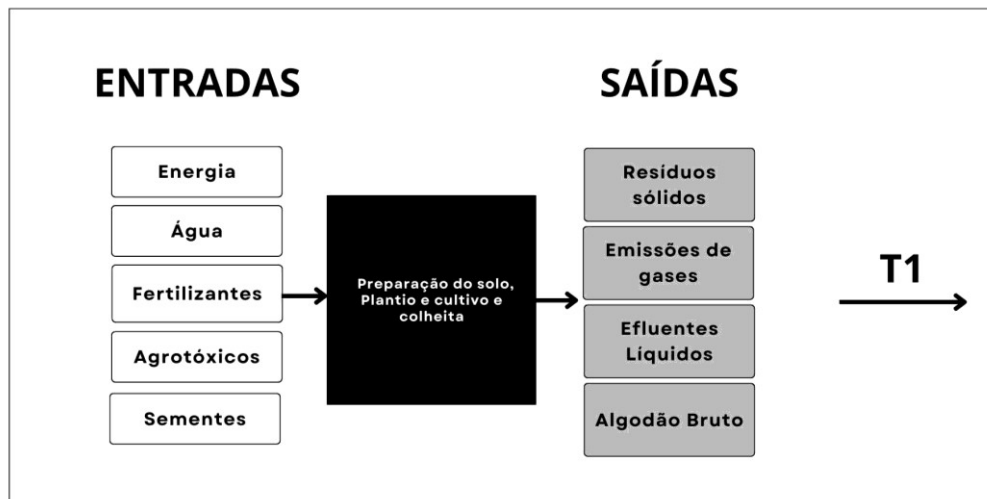
Figura 3 – Rotas de todo transporte da ACV.



Fonte: realizado pela Autora.

O detalhamento de cada processo está enumerado de 1 a 6, nas Figuras de 3 a 9. Na Figura 4 encontra-se o Processo 1, de Preparação do solo, Plantio e cultivo e colheita para 1 kg de algodão, com suas entradas e saídas e seu transporte até o Processo 2, sendo descrito como T1.

Figura 4 - Estrutura descritiva do Processo 1



Fonte: realizado pela Autora.

Com dados teóricos obtidos através do Kalliala (1999) foi possível obter informações para calcular e realizar uma planilha de entradas e saídas do processo 1, etapa de plantação, cultivo e colheita para a obtenção de 1kg de algodão bruto. A

autora possui um estudo muito bem detalhado, e mesmo se tratando de um estudo antigo e realizado na Europa, faz um detalhamento total da produção de um tecido de algodão. Como a base de dados apresenta-se escassa, foi fundamental para o desenvolvimento dos processos do presente trabalho, considerando o cenário do Brasil.

Nesse processo, tem-se as seguintes entradas: energia, água, agrotóxicos, fertilizantes e quantidade de sementes utilizadas que irão resultar em uma colheita de 1kg de algodão. Seus valores podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores das Entradas do Processo 1.

Energia		
Eletricidade	3,36	kWh
Fósseis	13,25	kWh
Hidrelétrica	0,28	kWh
Total energia	16,89	kWh
Água		
Irrigação	9900	L
Chuva	9020	L
Diluição	3080	L
Total água	22000	L
Fertilizantes		
Nitrogênio	0,104	kg
Fósforo	0,038	kg
Potássio	0,095	kg
Cálcio	0,029	kg
Magnésio	0,024	kg
Enxofre	0,063	kg
Total fertilizantes	0,353	kg
Agrotóxicos		
Pesticidas	0,016	kg
Total agrotóxicos	0,016	kg
Sementes		
1kg de colheita	24	sementes
Total sementes	24	sementes

Fonte: realizado pela Autora com dados de Kalliala (1999).

O cálculo de sementes foi obtido através da colheita média em 1 hectare, onde foi estimado a área necessária para a geração de 1kg de algodão, considerando a plantação das sementes com 1m de espaçamento.

Na saída do processo 1, conforme apresentado na Tabela 2, tem-se os resíduos sólidos provenientes da colheita de 1kg de algodão e do local onde é armazenado a safra, as emissões de gases do maquinário utilizado, efluentes líquidos provenientes do uso de agrotóxicos e o algodão bruto (com a perda de mais de 60%

da sua massa, proveniente das casquinhas e caroços). Também possui geração de resíduos provenientes do almoxarifado do local.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2017), o cultivo de algodão é constituído pelas etapas de cotonicultura (algodão em caroço) e algodoeira (algodão em pluma). Após a colheita, o algodão em caroço das cotonicultoras destina-se às algodoeiras para realizar o beneficiamento que dura em torno de 70 minutos e transformação para o algodão em pluma que será matéria-prima para a produção de fio. O beneficiamento do algodão dá origem, em média, a 3% de impurezas, 1,3% fibrilha, 50% de caroços e 10% de casquinhas

Tabela 2 – Valores das Saídas do Processo 1.

Resíduos Sólidos		
Casquinha	0,10	kg
Fibrilha	0,01	kg
Caroço	0,50	kg
Impurezas	0,30	kg
Escritório	2,43	kg
Varrição	3,89	kg
Total resíduos	7,23	kg
Emissões de gases		
Monóxido de Carbono (CO)	0,016	kg
Dióxido de Carbono (CO ₂)	4,265	kg
Metano (CH ₄)	0,008	kg
Benzeno (C ₆ H ₆)	0,005	kg
Número de Oxidação (NO _x)	0,023	kg
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	0,004	kg
Total emissões	4,320	kg
Efluentes Líquidos - contaminação água e solo		
Diluição N - Nitrogênio	1,04	L
Diluição P - Fósforo	0,38	L
Diluição K - Potássio	0,95	L
Diluição Ca - Cálcio	0,29	L
Diluição Mg - Magnésio	0,24	L
Diluição S - Enxofre	0,63	L
Diluição pesticida	0,16	L
Efluente	7,24	L
Algodão bruto		
Algodão bruto	0,36	kg

Fonte: realizado pela Autora com dados de Kalliala (1999).

Logo após o processo de obtenção do algodão bruto, grande parte da sua massa é descartado pois se trata de caroço, fibrilha, casquinhas e demais como pode-se observar na Tabela 2. O cálculo do Efluente líquido foi realizado com base na diluição do uso de 2 vezes dos produtos químicos, subtraindo a infiltração de um solo

arenoso (melhor solo para o plantio de algodão). Com isso, o algodão bruto resultante para o próximo processo é cerca de menos de 40% da colheita.

Logo após é realizado o transporte, e neste caso foi considerado o deslocamento entre Sapezal, em Mato Grosso, considerado o maior cultivador algodoeiro do Brasil, até o bairro de Bom Retiro em São Paulo capital, polo têxtil em grande ascensão, e mais próximo dos processos recorrentes. Foram então, calculados valores da distância percorrida, o consumo de diesel necessário e emissões de CO₂, CO e NO_x, utilizando a tabela de emissões, realizadas pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, disponibilizada pela INMETRO (2022) para o modelo de transporte FORD Transit 350 F, como consta na Tabela 3.

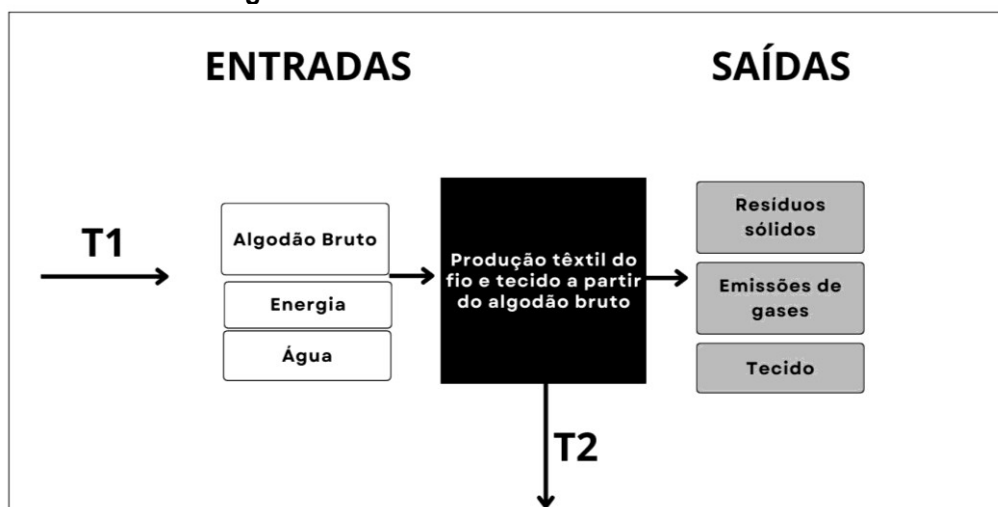
Tabela 3 - Poluentes atmosféricos no transporte do Processo 1.

Transporte		
Distância	2000	km
Consumo	9,2	L/km
Combustível	217,39	L
CO ₂	410	kg/km
NO _x	0,17	kg/km
CO	0,18	kg/km

Fonte: realizado pela Autora com dados do INMETRO (2022).

No segundo processo acontece a produção têxtil do fio e tecido a partir do algodão bruto. Na Figura 5 é possível observar as entradas e saídas desse processo, também utilizando a pesquisa de Kalliala (1999) como referência.

Figura 5 - Estrutura descritiva do Processo 2.



Fonte: realizado pela Autora.

Com dados teóricos extraídos de Kalliala (1999) foi possível obter informações para calcular e realizar uma planilha de entradas para processo 2. Neste processo 2 ocorre a produção têxtil do fio e do tecido a partir do algodão bruto obtido do processo anterior. Para as entradas tem-se o uso de energia, água e matéria-prima (algodão bruto), como pode ser analisado na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores das Entradas do processo 2.

Matéria-Prima		
Algodão Bruto	0,357	Kg
Energia		
Filatórios	109,7	kWh
Acabamento	63,5	kWh
Máquinas	76,8	kWh
Climatização	23,2	kWh
Outros	30,6	kWh
total	303,9	kWh
Água		
Lavagem	2499	L
total	2499	L

Fonte: realizado pela Autora com dados de Kalliala (1999).

Morita et al. (2012) descreveram o processo de fiação do fio algodão, como sendo composto pelas etapas de abertura, limpeza, cardagem, homogeneização e formação do fio. Esses processos têm como finalidade básica remover as impurezas da fibra, separar as fibras de menor tamanho, paralelizar, estirar e torcer o fio e fixá-lo por meio do calor (CETESB, 2009).

Tabela 5 – Valores de Saídas do processo 2.

Resíduos sólidos		
Limpeza algodão	0,04	kg
Emissões de CO ₂		
SIN (sistema interligado nacional)	0,09	kg
Filatórios	9,87	kg
Acabamento	5,72	kg
Máquinas	6,92	kg
Climatização	kg	kg
Outros	2,76	kg
Total	27,35	kg
Tecido		
Tamanho	1,29	m

Fonte: realizado pela Autora com dados de Kalliala (1999).

Para a saída do processo de obtenção de fio e tecido, foram calculados os valores de resíduo sólido, emissões de gases na atmosfera e o tamanho do tecido final que irá para o próximo processo, descritos na Tabela 5.

O valor de CO₂ atribuído ao Sistema Interligado Nacional (SIN) é relativo a contribuição nacional da emissão por meio do uso de termelétricas, por isso foi fundamental para o cálculo das emissões do maquinário.

Logo após a produção do tecido, é realizado seu transporte do bairro Bom Retiro na cidade de São Paulo, até o Pólo Tecnológico da Indústria Têxtil e de Confecção de Americana, também em São Paulo. Com a distância entre os dois lugares, pode-se calcular o consumo de diesel e emissões de CO₂, CO e NO_x, como consta na Tabela 6, utilizando a tabela de emissões disponibilizada pela INMETRO para o modelo de transporte FORD Transit 350 F, como consta na Tabela 6.

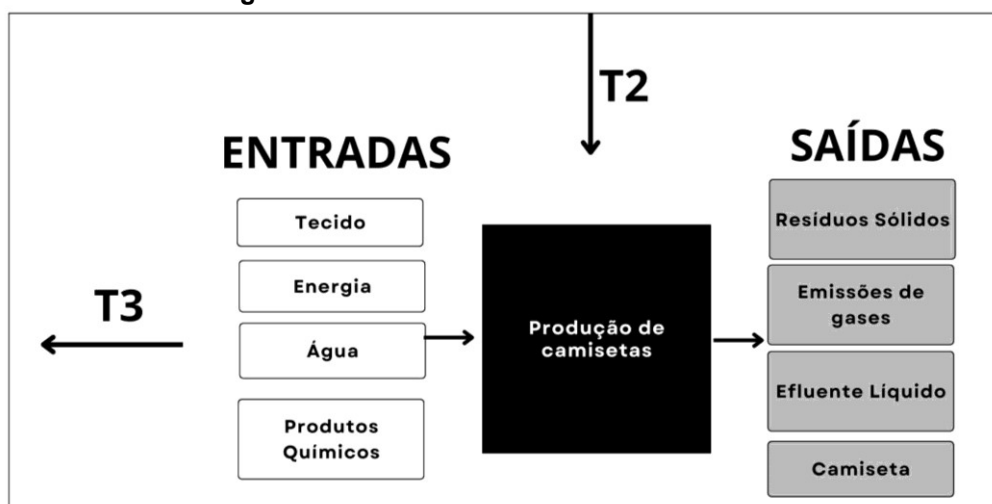
Tabela 6 - Poluentes atmosféricos no transporte do Processo 2.

Transporte		
Distância	123,00	km
Consumo	9,20	L/km
Combustível	13,37	L
CO ₂	50,43	kg/km
NO _x	0,02	kg/km
CO	0,02	kg/km

Fonte: realizado pela Autora com dados do INMETRO (2022).

Dando sequência à Avaliação do ciclo de Vida realizado, no processo 3 já se inicia a fabricação da camiseta M branca de algodão. Nesse processo também ocorre o beneficiamento, acabamento e a confecção da peça, como consta na Figura 6.

Figura 6 - Estrutura descritiva do Processo 3.



Fonte: realizado pela Autora.

Este processo compreende a elaboração a partir dos fios têxteis, de tecidos planos, tecidos de malha circular e tecidos de malha retilínea, (CETESB, 2009).

Com os dados teóricos da pesquisa de Kalliala (1999) foi possível obter informações para calcular e realizar uma planilha estimativa de entradas e saídas do processo 3.

As entradas do processo são a matéria-prima (tecido), o uso de energia, água e o consumo de alvejante (pois a camiseta será de cor branca e sem necessidade de tingimento, apenas de lavagem). Seus valores constam na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores das Entradas do processo 3.

Matéria-Prima		
Tecido	0,32	kg
Tecido	1,29	m
Energia		
Máquinas	95,53	kWh
Eletricidade	9,61	kWh
Fóssil	16,61	kWh
Climatização	32,03	kWh
Acabamento	56	kWh
Outros	7,83	kWh
total	217,62	kWh
Água		
Lavagem	2,57	L
total	2,57	L
Produtos químicos		
Alvejante	0,13	L

Fonte: realizado pela Autora com dados de Kalliala (1999).

Na saída desse processo, foram calculados a quantidade de resíduo sólido provenientes dos retalhos e embalagens na fabricação da camiseta, a emissão de gases advindas do maquinário, a quantidade de efluente líquido proveniente do uso de alvejantes e a unidade da camiseta produzida, que com a quantia de tecido resultante, gerou apenas 1 unidade. Isso porque é necessário aproximadamente 1,5m de tecido para produzir uma camiseta de tamanho M. Todos os dados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores de Saídas do processo 3.

Resíduos Sólidos		
Retalhos	0,032	kg
Embalagens	0,30	kg
Outros	0,10	kg
Totais	0,43213	kg
Emissão de CO ₂		
SIN (Sist. Interligado Nacional)	0,09	kg
Máquinas	8,60	kg
Eletricidade	0,86	kg
Combustível fóssil	1,49	kg
Climatização	2,88	kg
Acabamento	5,04	kg
Outros	0,71	kg
Total	19,59	kg
Efluente Líquido		
Lavagem	2,570	L
Alvejante	0,129	L
Total	2,6989	L
Camiseta		
Unidade	1	Camiseta M

Fonte: realizado pela Autora com dados de Kalliala (1999).

Para calcular os poluentes atmosféricos resultantes da combustão do diesel utilizado pelo caminhão de transporte do Pólo Tecnológico da Indústria Têxtil e de Confecção de Americana até Cabreúva (grande polo varejista brasileiro), também em São Paulo, foi gerada a Tabela 9, onde constam valores de emissões provenientes da ida e da volta desse transporte. Conseqüentemente a esse processo foram gerados resíduos sólidos, onde também foi calculado o transporte da empresa em Americana, até o aterro da cidade, na Tabela 10. Sendo utilizada em ambas, a base de dados disponíveis pela INMETRO (2022).

Tabela 9 - Poluentes atmosféricos no transporte do Processo 3 até o aterro.

Transporte caminhão rejeito		
Distância	54,00	km
Consumo	9,20	L/km
Combustível	5,870	L
CO ₂	22,14	kg
NO _x	0,009	kg
CO	0,010	kg

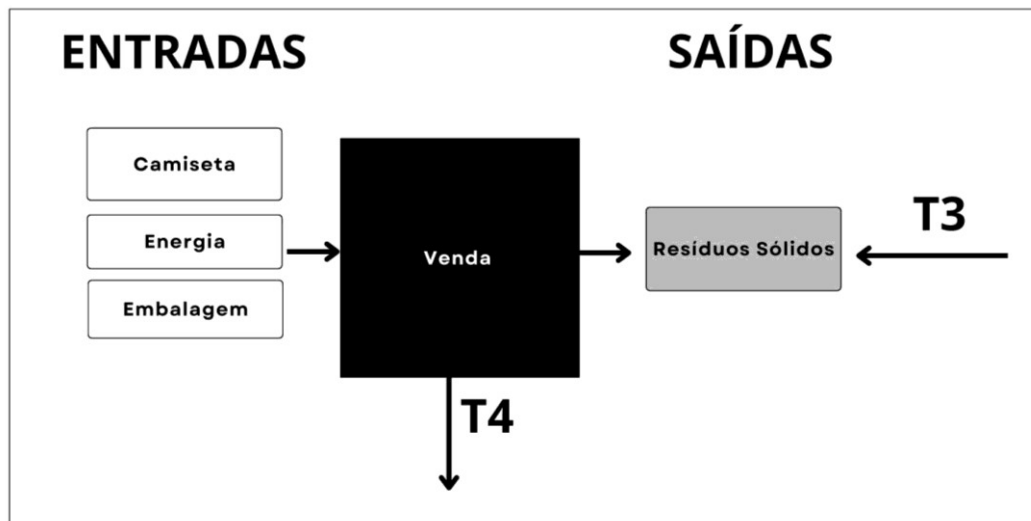
Fonte: realizado pela Autora com dados do INMETRO (2022).

Tabela 10 - Poluentes atmosféricos no transporte do Processo 3 até São Paulo.

Transporte para lojas		
Distância	99,000	km
Consumo	9,200	L/km
Combustível	10,761	L
CO ₂	20,295	kg
NO _x	0,008	kg
CO	0,009	kg

Fonte: realizado pela Autora com dados do INMETRO (2022).

Logo após, os caminhões chegam até Cabreúva, onde ocorre o Processo 4, processo que a camiseta começa a ser vendida. Na Figura 7 são descritas suas entradas e saídas.

Figura 7 - Estrutura descritiva do Processo 4.

Fonte: realizado pela Autora.

Para o processo 4, foi considerado um dia para a venda da camiseta. Tendo então para as entradas: o consumo médio de eletrônicos de uma loja durante 24 horas, a matéria-prima que é a camiseta e a embalagem utilizada para envolver a peça para ser entregue ao consumidor, como pode-se analisar na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores das Entradas do processo 4.

Matéria-Prima		
Camiseta	1,00	peça
Massa	0,25	kg
Energia		
Notebook	20,00	W
Lâmpada	40,00	W
Ventilador	120,00	W
total	1,44	kWh
Embalagem		
Altura	0,3000	m
Largura	0,2000	m
Espessura	0,0150	m
Volume	0,0009	m ³
Massa	0,0500	kg

Fonte: realizado pela Autora.

Como saída do processo é possível analisar apenas os resíduos sólidos proveniente da embalagem utilizada, presente na Tabela 12.

Tabela 12 – Valores de Saídas do processo 4.

Resíduos Sólidos		
Embalagens	0,05	kg
Outros	0,10	kg
totais	0,15	kg

Fonte: realizado pela Autora.

Posteriormente à saída do processo 4, foi simulado o transporte de Cabreúva, até três regiões do Brasil, simulando a maior, menor e mediana distância. Independente da distância percorrida no transporte, foi unificado um modelo de caminhão freteiro modelo FORD Transit 350 F pois se trata de um automóvel que utiliza combustível de óleo diesel e permite maior facilidade do cálculo em toda ACV. Para utilizar seus valores de emissão na combustão do diesel utilizado, através da tabela disponibilizada pelo INMETRO (2022), como consta na Tabela 13.

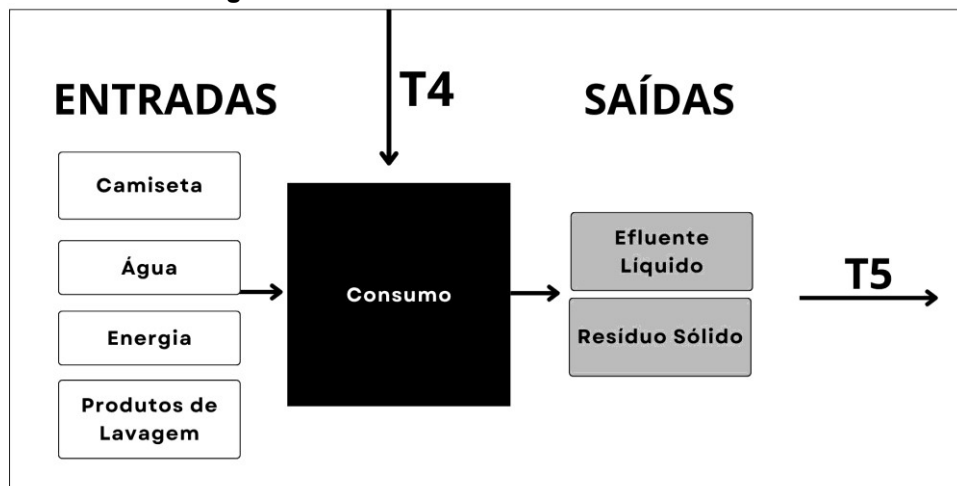
Tabela 13 - Poluentes atmosféricos no transporte do Processo 4.

Transporte			
Norte	Distância	3857,00	km
Manaus	Consumo	9,20	L/km
	Combustível	419,24	Litros
	CO ₂	1581,37	kg/km
	NO _x	0,65	kg/km
	CO	0,71	kg/km
Centro-Oeste	Distância	964,00	Km
Brasília	Consumo	9,20	L/km
	Combustível	104,78	Litros
	CO ₂	395,24	kg/km
	NO _x	0,16	kg/km
	CO	0,18	kg/km
Sudeste	Distância	89,00	km
São Paulo	Consumo	9,20	L/km
	Combustível	9,67	Litros
	CO ₂	36,49	kg/km
	NO _x	0,02	kg/km
	CO	0,02	kg/km

Fonte: realizado pela Autora com dados do INMETRO (2022).

Presumindo que após o transporte a camiseta já esteja na casa do consumidor, ocorre o processo 5. Nesse processo é calculado a forma e o consumo utilizado ao usar a camiseta por cerca de 1 ano, como é possível analisar na Figura 8.

Figura 8 - Estrutura descritiva do Processo 5.



Fonte: realizado pela Autora.

Nas entradas do processo, se obtém a matéria-prima (camiseta), uso de energia, água e produtos de lavagem. Além disso, foi simulado três cenários, o uso de três tipos diferentes de máquinas de lavar roupa, pois os três modelos consomem

água e energia de maneira distinta. E mesmo que o consumidor lave a camiseta apenas 1 vez na semana durante 1 ano, ainda assim usaria quantidades diferentes de água para encher a máquina. Esses dados foram obtidos através da tabela disponível pelo INMETRO (2022) acerca de modelos de máquinas de lavar roupas e seus consumos, como é possível analisar na Tabela 14.

A cerca dos ciclos da máquina, estima-se que o consumidor utiliza a camiseta por 1 ano, lavando-a 1 vez por semana. Sendo assim, utilizando 53 ciclos no consumo total da camiseta. Cada ciclo leva cerca de 1 hora para ser realizado.

Para a máquina de 8,5kg foi utilizado a ELECTROLUX modelo LES09, para a máquina de 13kg foi utilizada a ELECTROLUX modelo LES13 e como máquina que lava e seca de 17kg foi utilizada a LG modelo Lava e Seca LG TWINWash Titan Master

Tabela 14 – Valores das Entradas do processo 5.

Matéria-Prima		
Camiseta	1	peça
Massa	0,25	g
Energia		
Nº de lavagens	53	dias
Máquina 8,5kg	13,78	kWh
Máquina 13kg	26,50	kWh
Lava/seca 17kg	24,91	kWh
Água		
Nº de lavagens	53	dias
Máquina 8,5kg	5194	L
Máquina 13kg	8215	L
Lava/seca 17kg	11236	L
Produtos de lavagem		
Amaciante	0,022	L
Sabão	0,005	L
Nº de lavagens	53	dias
total	1,431	L

Fonte: realizado pela Autora com dados do INMETRO (2022).

Com essa forma de consumo, estimando que o consumidor irá utilizar a camiseta por 1 ano até descartá-la, obteve-se os seguintes valores de saída, que constam na Tabela 15.

Tabela 15 – Valores das Saídas do processo 5.

Efluente Líquido		
Água máquina 8,5kg	5194	L
Água máquina 13kg	8215	L
Água máquina lava e seca	11236	L
Produtos de lavagem	1,431	L
Resíduo Sólido		
Camiseta gasta	1	unidade
Massa	0,25	g

Fonte: realizado pela Autora

Para o transporte, também foi estimado a saída do caminhão coletor do resíduo sólido (camiseta descartada) de três cidades diferentes do Brasil, já mencionadas, até o aterro de sua cidade utilizando a tabela disponível pelo INMETRO (2022) para o modelo FORD Transit 350 F. Podendo assim calcular as emissões atmosféricas provenientes desse trajeto, sendo multiplicado pelas duas vezes que o automóvel sai e volta do aterro, descritos na Tabela 16.

Tabela 16 - Poluentes atmosféricos no transporte do Processo 5.

Transporte			
Norte	Distância	20,8	km
Manaus	Consumo	9,20	L/km
	Combustível	2,26	L
	CO ₂	4,26	kg
	NO _x	0,002	kg
	CO	0,002	kg
Centro-Oeste	Distância	10,7	km
Brasilia	Consumo	9,20	L/km
	Combustível	1,16	L
	CO ₂	2,19	kg
	NO _x	0,001	kg
	CO	0,001	kg
Sudeste	Distância	88,0	km
São Paulo	Consumo	9,20	L/km
	Combustível	9,57	L
	CO ₂	18,04	kg
	NO _x	0,007	kg
	CO	0,008	kg

Fonte: realizado pela Autora com dados do INMETRO (2022).

Chegando até o processo 6, processo na qual ocorre o descarte da camiseta, tem-se como entrada o resíduo sólido até o aterro, pois a peça de roupa é considerada rejeito.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 1996), rejeitos são “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”.

Como saídas, tem-se possibilidades de estudos futuros para o descarte correto de peças de roupa, como fabricação de estopas, artesanato, venda em brechós, doações e outras formas de reutilização, para que possamos ao máximo diminuir a quantidade de rejeitos descartados diariamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados representam a Análise de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) e para a formulação dos impactos causados, foram divididas nas seguintes categorias: água, energia, transporte, resíduos sólidos, efluentes líquidos, produtos químicos e impacto geral ocasionados em todo ciclo de vida da camiseta branca, tamanho M e de algodão produzida.

5.1 Água

Sobre o setor têxtil, sabe-se que a água é um dos elementos básicos para o processo de produção desta indústria, principalmente nas etapas de beneficiamento do tecido de algodão, onde ocorre o alvejamento, o qual provoca modificações na qualidade da água utilizada, devido às substâncias químicas que fazem parte do processo. Uma forma de se evitar que esta água volte poluída para a fonte de onde foi captada é a utilização de estações para o tratamento da água.

Para o consumo total de água durante todo Ciclo de Vida de uma camiseta de 100% algodão, foram calculados 3 cenários de consumo, presentes na Tabela 17, pois foi estipulado o uso de 3 modelos de máquina de lavar a peça com capacidades de 8,5, 13 e 17kg. O intuito é conscientizar o consumidor em como suas ações e escolhas também impactam o meio ambiente.

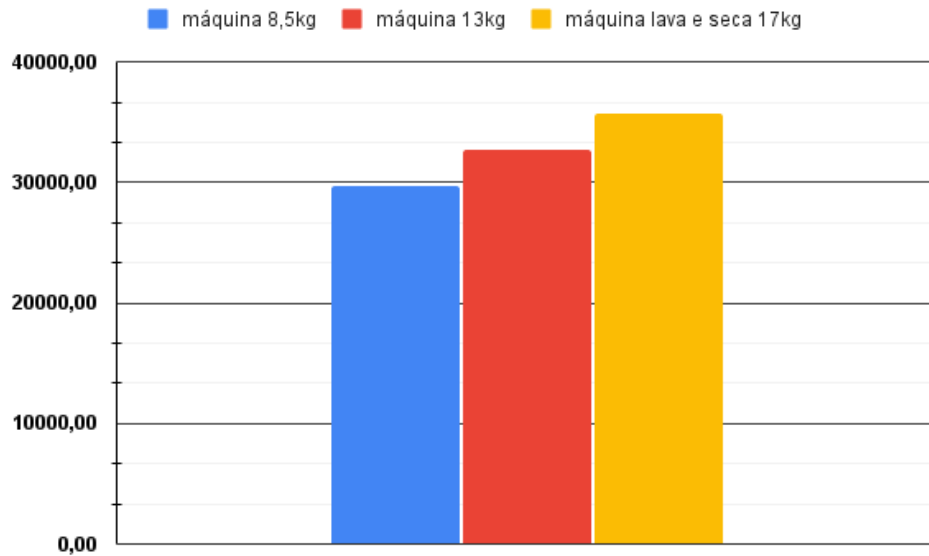
Tabela 17 – Comparativo do consumo total de água nos 3 cenários.

Processo	Água (litros)		
	8,5kg	13kg	17kg
1 - Produção do algodão bruto	22000,00	22000,00	22000,00
2 - Produção do fio e tecido	2499,00	2499,00	2499,00
3- Produção da camiseta	2,57	2,57	2,57
4- Venda	0,00	0,00	0,00
5- Consumo	5194,00	8215,00	11236,00
6- Descarte	0,00	0,00	0,00
Total	29695,57	32716,57	35737,57

Fonte: realizado pela Autora.

Realizando o comparativo dos três cenários, é nítido que onde há o uso da máquina de lavar ocorre maior consumo de água. Porém, a mesma lava cerca de 17kg de roupa, considerando-se o uso da máquina cheia, possui quase o dobro de potencial de lavagem da primeira. Com isso, surgiu a necessidade de calcular quanto cada máquina utiliza de água pelo kg do seu modelo e obteve-se o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Comparativo do consumo de água total de cada máquina por kg que utiliza.

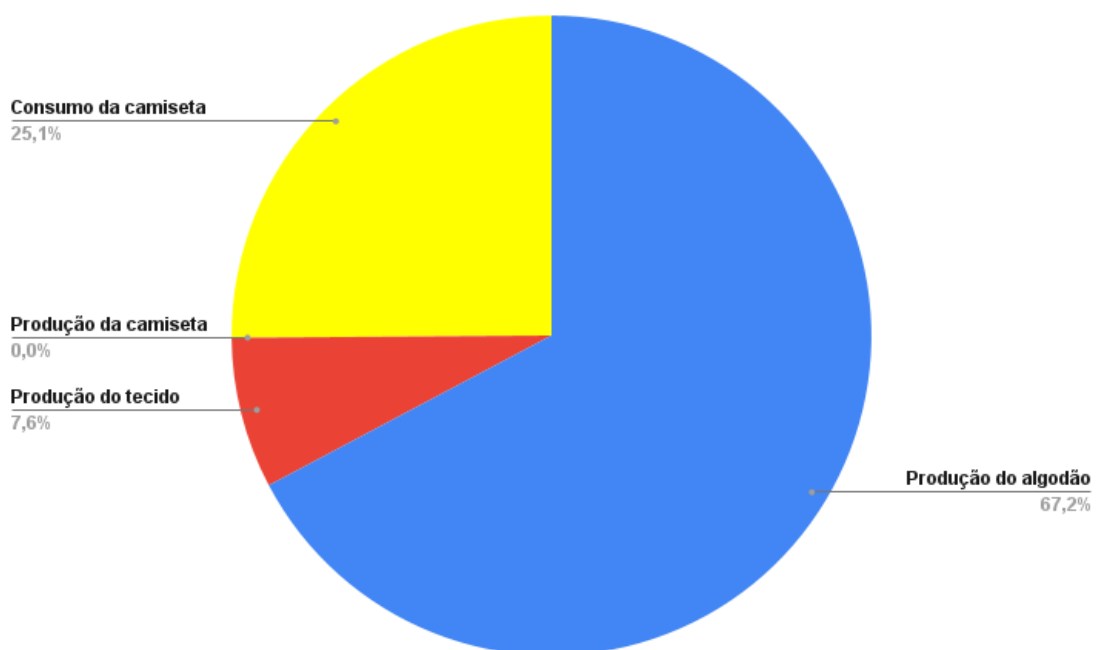


Fonte: realizado pela Autora.

É possível analisar que em questão do uso de água, os três modelos de máquina consomem quase proporcionalmente, porém a menor máquina utiliza menor quantidade. Portanto, o melhor cenário de uso seria o segundo, da máquina de 13kg, por ser a máquina mediana, e mais comumente utilizada.

Em relação ao uso total de água na ACV da camiseta, é possível analisar os processos que mais usufruem desse recurso natural, no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Comparativo do consumo de água total da ACV.



Fonte: realizado pela Autora.

Com esses dados pode-se observar que o maior consumo de água se obteve nos processos 1, de produção, cultivo e colheita do algodão e também no processo 5 de consumo da camiseta. Sendo assim, os processos 1 e 5 são os que mais necessitam de otimizações e melhorias para a diminuição do consumo de água.

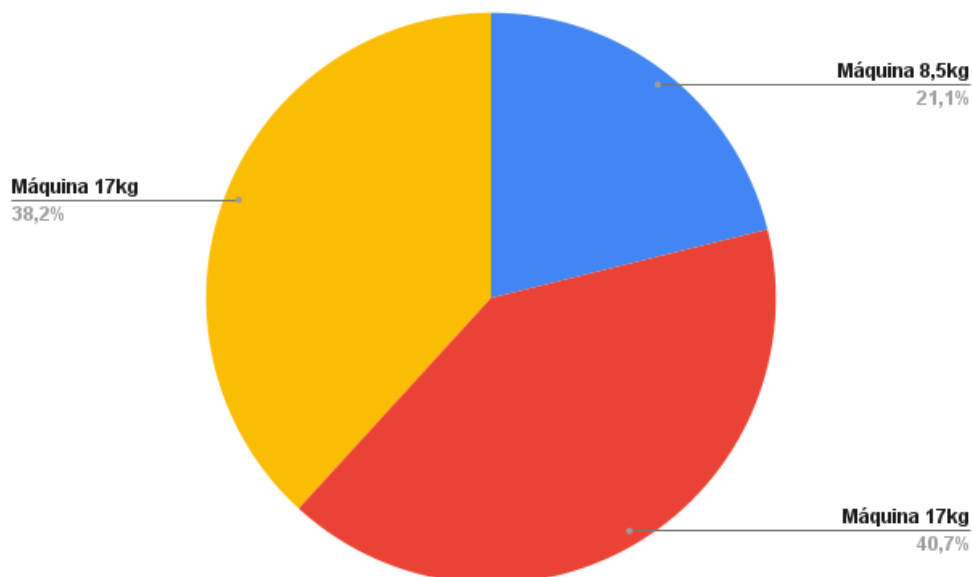
É possível analisar o quanto o processo 1 difere no uso do restante dos processos. É utilizado mais de 20 mil litros de água nessa etapa onde 45% é de irrigação, 41% chuva e 14% diluição de produtos químicos. Como o maior consumo provém da irrigação, seria necessário ferramentas e técnicas de irrigações mais sustentáveis a fim de diminuir o consumo de água. Outra estratégia seria estudar a hipótese de plantio em solos mais úmidos pois a maior parte das plantações de algodão se dão em solos arenosos.

5.2 Energia elétrica

O consumo de energia elétrica está presente em todos os processos da ACV, seja pelo uso de maquinário ou de eletrônicos e eletrodomésticos.

Assim foram calculados os diferentes consumos de energia para os três ensaios de máquinas diferentes que lavam roupa. No Gráfico 3 obteve-se o resultado do modelo que mais consome energia, sendo todos os modelos de categoria A pela INMETRO, por se tratar de modelos mais eficientes, muito observados quando são adquiridos.

Gráfico 3 – Comparativo do consumo de energia para cada máquina de lavar.



Fonte: realizado pela Autora.

Através da comparação é possível observar que a máquina de 13kg consome mais energia que os outros dois modelos. E considerando tê-la utilizado como base para uma média no consumo de água, é de se repensar em como a menor máquina se torna mais eficiente nas duas situações.

Porém, ainda considerando a máquina de 13kg para o consumo total de energia elétrica por ser a máquina mais comumente utilizada, obteve-se os seguintes resultados da Tabela 18.

Tabela 18 – Consumo total de energia elétrica em toda ACV, normalizados para uma camiseta.

Processo	Energia (KWh)
1 - Produção do algodão bruto	16,89
2 - Produção do fio e tecido	303,90
3- Produção da camiseta	217,62
4- Venda	1,44
5- Consumo	26,50
6- Descarte	0,00
Total	539,85

Fonte: realizado pela Autora.

Portanto, os processos que mais consomem energia são os processos 2 e 3 de fabricação dos fios e tecidos e camisetas, além do processo 5, de consumo das mesmas. Neste sentido, a forma de minimizar os impactos causados pelo consumo de energia elétrica é buscar eficiência nos maquinários utilizados e até trocas de maquinário, caso necessário.

Segundo Santos (2019) na etapa de fiação do algodão encontra-se uma unidade de calor intenso, para que o mesmo seja amenizado e proporcione maior conforto às pessoas envolvidas no processo, pode-se utilizar lay-out que permita melhor ventilação. Sendo possível eliminar o uso de sistemas de condicionamento artificial do ar, o qual consome muita energia. Já na parte de beneficiamento da malha pode-se fazer uso de exaustores que eliminam os gases nocivos. O calor também participa do processo industrial, através da geração de vapor nas casas de caldeiras.

5.3 Transporte

O transporte também está presente em todos os processos da ACV, se tornando um indicador importante, pois existem inúmeras possibilidades de ser calculado. Sendo com outros modelos de meio de transporte ou até mesmo a rota desse transporte.

Sendo assim, foi adotado uma trajetória de um processo ao outro e unificado um modelo de automóvel para poder obter os seguintes dados de emissões de CO, CO₂ e NO_x provenientes da combustão do Diesel utilizado. Como é possível conferir na Tabela 19.

Para o cálculo geral, foi-se estimado que o consumidor final reside no melhor trajeto, ou seja, onde existe a menor distância da venda até o consumidor, sendo ele em São Paulo capital.

Tabela 19 – Emissões Atmosféricas totais em toda ACV para 1 camiseta

Processos	1 - Produção do algodão	2- Produção do fio e tecido	3- Produção da camiseta	4 - Venda	5- Consumo	6- Descarte	Total	
CO ₂	410,00	50,43	42,44	36,49	36,08	0,00	575,44	kg
CO	0,18	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,26	kg
NO _x	0,17	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,24	kg

Fonte: realizado pela Autora.

O dióxido de carbono, ou gás carbônico, é grande causador do efeito estufa, portanto seus números são alarmantes por se tratar de mais de 500kg de CO₂ emitido em toda a ACV.

Com isso, pode-se observar que as maiores quantidades de emissões atmosféricas ocorrem nos processos 1 e 4, pois é quando ocorre o transporte do algodão cru até a empresa de fabricação de fios e tecidos, além da média da emissão dos transportes da camiseta pronta até o consumidor.

Esse valor pode ser menor ou maior de acordo com a frota calculada. Nas regiões mais distantes entre si esse valor aumenta, assim como nas mais próximas o valor diminui. Porém em todas as etapas a emissão se apresenta grandiosa.

Sendo assim, através dos valores de impactos causados à natureza por determinados processos da produção, é necessário tomar as devidas medidas para controlar e evitar a degradação ambiental e isto pode ser feito através da utilização de filtros e equipamentos especiais (SILVA, 2019).

5.4 Efluentes líquidos

Foi estimado a quantidade de efluentes líquidos gerados durante o ciclo de vida de uma camiseta branca, tamanho M feita de 100% algodão, como pode-se observar na Tabela 20.

Tabela 20 – Efluentes Líquidos na ACV da camiseta de algodão.

Efluente Líquido (L)	
1- Produção do algodão	7,24
3- Produção da camiseta	2,70
5- Consumo	8215,00
Total	8224,94

Fonte: realizado pela Autora.

Como esperado, o processo que mais gerou efluentes líquidos foi o de consumo, pois a camiseta é usada em média por 1 ano (conforme cenário construído), sendo utilizados alvejante, sabão e amaciante na sua lavagem, seguido do processo 5, de produção do algodão, onde existe a diluição dos agrotóxicos usados na plantação e cultivo do algodão.

São ao total, quase 10 mil litros de efluentes líquidos gerados em todo ciclo de vida da camiseta. Esse número poderia ser mais alarmante se fosse considerada uma camiseta colorida. Quando se colore um tecido, é necessário o uso de corantes que necessitam de grande quantidade de água e conseqüentemente alteram toda condição inicial da água tratada, gerando muito mais efluentes líquidos.

A escolha da camiseta branca foi realizada devido ao déficit de estudos com essa temática.

Uma forma de reduzir o número de efluentes seria realizar uma pré-lavagem do algodão através de maquinário que realiza essa função sem água, apenas ar, retirando as impurezas e diminuindo a necessidade do uso de alvejantes para o branqueamento do mesmo.

No caso de escolha de peças coloridas, optar pelo uso de algodões organicamente coloridos, como algumas empresas já tem adotado o algodão marrom.

5.5 Produtos químicos

Outro ponto de grande relevância nas etapas de fabricação têxtil é em relação aos diversos produtos químicos utilizados durante os processos, majoritariamente os que ocorrem no processo de fabricação da camiseta, através do uso de alvejantes.

Foi então realizada uma estimativa da quantidade de produtos químicos usados em todo ciclo de vida de uma camiseta branca de tamanho M, feita de 100% algodão, que pode ser observado na Tabela 21.

Tabela 21 – Produtos químicos na ACV da camiseta de algodão.

Produtos Químicos (kg)	
1- Produção do algodão	0,37
3- Produção da camiseta	0,12852
5- Consumo	1,4
Total	1,93

Fonte: realizado pela Autora.

São quase 2 kg de produtos químicos usados para a produção de apenas uma camiseta. E a maior parte é utilizada no processo 5, de consumo, onde é utilizado alvejante, sabão em pó ou líquido e por fim amaciante. No processo 1 de plantação, cultivo e colheita do algodão através do uso de produtos agrícolas para uma melhor safra.

Os produtos químicos a longo prazo podem afetar quimicamente os solos, atingindo o lençol freático e até mesmo contaminando os cursos d'água próximos.

Como medidas que podem ser tomadas para reduzir o consumo desses produtos que, inclusive, podem diminuir o consumo de água, energia e geração de emissões são: estabelecer procedimentos operacionais para controle de qualidade e recebimento de produtos químicos e auxiliares; e substituir, quando possível, os produtos químicos convencionais por auxiliares químicos eco-friendly, os quais são preparados a partir de processos mais ecológicos, apresentam baixa toxicidade (principalmente sem a presença de metais pesados), são biodegradáveis e possuem baixa tendência a sofrer bioacumulação (CHOUDHURY et al., 2015; YUAN et al., 2012; CETESB, 2009).

5.6 Impactos Ambientais gerais

Por fim, foram analisadas todas as estimativas para se obter a quantidade geral de impactos ambientais causados durante todo ciclo de vida da camiseta de algodão, que pode ser analisada na Tabela 22.

Tabela 22 – Principais impactos ambientais causados durante o ciclo de vida da camiseta.

Impactos causados	Total	
Consumo de Água	29695,57	L
Consumo de Energia	539,85	kWh
Geração Resíduos Sólidos	8,10	kg
Geração Efluente Líquido	8224,94	L
Uso de Produtos Químicos	1,93	kg
Emissão de CO	0,26	kg
Emissão de CO ₂	575,44	kg
Emissão de NO _x	0,24	kg

Fonte: realizado pela Autora.

A pegada hídrica e de carbono são as principais medidas avaliadas em uma ACV, isso porque são unidades mais difíceis de serem calculadas, além de grande parte dos produtores e consumidores necessitarem dessa informação para que assim revisem a forma como consomem seus recursos.

Como o esperado, o maior impacto dessa ACV ocorreu no consumo de água, onde não só se desperdiça esse meio como também polui o recurso natural. O segundo maior é a geração de efluente líquido, sendo gerados mais de oito mil litros de efluentes com produtos químicos, e por fim, a pegada de carbono onde são emitidas mais de 500kg de CO₂ para a atmosfera.

Uma forma para que se possa impactar menos o meio ambiente com esse grande consumo de água, é projetar equipamentos, sistemas ou estações para o tratamento dessa água. A fim de que a empresa possa coletar o efluente líquido gerado e tratá-lo para reutilizá-lo.

Como forma de diminuir a pegada de carbono, otimizar o Sistema de transporte na produção da camiseta, mantendo fornecedores e compradores cada vez mais próximos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da moda faz parte de grande parcela da economia mundial, afetando economicamente, socialmente e também ambientalmente. E a realização da ACV para uma camiseta de algodão permitiu verificar e quantificar o quanto a indústria causa impactos ambientais na sua produção.

Para o caso em questão verificou-se que os pontos mais sensíveis com relação ao consumo de água são os processos de produção da matéria-prima, que utiliza mais de 67% de toda água da ACV, além de estar presente em mais de 25% na etapa de consumo da camiseta através das lavagens. Para diminuir o consumo de água, seria necessário ferramentas e técnicas de irrigações mais sustentáveis a fim de diminuir essas estatísticas gradativamente. Outra estratégia seria estudar a hipótese de plantio em solos mais úmidos pois a maior parte das plantações de algodão se dão em solos arenosos.

Quanto ao consumo de energia, sua utilidade está mais presente nos processos de confecção e uso da camiseta, pois juntas representam cerca de 97% da energia total gasta em toda a ACV, mostrando que o maquinário utilizado nessas etapas são os que mais interferem no consumo de energia, sendo necessário uma busca por equipamentos de classes mais eficientes para a diminuição dessa porcentagem.

Para a emissão de CO₂ foi estimada mais de 500 kg em toda a ACV da camiseta, sendo mais significativos nas etapas de transporte. Como existe a necessidade da peça em questão sair da venda até a casa do consumidor, esse trajeto pode ser maior ou menor dependendo da localização, incluindo rotas no cenário mundial onde muitas vezes são adquiridos produtos de outros países. Sendo assim, o processo de transporte se apresenta como maior causador de emissões atmosféricas. Como forma de minimizar, é importante otimizar as rotas, para que seja utilizado a menor quantidade possível de combustíveis de origem fóssil, e consequentemente minimizar as emissões de CO₂ e demais fatores provenientes da combustão.

Para a quantificação de Efluentes Líquidos, seria necessário um estudo de campo, afim de obter exatidão na utilização de produtos químicos, a qualidade da água e a infiltração no solo utilizado. Porém, uma alternativa de melhoria nessas questões, seria estabelecer procedimentos operacionais para controle de qualidade e

recebimento de produtos químicos e auxiliares, e substituir, quando possível, os produtos químicos convencionais por auxiliares químicos eco-friendly, que conseqüentemente também podem diminuir o consumo de água, energia e geração de emissões

Quanto aos resíduos sólidos gerados, grande parte é resultante da etapa de obtenção do algodão. Porém, a fibrilha e os caroços podem ser separados e vendidos como matéria-prima para outros produtos. Em relação ao descarte da camiseta no final do processo, é necessário instruir o consumidor a realizar a doação, venda e até mesmo produção de artesanatos. Porém, sempre preservando a peça para que não utilize outros materiais que possam dificultar sua reutilização, como corantes e colas.

O estudo baseou-se em dados da literatura, e, portanto, para cada caso, ou seja, para cada indústria e/ou cadeia produtiva deve-se realizar adequações com os valores de entrada e saída, pois cada um possui uma realidade e cenários distintos. Além disso, embora o trabalho tenha tido bons resultados um maior detalhamento nos dados de entrada e saída são necessários, os quais podem ser obtidos em bases de dados comerciais e softwares de ACV.

Por isso estudos de ACV são tão importantes dentro da indústria têxtil, pois o produtor pode identificar as etapas onde possam haver melhorias visando tanto a sustentabilidade, quanto a economia.

É de conhecimento comum que esses dados não são divulgados tão detalhadamente aos consumidores, que muitas vezes não imaginam a proporção desses valores, nem como é realizada toda a produção de uma camiseta, como o que entra e sai em todos os processos.

Uma parcela da população já começou a se preocupar com o próprio consumo, procurando marcas que utilizam matérias-primas que impactam menos o ambiente em que habitam. Porém, é necessário um conhecimento maior através da Educação Ambiental, para que entendam que a melhor forma do cidadão contribuir nesse processo será diminuindo o consumo de peças de roupas, procurando vestuários que possam durar por mais tempo, e de materiais que possam ser reutilizados também depois do seu descarte, realizar a venda de roupas usadas, ou a doação para familiares e pessoas necessitadas, produzir artesanatos, e até mesmo outras formas de se reutilizar, como no caso das estopas.

Entender que suas próprias escolhas também podem influenciar no aumento ou na diminuição desses impactos, optando por máquinas que consomem menos

energia e menor quantidade de água e utilizando produtos de lavagem em menor quantidade ou que sejam mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. S. A.; SILVA, J. C. L.; OLIVEIRA B. C.; HOLANDA, F. L. Perfis estratégicos de conduta social e ambiental: estudos na indústria têxtil nordestina. *Gestão de Produção*, v. 15, n. 1, p. 159-172, 2008.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro: 2009
- ALVES, R.N.B. O consumo desenfreado é incompatível com a sustentabilidade. *Portal Ecodebate*, [s. l.], 6 set. 2013.
- AMDA - <https://www.amda.org.br/index.php/comunicacao/informacoes-ambientais/5240-industria-textil-consome-93-bilhoes-de-metros-cubicos-de-agua-por-ano>
- ARDUIN, R. H. *Avaliação do ciclo de vida de produtos têxteis: implicações de alocação*. 2013. Dissertação (Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, [S. l.], 2013.
- BBC NEWS. Qual é a indústria que mais polui o meio ambiente depois do setor do petróleo? 13 março 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-39253994>>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.
- BERLIM, L. (2012). *Moda e Sustentabilidade uma reflexão necessária*. São Paulo, Brasil: Estação das letras e cores.
- BRASIL, Ministério da Economia. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 14 jul. 2022. Disponível em <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>. Acesso em: 10 out. 2022
- BRASIL, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (PNRS). European Commission, (1996).
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (São Paulo). Governo do Estado De São Paulo. *Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil - Série P+L*. 2. ed. São Paulo: [s. n.], 2009. 85 p. ISBN 978-85-61405-08-3.
- CHEHEBE, R. 1997. *Análise de ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000*, Rio de Janeiro, Qualitymark, pp.9.
- Chiaretto, S., Martins, H. C., & Muijder, C. F. (2014). Práticas socioambientais no fomento da relação moda – consumo – sustentabilidade: estudo de casos múltiplos em empresas mineiras de moda. *RBMAD - Revista Brasileira de Meio Ambiente Digital e Sociedade da Informação*, 1(2), 474-495.
- CHOUDHURY, A. K. R. *Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing: Environmental Impacts of the Textile Industry and Its Assessment Through Life Cycle Assessment*. [S.l.]: Woodhead Publishing, 2015. p. 1-39.
- CMMAD (1991). *Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso Futuro Comum* (2ª Ed.). Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas (430 p.).

COSTA, D. V.; TEODÓSIO, A. S. S. Desenvolvimento sustentável, consumo e cidadania: Um estudo sobre a (Des)Articulação da comunicação de organizações da sociedade civil, do Estado e das empresas. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 12, n. 3, p. 114- 145, 2011.

DONKE, A. et al. Life cycle assessment of cotton production in the Brazilian Savanna. *Proceedings of the Vth International Conference on Life Cycle Assessment*. p. 189-195, Mendoza: 2013.

ELKINGTON, J. *Canibais com Garfo e Faca*. São Paulo: Makron Books, 2001.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION – A NEW TEXTILES ECONOMY: *REDESIGNING FASHION'S FUTURE*. P. 1-150. 2010

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Cultura de Algodão no Cerrado*. 2. ed. rev. Brasília: [s. n.], 2017

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Wastes - Resource Conservation - Common Wastes & Materials - Textiles*, 2006.

FERREIRA, J. V. R. *Análise de ciclo de vida dos produtos*. Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu, 2004.

Fletcher, K. (2007). *Slow Fashion: An Invitation for Systems Change*. *Fashion Practice: The Journal of Design, Creative Process & the Fashion*, 2(2), 259-266. Recuperado de <https://doi.org/10.2752/175693810X12774625387594>

FLETCHER, K., & GROSE, L. *Moda & Sustentabilidade: Design para Mudança*. (S. S. Paulo, Ed.) São Paulo: Jeane Passos Santana, 2012.

FIEG. *Relatório sobre o posicionamento da Indústria Brasileira 2018*.

FRINGS, Gini Stephens. *Fashion: From concept to consumer*. 9. ed. [S. l.]: Bookman Editora LTDA, 2012.

Galleli, B., Sutter, M. B., & Lennan, M. L. F. M. (2015). *Perspectivas para a sustentabilidade na oferta de moda brasileira no mercado internacional*. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 9(3), 45-62.

GIANNETTI, B.F.; ALMEIDA, C. M. V. B. *Ecologia Industrial: conceitos, ferramentas e aplicações*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2006;

GONÇALVES - DIAS, S. L. F.; MOURA, C. *Consumo Sustentável: Muito Além do Consumo "Verde"*. In: XXXI ENCONTRO DA ANPAD, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro, 2007. p.1-13.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. *Programa Brasileiro de Etiquetagem*, 2022.

INMETRO, *Eficiência Energética – Lavadoras de roupa automáticas com abertura superior*, 2022.

KALLIALA, Eija M; NOUSIAINEN, Pertti. *Life Cycle Assessment: ENVIRONMENTAL PROFILE OF COTTON AND POLYESTER-COTTON*. **AUTEX Research Journal**, Tampere, Finland, Europe, ano 1999, v. 1, n. 1, p. 1-13, 10 nov. 1999.

- LEE, E. J., Choi, H., Han, J., Ko, E., & Kim, K. H. (2020). How to “nudge” your consumers toward sustainable fashion consumption: an fMRI investigation. *Journal of Business Research*, 117, 642-651
- LEFFLAND, K.; KAERGAARD, H.; ANDERSSON, I. Comparing environmental impact data on cleaner technologies. Copenhagen, 1997. Cap. 6, p. 88 - 95.
- MELGAREJO, V. Economía Circular y la Industria Textil en el Paraguay Circular Economy and the Textile Industry in Paraguay. *Población y Desarrollo*, v. 25, n. 49, p. 143–150, 2019
- MUNHOZ, JÚLIA PAULA. Um ensaio sobre o fast-fashion e o contemporâneo. 2012. Dissertação (Departamento de Relações Públicas, Propaganda e Turismo) - Universidade de São Paulo, [S. l.], 2012.
- NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2009.
- ONU ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: < <https://odsbrasil.gov.br/>>. Acesso em: 02 nov.2021.
- PEREIRA, D., & Nogueira, M. (2013). Moda sob medida uma perspectiva do slow fashion. In *Anais do 9º Colóquio de moda*, Fortaleza, CE. Recuperado de <http://www.coloquiomoda.com.br/anais/>
- POOKULANGARA, S.; SHEPHARD, A. *Slow fashion movement: Understanding consumer perceptions — An exploratory study*. *Journal of retailing and consumer services*20.2, 2013.
- PRADO, M. V. Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira. *IEMI*,18(18), 2018.
- Refosco, E., Oenning, J., & Neves, M. (2011). Da Alta Costura ao Prêt-à-porter, da Fast Fashion a Slow Fashion: um grande desafio para a Moda. *Modapalavra*, 4(8), 1-15.
- SAMPAIO, Fernando dos Santos; SILVA, Vagner Augusto da Silva. *Para Viver Juntos*: 8º ano. São Paulo: SM, 2009. 240p.
- SANTOS, A. P. L; FERNANDES, D. S. Análise do impacto ambiental gerados no ciclo de vida de um tecido de malha. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, v. 4, n. 7, p. 1-17, 2012.
- SANTOS, Simone. Impacto ambiental causado pela indústria têxtil. PPGEP - Centro Tecnológico, UFSC - Engenharia de Produção e Sistemas, Trindade, p. 8. 2019.
- SORICE, Gabriela. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Ainda é possível mudar 2030. Disponível em: < <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em: 12, de outubro, 2022.
- STEFANI, Patrícia da Silva. MODA E COMUNICAÇÃO: A INDUMENTÁRIA COMO FORMA DE EXPRESSÃO. 2005. Trabalho de conclusão de curso (Comunicação Social) - Universidade Federal de Juiz de Fora, [S. l.], 2005.

TONIOLLO, Michele; ZANCAN, Natáli; WÜST, Caroline. INDÚSTRIA TÊXTIL: SUSTENTABILIDADE, IMPACTOS E MINIMIZAÇÃO. **VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Porto Alegre/RS, p. 1-5, 23 nov. 2015.

UNIDO. ÍNDICE de Desempenho Industrial. [S. l.], 2021. Disponível em: https://stat.unido.org/?_ga=2.115416578.523898478.1670950787-644798917.1670950787. Acesso em: 13 out. 2022.

WWF - World Wildlife Fund. Desenvolvimento sustentável. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/. Acesso em: 02.nov.2022.

YUAN, Z. et al. Life-cycle assessment of continuous pad-dyeing technology for cotton fabrics. *International Journal of Life Cycle Assessment: Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*, Springer-Verlag, v. 18, p. 659-672, 2012.