UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PROGRAMA DE DOUTORADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
ASSOCIAÇÃO PLENA EM REDE

PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTOS: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

MARIA ALICE LEITE DE BRITO

TERESINA-PI
2024

MARIA ALICE LEITE DE BRITO

PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTOS: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Tese apresentado ao Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Associação Plena em Rede, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), como requisito para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora:
Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva

TERESINA – PI

2024

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal do Piauí. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Divisão de Representação da Informação

B862p Brito, Maria Alice Leite de.
Proposta para avaliação da confiabilidade de declaração ambiental de produtos: desenvolvimento e aplicação na indústria têxtil / Maria Alice Leite de Brito. -- 2024.
164 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Teresina, 2024.
"Orientadora: Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva"

1. Desenvolvimento e Meio Ambiente. 2. Declaração Ambiental de Produto. 3. Setor têxtil. I. Silva, Elaine Aparecida da. II. Título.

DD 574.52

Bibliotecária: Milane Batista da Silva – CRB3/1005

MARIA ALICE LEITE DE BRITO

PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTOS: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Tese apresentado ao Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Associação Plena em Rede, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), como requisito para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão e Políticas Socioambientais

Defendida em: 11 / 12 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br ELAINE APARECIDA DA SILVA
Data: 28/01/2025 13:12:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Elaine Aparecida da Silva, Profa. Dra. (UFPI)
Presidente - Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br WILZA GOMES REIS LOPES
Data: 29/01/2025 10:55:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Wilza Gomes Reis Lopes, Profa. Dra. (UFPI)
Examinadora - Representante local do PRODEMA

Documento assinado digitalmente
gov.br LUCIANO BRITO RODRIGUES
Data: 29/01/2025 14:21:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Luciano Brito Rodrigues, Prof. Dr. (UESB)
Examinador – Representante da Rede PRODEMA

Documento assinado digitalmente
gov.br SIMONE FERREIRA DE ALBUQUERQUE
Data: 30/01/2025 16:36:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Simone Ferreira de Albuquerque, Profa. Dra. (UFPI)
Examinadora – Representante de instituição externa a Rede PRODEMA

Documento assinado digitalmente
gov.br AFONSO FEITOSA REIS NETO
Data: 31/01/2025 12:42:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Afonso Feitora Reis Neto, Prof. Dr. (IFPI)
Examinador – Representante de instituição externa a Rede PRODEMA

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha família, especialmente aos meus filhos Caio Bruno, Samuel e Daniel, que tiveram suas rotinas adaptadas em função da minha dedicação à tese. Muito obrigada pela paciência.

Aos amigos e irmãos, que estiveram constantemente em oração por mim e me encorajando a seguir em frente, em especial aos pastores Alex Barreto e Alexandre Lessa.

À minha orientadora, Profa. Elaine Aparecida, minha profunda gratidão pela orientação, paciência e conselhos fundamentais para meu amadurecimento acadêmico e profissional.

Aos membros da banca examinadora, agradeço pelas contribuições valiosas e pertinentes desde a fase de seminário de tese. Meu respeito e gratidão a cada um de vocês.

À coordenação, aos professores e secretários do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, agradeço o apoio em momentos que precisei.

Aos meus colegas de trabalho, em especial ao Tarso Caselli, que sempre me lembrou das prorrogações de afastamento para realização deste doutorado; à Nayara Medeiros, que cuidou dos meus filhos com carinho para que eu pudesse realizar a coleta dos dados da pesquisa; à Amanda Gadelha, que dedicou um tempo para analisar meus dados, oferecendo recomendações cruciais para finalização deste trabalho.

Aos amigos, especialmente ao Ítalo, que foi não só um parceiro nas questões de ACV, mas também um verdadeiro amigo ouvinte diante das dificuldades pessoais enfrentadas na realização da pesquisa. E ao Diogo, que tornou essa jornada mais suave com nossas conversas e apoio inestimável.

Aos gestores das empresas de confecção, que permitiram a coleta de dados, sendo prestativos sempre que precisei.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL **14**
GENERAL ABSTRACT **16**
1 INTRODUÇÃO **17**
2 OBJETIVOS E HÍPOTESE **26**
3 REVISÃO DE LITERATURA **27**
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO BRASILEIRO 27
3.2 ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CADEIA TÊXTIL DO ALGODÃO 30
3.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO TÊXTIL E DE CONFECÇÃO 38
3.4 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO 49
3.5 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO NO CENÁRIO BRASILEIRO 52
3.6 CONFIABILIDADE DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO 54
3.7 CRITÉRIOS DE CONFIABILIDADE DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO 58
4 MATERIAIS E MÉTODOS **72**
4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA 72
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ELABORAÇÃO DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO 75
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ESTUDO DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA 76
4.4 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO 87
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO **108**
5.1 CONTEÚDO DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO DAS EMPRESAS A E B 108
5.2 DESEMPENHO AMBIENTAL NA PRODUÇÃO DA CALÇA JEANS 112
5.3 VALIDAÇÃO DO INSTRUMENTO COM AS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO DE REFERÊNCIA 121
5.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE DAS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO 122
6 CONCLUSÃO **134**
REFERÊNCIAS **136**
APÊNDICE A - FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS ACV NA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO **157**

APÊNDICE B - FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS ACV PARA LAVANDERIA..... 159

APÊNDICE C - DADOS DE INVENTÁRIO NA PRODUÇÃO DA CALÇA JEANS .. 160

APÊNDICE D - *CHECK LIST* PARA ANÁLISE DOS ITENS DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO..... 163

APÊNDICE E - LEIS AMBIENTAIS DO PIAUÍ PARA DEFINIÇÃO DE PESO DE CREDIBILIDADE TÉCNICA..... 169

RESUMO GERAL

PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTOS: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Autor: Maria Alice Leite de Brito
Orientadora: Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva
Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Teresina-PI, dezembro de 2024.

A Declaração Ambiental de Produto (DAP) é um tipo de rótulo que divulga informações sobre o desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida de um produto, com base na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Essa ferramenta é valiosa para comparar produtos e orientar no processo de tomada de decisões de compras. Esse tipo de rótulo é considerado uma fonte de dados confiável e transparente, atendendo às demandas empresariais em relação à melhoria de processos produtivos, definição de políticas internas e desenvolvimento de produtos. Contudo, estudos mostram que a existência de inconsistências, erros e omissões de dados e justificativas podem comprometer a credibilidade da DAP como uma fonte de dados e informação. O objetivo deste estudo foi avaliar a confiabilidade de DAPs a partir de critérios específicos, definidos com base nas normas NBR ISO 14025 (2015), 14040 (2009) e 14044 (2009) e na revisão da literatura. A contribuição desta pesquisa foi verificar a confiabilidade de DAPs incluindo os critérios de credibilidade normativa, credibilidade técnica, abrangência, precisão e consistência. Para isso, o Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP foi desenvolvido com o propósito de determinar o índice de consistência de uma DAP e classificá-la em uma escala de confiabilidade. Uma ferramenta automatizada desenvolvida na linguagem de programação Pyton foi empregada para implementar o Instrumento e o Mysql server 8.0 foi utilizado para auxiliar no processamento dos dados e nos cálculos dos índices por critério. Inicialmente, foram realizados estudos de ACV de dois modelos de calças jeans e suas respectivas DAPs, utilizando dados primários de duas indústrias de confecção em Campo Maior-PI e uma lavanderia que atende ambas as empresas e dados secundários da literatura, documentos técnicos e Ecoinvent Database. As modelagens de ACV, processadas com o uso do OpenLCA, e as DAPs da EPD Internacional® Brasil e das calças analisadas foram utilizadas para validar o referido instrumento. Os resultados indicaram as etapas de tecelagem, confecção e beneficiamento do jeans como as mais evidentes quanto aos impactos ambientais. As DAPs analisadas apresentaram 68% de credibilidade normativa (médio-alto) e 37,5% de credibilidade técnica (médio-baixo). Houve uma falta de transparência significativa, com baixa disponibilidade dos dados mais relevantes. A abrangência resultou em 61,0% (médio-alto), e a completeza alcançou 58,8% (médio), indicando que as DAPs contemplam parcialmente os elementos necessários para uso eficiente. A precisão (82,5%) e a consistência (74,2%), avaliadas como alto e médio-alto, respectivamente, garantem DAPs mais consistentes embora incompletas. A precisão elevada assegura dados representativos do ciclo de vida do produto rotulado, conferindo robustez científica. A não conformidade total com requisitos normativos demonstrou deficiências quanto ao cumprimento das normas e RCP, prejudicando a consistência do conteúdo. Quanto ao Instrumento desenvolvido, este demonstrou ser uma ferramenta robusta para avaliar os critérios de confiabilidade das DAPs, o que contribui para orientar os usuários em sua utilização conforme a aplicação pretendida.

Palavras-chave: Declaração Ambiental de Produto, Avaliação do Ciclo de Vida, Confiabilidade, Setor Têxtil, Confecção.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: #06 - Água Potável e Saneamento; #12 - Consumo e Produção Responsáveis; #13 - Ação contra a mudança global do clima; #14 - Vida na Água; #15 - Vida Terrestre.

GENERAL ABSTRACT

PROPOSAL FOR EVALUATION OF THE RELIABILITY OF ENVIRONMENTAL PRODUCTS DECLARATION: DEVELOPMENT AND APPLICATION IN THE TEXTILE INDUSTRY

Author: Maria Alice Leite de Brito
Advisor: Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva
Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Teresina-PI, December 2024.

The Environmental Product Declaration (EPD) is a label that provides information into a product's environmental performance based on Life Cycle Assessment (LCA). This tool is valuable for product comparison and informed purchasing decisions. Companies view this label as a reliable and transparent data source that supports process optimization, internal policy setting, and product development. However, studies indicate that inconsistencies, data inaccuracies, and omissions of supporting information can undermine an EPD's credibility. This study aimed to assess the reliability of EPDs using specific criteria from NBR ISO 14025 (2015), 14040 (2009), and 14044 (2009), along with a literature review. Its contribution lies in verifying EPD reliability evaluating criteria such as normative credibility, technical credibility, coverage, precision, and consistency. To support this, the EPD Reliability Assessment Instrument was developed to measure an EPD's consistency index and classify it on a reliability scale. The instrument was developed using an automated tool built in Python, with MySQL Server 8.0 employed for data processing and criterion-based index calculations. Initially, LCA assessments were performed for two jeans models and their corresponding EPDs, using primary data from two garment manufacturing companies in Campo Maior-PI, a laundry serving both companies, and secondary data from literature, technical documents, and the Ecoinvent database. The LCA analyses, conducted with OpenLCA, and EPDs from EPD International® Brazil as well as the analyzed jeans, were used to validate the instrument. Results indicated that weaving, manufacturing, and finishing stages in jeans production had the most significant environmental impacts. The analysis of the Environmental Product Declarations (EPDs) revealed a technical reliability of 37.5% (medium-low) and a normative reliability of 68% (medium-high). Key data was not easily accessible, and there was a significant lack of transparency. The EPDs only partially included the components necessary for effective use, as indicated by a coverage score of 61.0% (medium-high) and a completeness score of 58.8% (medium). Consistency scored 74.2% (medium-high) and accuracy scored 82.5% (high), demonstrating that while the EPDs are generally consistent, they are still imperfect. The high accuracy level indicates scientific robustness, ensuring that the data accurately represents the life cycle of the labeled product. However, content consistency was undermined by complete non-compliance with normative requirements, revealing deficiencies in meeting standards and Product Category Rules (PCRs). The assessment tool developed proved to be effective for evaluating the reliability criteria of EPDs, aiding users in understanding their intended applications.

Keywords: Environmental Product Declaration, Life Cycle Assessment, Reliability, Textile Sector, Garment Manufacturing.

Sustainable Development Goals: #6 - Clean Water and Sanitation; #12 - Responsible Consumption and Production; #13 - Climate Action; #14 - Life Below Water; #15 - Life on Land.

1 INTRODUÇÃO

O mercado da moda movimenta o setor têxtil e de confecção em bilhões de dólares, gerando empregos diretos e indiretos e beneficia as inovações tecnológicas nas tendências de sustentabilidade ambiental como uma vantagem competitiva. De acordo com o Relatório da Ellen Marcarthur Foundation (2017), A new textiles economy: redesigning fashion's future, a indústria de confecção emprega mais de 300 milhões de pessoas ao longo da cadeia de valor e a produção de algodão é responsável por quase 7% de todo o emprego em países de baixa renda.

O Brasil se destaca no setor têxtil e de confecção por ser um grande produtor e consumidor de vestuário. Conforme recentes dados divulgados pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) (2022), o setor de confecção no país é o segundo maior empregador da indústria de transformação, responsável pela geração do primeiro emprego, com mais de 1,36 milhão de empregos diretos e 8 milhões indiretos, sendo reconhecido globalmente por sua excelência no design de moda praia, jeanswear e homewear, registrando crescimento notável nos segmentos de fitness e lingerie. Além disso, o país possui a maior cadeia têxtil completa do Ocidente, abrangendo desde produção e beneficiamento de matéria-prima até produtos intermediários e vestuário, incluindo sistemas de automação com o desenvolvimento de maquinário tecnológico.

Apesar do evidente destaque econômico, o cenário brasileiro no setor têxtil e de confecção demanda aperfeiçoamentos e mudanças significativas na qualidade funcional dos produtos e nos processos produtivos, alinhando-os às exigências globais de conservação do meio ambiente (Breve; Gonzaga; Mendes, 2018; Menegon; Poli; Mazzioni, 2018). Isso se torna particularmente relevante, uma vez que as formas de produção têxtil são conhecidas por serem grandes fontes de poluição (Hole; Hole, 2019). Portanto, a competitividade das empresas pode ser fortalecida pela integração de novas tecnologias e adoção de práticas sustentáveis (Brasil et al., 2016). Isso inclui o registro de certificações e rótulos ambientais para seus produtos e processos.

A rotulagem ambiental tem ganhado popularidade em diversos mercados e países, com adesão significativa em países da União Europeia e da América do Norte (Dórea et al., 2021; Proto; Malandrino; Supino, 2007). Conforme a Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) (2016), as declarações e rótulos ambientais, voluntários ou obrigatórios, crescem em variedade e número, contando com o envolvimento de diversas partes interessadas, como empresas privadas, entidades públicas, organizações sem fins lucrativos e grupos da sociedade civil em um esforço conjunto de promover informações ambientais.

Iniciativas governamentais são implementadas para criar orientações e regulamentos com o propósito de apoiar e incentivar a autorregulação dos esquemas de rotulagem que surgem, embora tais esquemas sejam monitorados e desenvolvidos com maior participação de empresas não governamentais (Klintman, 2016). O engajamento dos decisores políticos contribui para impulsionar a demanda pela divulgação dos impactos ambientais dos produtos, orientando assim, as escolhas de compra em direção a opções mais sustentáveis ambientalmente (Borin; Cerf; Krishnan, 2011).

No Brasil, embora o tema esteja em desenvolvimento, novas políticas estão sendo implementadas para adequar as empresas brasileiras às crescentes demandas de sustentabilidade ambiental, destacando-se a Declaração Ambiental de Produto (DAP), também conhecida como rotulagem do tipo III, normalizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR ISO 14025 (2015). Em meio ao cenário de discussões sobre questões climáticas e à crescente demanda por redução e otimização de recursos para minimizar a pegada ambiental, a procura por dados ambientais está se intensificando, destacando-se a DAP como um recurso disponível que pode ser aproveitado de maneira mais eficaz nesse contexto (Stapel et al., 2022; Anderson; Ronning, 2022).

A DAP consiste na afirmação de aspectos ambientais de um produto com base nos dados da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A ACV, por sua vez, fornece dados quantificados sobre os aspectos e potenciais impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um produto, seguindo as normas NBR ISO 14040 (2009) – Princípios e Estrutura, e NBR ISO 14044 (2009) – Requisitos e Orientações. Por meio da ACV, é possível identificar os pontos críticos, ao longo da cadeia produtiva, que podem ser aprimorados em termos de impactos ambientais, desde a produção da matéria-prima até o uso do produto pelo consumidor e sua destinação final (ABNT, 2009a; ABNT, 2009b; Senseney et al., 2023).

A DAP oferece, portanto, dados ambientais cruciais para subsidiar decisões no processo de compras porque indica qual produto ou serviço oferece menos riscos ao meio ambiente (ABNT, 2015). Então, para assegurar a comparabilidade entre os produtos, suas respectivas DAPs devem ser elaboradas com base em regras iguais definidas em um documento conhecido como Regras de Categoria de Produto (RCP). A RCP estabelece um conjunto de regras, requisitos e diretrizes as quais são úteis para a comparabilidade entre produtos que desempenham a mesma função, mas são fornecidos por diferentes fabricantes (ABNT, 2015).

A DAP é reconhecida como um recurso de gestão ambiental que deve apresentar consistência, credibilidade e transparência em seus dados para se consolidar no mercado global, promovendo maior aceitação por parte das empresas e facilitando comparações com outras

DAPs (Anderson; Moncaster, 2020; Gelowitz; McArthur, 2017; Ingwersen; Stevenson, 2012; Rasmussen et al., 2021). Apesar de ter sua funcionalidade evidenciada em estudos e por empresas, alguns autores buscam atenuar a visão de confiabilidade atribuída à DAP, uma vez que a identificação de diversas inconsistências acabam por questionar a credibilidade desse tipo de rótulo ambiental (Anderson; Moncaster, 2020; Del Rosário; Palumba; Traverso, 2021; Gelowitz; McArthur, 2017, 2018).

No entanto, entidades governamentais reconhecem o potencial das declarações ambientais para despertar o interesse de consumidores por produtos com menores impactos ambientais. Assim, há um esforço para assegurar que esse tipo de rótulo atenda a critérios como veracidade, especificidade, relevância e seja fundamentado em evidências científicas competentes e confiáveis (Klintman, 2016). Como aborda Courtat et al. (2023), a proliferação intensa de rotulagem destaca a importância de uma avaliação mais rigorosa nos processos de elaboração dos rótulos, baseada em evidências, visando combater práticas de greenwashing e assegurar sua credibilidade. Conforme Iraldo, Griesshammer e Kahlenborn (2020), devido à rápida adoção de rótulos ambientais pelas empresas como meio de criar uma imagem positiva de seus produtos e obter vantagem competitiva, os decisores políticos tiveram que agir rapidamente para estabelecer uma base científica e autoridade, visando oferecer maior transparência e clareza para consumidores e empresas.

Este trabalho tem como foco avaliar da confiabilidade de DAPs, utilizando a calça jeans como referência. Para isso, foram elaboradas DAPs de calças jeans com base nos estudo de ACV de duas empresas do setor. Essas DAPs serviram para subsidiar o desenvolvimento de um Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP, criado para analisar a consistência de outras declarações. DAPs de calças jeans de uma operadora de programa que atua no Brasil, a EPD® International, foram utilizadas para testar a funcionalidade deste instrumento. Os critérios desse instrumento foram concebidos com base nas normas NBR ISO 14025 (2015), NBR ISO 14044 (2009), NBR ISO 14044 (2009), NBR ISO 14027 (2019) e na revisão da literatura. São eles: credibilidade normativa, credibilidade técnica, abrangência, completeza, precisão e consistência.

O aumento e a variedade de rótulos ambientais, impulsionados pelo surgimento de diferentes operadores de programas e empresas certificadoras, têm suscitado questionamentos sobre a relevância e eficácia desses rótulos e seus potenciais impactos no mercado. Além disso, essa ampliação de rótulos causa confusão entre os usuários ou consumidores, que muitas vezes não conseguem distinguir a qualidade de cada rótulo. Por isso, empresas, agências reguladoras, órgãos normativos e governamentais coordenam esforços para elaborar relatórios com

orientações para minimizar as inconsistências ou lacunas identificadas nos rótulos (Gruère, 2013).

A DAP é um recurso de comunicação que fornece informações ambientais sobre um produto específico, auxiliando na tomada de decisão de compra por empresas e consumidores (ABNT, 2015). Devido aos dados que apresenta, a DAP é útil para diversas aplicações e subsidia ações de sustentabilidade ambiental desenvolvidas por projetistas, profissionais da indústria e formuladores de políticas (Anderson; Moncaster, 2020). Rótulos ambientais possibilitam a comparação e avaliação dos impactos ao longo do ciclo de vida de um produto. Assim, é esperada uma compreensão clara e disponibilidade abrangente dos dados (Ojala et al., 2016).

Apesar da riqueza de informações que uma DAP pode fornecer e da amplitude de aplicações que consegue oferecer, alguns estudos foram conduzidos com o propósito de avaliar sua consistência e credibilidade. Anderson e Moncaster (2020) basearam-se em dados de DAPs para compreender os impactos ambientais associados ao uso de concreto em edifícios, incluindo suas emissões. As autoras observaram inconsistências e erros nos dados das DAPs, como informações não explicadas ou omitidas, e destacaram a variedade de práticas adotadas pelos programas de DAP que poderiam afetar a leitura e interpretação dos usuários. As diferenças entre as DAPs e a falta de transparência e regras mais detalhadas para as RCPs foram identificadas como fatores críticos que comprometem a consistência desse tipo de rótulo.

Observações semelhantes foram realizadas por Gelowitz e McArthur (2017, 2018) que procuraram avaliar a confiança de dados provenientes de DAP e seu impacto na indústria da construção em geral. De acordo com esses autores, a transparência limitada nos processos de desenvolvimento da DAP foi apontada como uma preocupação por partes interessadas. Além disso, inconsistências na aplicação da metodologia, falta de harmonização dos RCPs e variação nos resultados podem ter diferenças significativas entre as DAPs, comprometendo sua funcionalidade para fins de comparabilidade.

Hunsager, Bach e Breuer (2014) argumentam que é preciso maior transparência no desenvolvimento de RCPs que subsidiam a elaboração de DAPs e outros tipos de reivindicações ambientais. Em seus estudos, os autores ressaltam que os usuários normalmente não tomam conhecimento sobre os procedimentos de formulação da RCP, ficando limitados ao acesso da declaração ambiental. Assim, os formuladores de políticas e operadores de programas devem garantir a definição de parâmetros justos e corretos, envolvendo mais as partes interessadas, e a transparência na verificação da DAP.

Embora as DAPs possuam aceitação crescente em alguns setores produtivos, ainda há muito o que ponderar ao utilizar seus dados para a tomada de decisões. Como destacam Del Rosário, Palumba e Traverso (2021), devem ser observados o contexto geográfico e a abrangência dos estágios do ciclo de vida presentes na DAP para evitar a superestimação de impactos ambientais, por exemplo. Em seus estudos, as autoras também identificaram lacunas na composição da DAP, como a falta de atualização às normas vigentes.

Moré, Galindro e Soares (2022) analisaram a questão da comparabilidade entre DAPs e identificaram limitações desse tipo de rótulo por não cumprir requisitos de equivalência entre alguns elementos das DAPs, dificultando a comparação entre produtos com a mesma função. Os autores apresentam como lacunas nas DAPs estudadas a falta de cumprimento de informações obrigatórias exigidas pelas normas e as definições divergentes de alguns itens nos RCPs, resultando em 89,15% das DAPs investigadas sendo incomparáveis.

Apesar da possibilidade de elaborar rótulos com base em padronização internacional, com objetivo e escopos semelhantes, é possível identificar discrepâncias que comprometem a confiabilidade desses rótulos quando utilizados para fins de comparabilidade. Diekel et al. (2021) estudaram as rotulagens ecológicas têxteis e identificaram, entre os pontos críticos, uma significativa diferença quanto à abrangência dos aspectos ambientais considerados nos estudos de ACV e as fases do ciclo de vida, afetando os resultados dos impactos.

Os autores concluem que, apesar das semelhanças dos rótulos, eles não são comparáveis devido às grandes diferenças nos estágios do ciclo de vida considerados e nos impactos ambientais. Além disso, a fase de uso foi a mais omitida nos rótulos e precisa ser explorada, apesar da influência do fator cultural que define a frequência de uso e manutenção do vestuário (lavagem e secagem) pelo consumidor. Os autores ressaltam a importância de que limitações nos rótulos sejam do conhecimento dos consumidores ao tomarem decisões de compra.

Galindro et al. (2020) afirmam que a ACV e a DAP são percebidas por profissionais praticantes de forma positiva em relação à confiabilidade pois consideram-na úteis e aplicáveis em ações de marketing, comunicação, compras públicas, gestão ambiental e desenvolvimento estratégico. Em comparação aos outros tipos de rótulos, a DAP é considerada mais confiável. Ojala et al. (2016) atribuem a confiabilidade à compreensão dos consumidores em relação à leitura do desempenho ambiental do produto e dos dados e métodos apresentados nos rótulos e estabelecidos em documentos de regras de categorias de produtos. Com isso, a DAP deve ser consistente com dados confiáveis que permitam ao comprador identificar a melhor opção de aquisição em termos de impacto ambiental (ABNT, 2015).

O ambiente empresarial tem impulsionado as empresas e tomadores de decisão a buscarem métricas de sustentabilidade confiáveis e robustas para comunicar ou avaliar os impactos ambientais de bens e serviços (Del Borgui; Moreschi; Gallo, 2020). Conforme os autores, certas condições são essenciais para fomentar uma concorrência saudável que possa levar a um melhoramento no desempenho ambiental dos produtos como metodologias harmonizadas e bem aceitas e transparência nos resultados.

Conscientes da importância desse tipo de rótulo para alcançar metas de sustentabilidade, incluindo aquelas estabelecidas na agenda política internacional, Agenda 2030, as partes interessadas brasileiras já demonstram iniciativas, como a adaptação de leis e criação de normativas. Como exemplo, tem-se a Resolução Conmetro nº 4 de 15 de dezembro de 2010, que institui o Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV) (Brasil, 2010) e a Portaria nº 100 de 7 de março de 2016 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) que aprova os Requisitos Gerais do Programa de Rotulagem Ambiental Tipo III – Declaração Ambiental de Produto (DAP) (Brasil, 2016).

Convém destacar que a ACV vem obtendo maior visibilidade política e acadêmica no Brasil, o que contribui para a adesão dessa método pelas empresas e sugere maior potencial de elaboração da DAP de produtos nacionais, adequando-os às exigências internacionais de mercado. Porém, a DAP é um tipo de rótulo voluntário e sua adoção depende de vários fatores como conhecimento por parte das empresas e dos compradores, da utilidade das informações declaradas e, principalmente, de sua confiabilidade (Rocha; Caldeira-Pires, 2019).

O aumento significativo dos esquemas de rotulagem ressalta as implicações nas interações com o comércio internacional, abrangendo questões como o acesso ao mercado e a competitividade (PRAG; LYON; RUSSILLO, 2016). Gruère (2013) destaca a existência de uma tensão entre os diversos tipos de rótulos concorrentes que surgem, bem como os novos rótulos que, indiretamente, enfrentam maiores desafios de entrada no mercado. O autor destaca, assim, a importância de aderir a padrões que proporcionam certa conformidade entre os rótulos, atribuindo às partes interessadas papel crucial nesse processo.

É nesse contexto que a DAP se torna objeto a ser estudado. Há um crescente interesse nas aplicações da DAP devido à sua natureza como fonte de dados (Crippa; Scheer; Ugaya, 2020; Del Borghi, Moreschi; Gallo, 2020, Timm; Maciel; Passuello, 2021). Contudo, a importância atribuída a ela tem impulsionado discussões sobre sua credibilidade, enfocando a necessidade de padrões e critérios que assegurem sua confiabilidade ao ser utilizada em mercados internacionais (Gruère, 2013; Prag; Lyon; Russillo, 2016; Shepherd, 2016)

No Brasil, há uma escassez de estudos acadêmicos que abordem a DAP como um recurso a ser incorporado nas práticas de gestão ambiental. Isso pode ser justificado pelo fato de que o surgimento da NBR ISO 14025 (2015) é recente, tornando-se um tipo de rótulo ainda pouco utilizado por empresas brasileiras (Brito; Silva, 2023). A existência de uma política de incentivo à DAP no cenário brasileiro e a adesão incipiente à rotulagem para atender às demandas do mercado internacional proporcionam um espaço propício para a discussão e aprofundamento sobre a consistência desse tipo de rótulo, utilizando dados nacionais, como é proposto neste trabalho.

Considerando a vasta aplicabilidade da DAP, é crucial identificar e solucionar as lacunas ou inconsistências que possam comprometer sua credibilidade, especialmente durante sua fase inicial de inserção no mercado nacional. De outro modo, a avaliação da confiabilidade de uma DAP pode auxiliar na identificação de aspectos que influenciam na garantia da transparência das informações e na robustez científica dos dados declarados. Conforme declarado pela United Nations Environment Programme (UNEP) (2011), a confiança no rótulo está intrinsecamente ligada à confiabilidade de elementos como os dados em si, os métodos utilizados e outros procedimentos, como a avaliação de indicadores. Assim, a contribuição prática deste estudo visa fortalecer a observância às exigências preconizadas nas normas vigentes, em particular, a NBR ISO 14025 (2015), por parte dos profissionais envolvidos em ACV e DAP.

Alinhado ao objetivo de aprofundar a compreensão sobre a DAP, este estudo possibilita ampliar o conhecimento na atual conjuntura do setor têxtil e de confecção do jeans. Conforme observado por Annapoorani (2017), esse setor tem demonstrado um crescente interesse em estratégias voltadas para práticas ambientalmente sustentáveis, refletindo no comportamento de compra consciente por parte dos consumidores. Dessa forma, as decisões de compra de jeans sugerem considerar os impactos sociais e ambientais como critérios de escolha relevantes, conforme o Instituto de Estudos e Marketing Industrial (IEMI) (2021).

Davis (2015) enfatiza, em seu estudo, que produtos de moda com produção sustentável, apesar de terem um custo mais elevado, oferecem qualidade, durabilidade e desempenho superiores em termos de uso quando comparados às marcas comerciais tradicionais, tornando-se vital para a promoção do consumo consciente. Estratégias de marketing e relações públicas eficazes têm o potencial de influenciar os adeptos da moda rápida (*fast fashion*), em que há maior rotatividade no consumo de vestuário, a decidirem por opções de moda sustentável. O cenário da moda intensifica a necessidade de implementar medidas que promovam a conscientização no processo de tomada de decisão de compras, sendo os rótulos e declarações

ambientais as ferramentas educacionais essenciais nesse cenário (Cai; Choi, 2020; Vehmas *et al.*, 2018).

A participação do setor têxtil e de confecção do Nordeste brasileiro tem sido evidenciada em termos de potencialidades locais na indústria de transformação, na produtividade e na produção específica de vestuários (Barreto; Marinho; Souza, 2003; Caldas; Lima, 2009; Cavalcanti Júnior; Lima, 2019; Fernandes; Silva Filho, 2017), e o Estado do Piauí emerge como um dos mercados promissores. Este Estado abriga polos consolidados localizados na capital Teresina e nas cidades de Campo Maior, Piripiri e Parnaíba, destacando-se na produção de *jeanswear* (Portela, 2017), o que justifica explorar no presente estudo as particularidades da produção local de vestuário jeans.

Complementando esses aspectos, a produção de algodão, principal matéria-prima têxtil, também é expressiva no país. O Brasil mantém sua posição entre os quatro maiores produtores de algodão do mundo e é o segundo maior exportador da fibra, com perspectivas de ampliação nas exportações, superando as quedas de demanda provocadas pelo cenário mundial de pandemia, conforme dados da Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA) (2022) e da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2022), corroborado nos estudos de Busato (2021).

Diante desse contexto no setor têxtil e de confecção brasileiro e local, torna-se oportuno expandir estudos sobre a rotulagem ambiental, que auxilia nas novas formas de produção no país. Conforme discutido por Morita *et al.* (2020), o setor têxtil brasileiro é tradicional, e mudanças de paradigmas e práticas de gestão, especialmente relacionadas a ações ambientais, devem ser introduzidas gradualmente. É importante destacar os benefícios dessas mudanças para superar o conservadorismo predominante do setor.

Este estudo também ganha importância em meio às articulações políticas para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A indústria do denim e a produção do jeans têm sido mencionadas, especialmente, em relação a vários ODSs, devido aos impactos ambientais, sociais e econômicos que causa. Isso inclui a ODS 6, relativo à contaminação da água, o ODS 13, referente às emissões de gases de efeito estufa, o ODS 14, considerando a poluição marinha que também é afetada com as descargas de água contaminada e o ODS 15, relacionado ao efeito significativo do cultivo do algodão na qualidade do solo (Periyasamy; Periyasami, 2023).

Este trabalho de pesquisa contribui não apenas com os ODS mencionados e com o ODS 12, que procura assegura padrões de produção e de consumo sustentáveis, mas também amplia a compreensão sobre a importância das DAPs como ferramentas estratégicas para promover a

sustentabilidade ambiental. Ao abordar sobre os níveis de confiabilidade de DAPs em relação a critérios específicos, este estudo destaca a necessidade de maior envolvimento das empresas que fazem essas declarações para garantir a transparência e rastreabilidade das informações fornecidas aos consumidores. Assim, a disseminação da DAP bem como seu uso no cenário brasileiro enfatiza a governança que as empresas precisam desempenhar frente ao mercado e que podem ser um incentivo de mudança no setor produtivo. Além disso, este estudo promove uma reflexão crítica sobre a importância de maior conscientização empresarial na adoção de práticas de produção mais limpa, fortalecendo a responsabilidade socioambiental corporativa e contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

As elaborações de rótulos ambientais impõem desafios significativos, uma vez que seu desenvolvimento exige a interação de especialistas, produtores, empresas e acadêmicos, abrangendo diversas áreas de conhecimentos. O estudo da confiabilidade da DAP traz à tona questões e conteúdos relacionados à formulação e gestão de políticas, Biologia, Química, Administração, Economia e Ciências Ambientais. Isso confirma a natureza interdisciplinar que tem servido como alicerce para a ampliação e o aprofundamento das discussões propostas neste estudo.

Essa monografia está estruturada em mais quatro partes, além desta introdução. O Capítulo 2 apresenta os objetivos e a hipótese de pesquisa. O Capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica deste estudo. Esse capítulo contextualiza o setor têxtil brasileiro, com foco na produção de algodão, explora os estudos de ACV do setor têxtil e de confecção de vestuário de algodão. As etapas do processo de produção de vestuário com ênfase na calça jeans foram apresentadas. Em seguida, o conteúdo sobre a Declaração Ambiental de Produto é explorado, contextualizando sua discussão no cenário brasileiro e a confiabilidade desse tipo de rótulo ambiental. Esse capítulo se encerra com a apresentação da fundamentação dos critérios de confiabilidade de DAPs.

Posteriormente, no Capítulo 4, a metodologia da pesquisa foi descrita, detalhando as etapas para desenvolvimento dos estudos de ACV das calças jeans e a construção do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP. O Capítulo 5 abrange os resultados da pesquisa e sua análise. Finalmente, as conclusões da pesquisa são apresentadas.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESE

O objetivo geral deste estudo é avaliar a confiabilidade das DAPs de calça jeans, considerando critérios específicos, definidos com base nas normas NBR ISO 14025 (2015), 14040 (2009) e 14044 (2009) e na revisão da literatura.

Os objetivos específicos são:

a) realizar os estudos de ACV de calças jeans

b) estabelecer os critérios específicos para a avaliação da confiabilidade de DAP;

c) desenvolver avaliações quantificáveis para os critérios de avaliação da confiabilidade de DAP;

d) validar o instrumento de avaliação de confiabilidade.

Algumas questões foram formuladas para orientar o processo investigativo e promover uma compreensão a respeito da confiabilidade das DAPs. São elas:

a) Quais critérios conferem à DAP a característica de confiabilidade e consistência?

b) Como esses critérios podem ser identificados na composição da DAP?

c) Quais parâmetros podem ser utilizados para classificar a DAP como confiável?

Esses questionamentos conduziram à formulação da seguinte pergunta de pesquisa: Como dados e informações presentes em uma DAP podem ser classificados como consistentes e confiáveis para assegurar sua utilização em diferentes aplicações? Assim, parte-se da hipótese de que a confiabilidade das DAPs pode ser avaliada por meio da análise de critérios específicos que as qualificam como consistentes ou não para serem aplicadas em seus diferentes usos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo inicia com uma contextualização do setor têxtil e de confecção do Brasil, ressaltando a dinâmica da cadeia têxtil nacional e suas particularidades. Em seguida, são apresentados estudos sobre a ACV na cadeia têxtil do algodão, assim como as fases de produção no setor têxtil e de confecção. Esses estudos serviram como referência para estabelecer os limites do sistema para o estudo de ACV, previsto nesta pesquisa e que pode ser observado em detalhes na seção de metodologia. A abordagem em relação à DAP e a questão da confiabilidade também é discutida. permitindo a identificação de atributos considerados críticos para assegurar a credibilidade da DAP.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR TÊXTIL E DE CONFECÇÃO BRASILEIRO

O segmento de confecção é marcado pelo dinamismo em virtude do constante lançamento de produtos, cuja extensão do ciclo de vida útil de uma peça de vestuário ocorre de forma rápida e a preços baixos, promovendo o consumo (Sobreira; Silva; Romero, 2021). Países emergentes da Ásia, com destaque para China, Índia, Paquistão, Coréia do Sul, Taiwan, Indonésia, Malásia, Tailândia e Bangladesh, expandiram sua produção e comercialização têxtil a partir da década de 1980, afetando países como o Brasil que, apesar de figurar entre os maiores produtores mundiais em artigos de vestuário e de manufaturas têxteis, ainda importa daqueles países. Entre as características do mercado nacional, o Brasil possui a maior cadeia produtiva integrada do Ocidente, abrangendo desde a produção de fibras até as confecções, conforme dados da ABIT (2022) e da Confederação Nacional da Indústria (CNI) (2017).

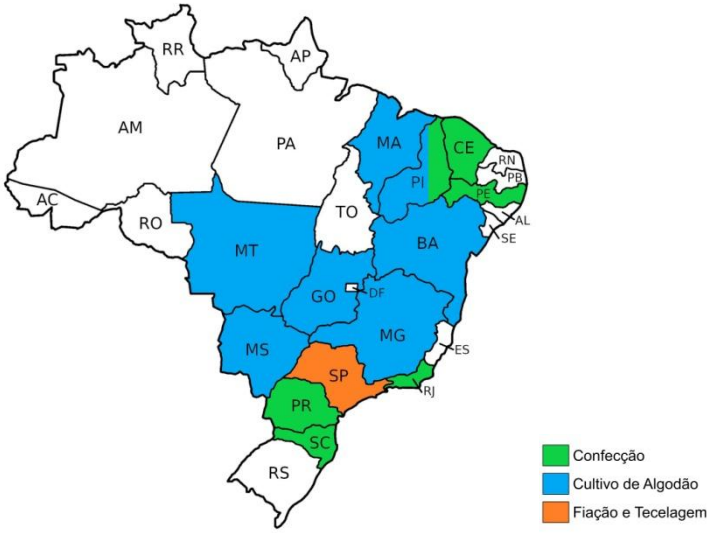
A indústria têxtil brasileira registra um volume de produção de, aproximadamente, 1,9 milhões de toneladas por ano, gerando milhões de empregos diretos e indiretos. Internacionalmente, o Brasil se posiciona como o quarto maior produtor de malhas e peças de vestuário, o quinto em consumo e produção têxtil e de denim, uma das matérias-primas do *jeanswear* (ABIT, 2022). Blatt *et al.* (2020) entendem que esse setor desempenha uma contribuição estratégica para a economia do país ao gerar empregos e pelo uso intensivo de recursos ambientais, sociais e econômicos.

A cadeia têxtil brasileira apresenta uma particularidade. Os processos produtivos acontecem em polos regionais. A produção de algodão é predominante nas regiões Nordeste, com destaque para os estados do Maranhão, Piauí e Bahia, e Centro-Oeste do país, sendo esta última a que possui maior volume de produção, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2020). Segundo a Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão

(AMPA) (2014), desde o início dos anos 2000, o cultivo do algodão tem se concentrado na região Centro-Oeste, especialmente nos estados de Mato-Grosso e Mato-Grosso do Sul. No entanto, Bahia e Goiás também se destacam tanto na produção quanto no beneficiamento do algodão (Spínola; Xavier, 2020).

As etapas de fiação, tecelagem e confecção acontecem com destaque nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (Costa; Rocha, 2009; Silva, 2011; Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos (DEPEC), 2017). No Sudeste, a tecelagem possui evidência no polo de Americana – SP na produção de tecidos planos e sintéticos e a confecção destaca-se no polo de Nova Friburgo – RJ. O Estado do Paraná possui relevância nacional na confecção de roupas em geral, incluindo o jeans (FCEM, 2019a, 2019b). Já o Nordeste possui expressividade na confecção de jeans (Silva, 2011; DEPEC, 2017). Segundo Mendes Júnior (2017, 2024), o valor bruto de produção da indústria têxtil brasileira é representativo nas regiões Sul e Sudeste com 80,9% de participação juntas e o Nordeste com 16,2%. Apesar da potencialidade econômica, a produção nacional destina-se ao mercado interno com pouco enfoque nas exportações (IEMI, 2021). A Figura 1 procura ilustrar a distribuição das maiores concentrações da produção têxtil no Brasil por fase de produção.

Figura 1 – Distribuição das maiores concentrações da produção têxtil no Brasil por fase de produção



Fonte: elaboração da autora.

A capilaridade e complexidade do setor têxtil e de confecção no Brasil são vistas como fator competitivo em termos de empregabilidade, bem-estar social e responsabilidade

ambiental, conforme a CNI (2017). Entretanto, com a inserção de produtos asiáticos no país, o Brasil revelou-se frágil frente aos concorrentes, em especial, no que concerne ao desenvolvimento de tecnologias e apreensão de conhecimento (Fujita; Jorente, 2015), o que sugere que as empresas precisam articular ações estratégicas para manter a competitividade nacional e internacional.

Conforme dados do IEMI, sobre o setor de Mercado Potencial de Vestuário, Meias e Acessórios, o Brasil possui pouco mais de 20 mil unidades produtivas de confecção com perfil industrial de produção, das quais 71,6% são micro indústrias, 25,7%, indústrias de pequeno porte e 2,7%, indústrias de médio e grande portes juntas do setor de confecção de vestuários nacional (Prado; Suzuki, 2021).

Existe uma clara pulverização de empresas em todo o território nacional, o que torna um desafio ações públicas que consigam atender aos diferentes modelos de produção, segmentos com necessidades específicas como fibras, tecidos, fios, linhas de costura, aviamentos, beneficiamento, lençóis, toalhas, roupas, tecidos técnicos e não tecidos, e diferentes níveis tecnológicos em que coexistem empresas com muita tecnologia e outras intensivas em mão de obra, como as confecções (ABIT, 2018). Corrobora Antero (2006), ao afirmar que a heterogenia de matérias-primas utilizadas, processos produtivos, padrões de concorrência e estratégias empresariais na cadeia produtiva do setor têxtil, torna difícil a formulação e implementação de políticas públicas.

Com a pujança do setor têxtil e de confecções no país, alguns municípios brasileiros se destacam pelo crescimento produtivo e comercial. Cavalcanti Júnior e Lima (2019) mostram em seus estudos que na Região Nordeste, o Semiárido Nordestino tem se destacado na indústria têxtil, gerando valor econômico com a criação de novas empresas e empregos. Os autores identificaram um crescimento acelerado do Produto Interno Bruto (PIB) e do Valor Adicionado Bruto da Indústria (VAB) na Região Nordeste, e municípios do Semiárido, alguns dos quais foram excluídos da faixa de extrema pobreza. Como observado pelos autores, políticas de incentivos fiscais, acesso ao crédito, disponibilidade de mão-de-obra e potencialidades locais estão entre os fatores que favoreceram esse cenário de crescente progresso.

Silva e Santos (2020) revelam que a indústria têxtil nordestina, considerada uma das mais importantes na economia da região e do país, não só gera empregos e renda, mas também promove novos produtos por meio da economia criativa, resultando na ampliação do mercado interno e internacional. Esse desenvolvimento local resulta tanto em avanços na modernização das indústrias e inovação tecnológica como na promoção de qualificação profissional.

Bezerra *et al.* (2015) afirmam que o Estado do Piauí possui destaque na produção de culturas de soja, milho e algodão, com aumento de produtividade em decorrência dos investimentos em tecnologia nessas culturas e com o apoio de instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e por meio de pesquisas e recursos do Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNDECI) do Banco do Nordeste. Em especial, a produtividade do algodão chegou a superar a média de produção do Nordeste, alcançando 3,6 toneladas em caroço por hectare. Além do beneficiamento do algodão e outras atividades que o Estado se destaca, o setor têxtil, com 17,4%, e o setor de confecção de vestuário e acessórios, com 7,6%, têm sido responsáveis por promover a empregabilidade local.

As indústrias de confecções piauienses estão investindo na produção de peças próprias, inclusive o jeans. O polo de confecção de Piripiri é considerado o segundo maior do Estado, tendo sido beneficiado com a ampliação e modernização do centro de comercialização por meio de uma ação política do Governo do Estado (Piauí, 2020). O cenário de desenvolvimento local, evidenciado no Estado do Piauí, suscita uma reflexão sobre as consequências decorrentes dos processos de produção do setor têxtil e de confecção, considerando os impactos provocados ao meio ambiente e às comunidades locais. Assim, justifica-se compreender as etapas da cadeia produtiva e seus impactos, bem como o ciclo de vida da calça jeans, como será explorado na próxima seção.

3.2 ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CADEIA TÊXTIL DO ALGODÃO

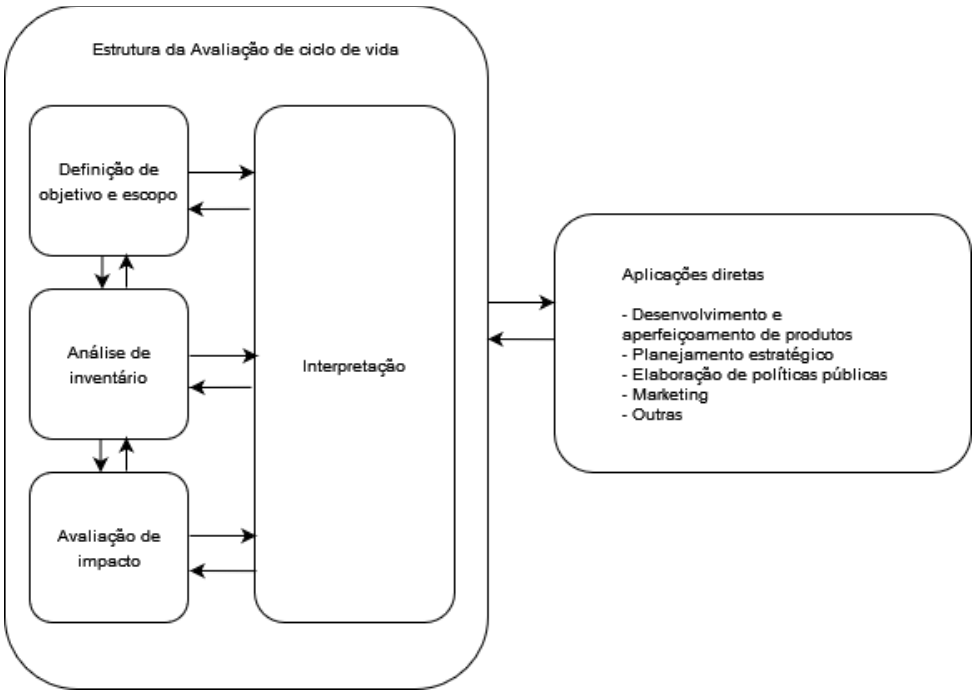
A Avaliação do Ciclo de Vida consiste em um procedimento quantitativo que analisa as entradas e saídas de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida, com foco nos aspectos e impactos ambientais. Isso inclui a extração da matéria-prima até a disposição final do produto, passando pela produção de energia e materiais, manufatura, uso, tratamento no fim de vida útil. A ACV analisa uma unidade funcional em suas fases produtivas e tem como princípio orientador a transparência de dados para uma adequada interpretação dos resultados (ABNT, 2009a; 2009b).

No Brasil, a ACV é normalizada pela NBR ISO 14040 (2009) e NBR ISO 14044 (2009) e abrange quatro fases de desenvolvimento. A primeira fase para estudo de ACV é a Definição do Objetivo e Escopo do Estudo em que é estabelecido o objeto (produto ou serviço) a ser avaliado e quais processos do seu ciclo de vida devem ser foco de levantamento de dados. A segunda fase consiste na Análise de Inventário (ICV) na qual é realizada a coleta de dados das entradas e saídas do sistema de produto para alcance do objetivo previamente estabelecido.

Nesta fase, há o detalhamento dos fluxos de processo de todo sistema de produto, ou seja, da aquisição de matéria-prima à destinação final.

A terceira fase envolve Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) a qual provê informações para ajudar no ICV, incluindo a categorização dos impactos em cada etapa do processo avaliado e, por fim, a Interpretação do estudo como um todo cujos resultados são resumidos e discutidos para conclusões, recomendações e tomadas de decisões (ABNT, 2009a). Na Figura 2, estão representadas as fases para elaboração da ACV.

Figura 2 – Fases de uma ACV



Fonte: ABNT (2009a, p. 8).

A ACV é um método amplamente reconhecido e aceito na avaliação do desempenho ambiental de produtos e oferece dados relevantes para a tomada de decisões por gestores públicos, empresários e consumidores (Kim; Kara; Kayis, 2014; Kjaer *et al.*, 2018; Passer *et al.*, 2015; Strazza *et al.*, 2016; Toniolo *et al.*, 2019). Os estudos de ACV têm recebido bastante atenção no meio acadêmico por sua abordagem científica e são adequados para análises a nível de processos e comparações de potenciais impactos ambientais entre produtos (Baydar; Ciliz; Mammadov, 2015; Hoekstra, 2015).

O estudo de ACV relacionado à produção e consumo de têxteis e de confecção é caracterizado por uma intensa coleta de dados para compor o inventário do ciclo de vida, dada a complexidade do setor. Isso inclui uma diversificada gama de materiais, substâncias químicas,

água e energia ao longo da cadeia produtiva (Luo *et al.*, 2021; Wiedemann *et al.*, 2020). Os resultados da ACV são importantes para destacar as fases do ciclo de vida que precisam de melhorias, orientando intervenções que visam à eficiência do desempenho ambiental do produto (Baydar; Ciliz; Mammadov, 2015; Muthukumarana *et al.*, 2018).

A literatura apresenta uma variedade de aplicações de estudos de ACV de produtos têxteis, cada um adaptado às particularidades do cenário produtivo e da cadeia de suprimentos, como exemplo, camisas (Barnes *et al.*, 2010; Baydar; Ciliz; Mammadov, 2015; Rüzgar *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2015), calças jeans (Bongiovanni; Tuninetti, 2018; Morita *et al.*, 2020; Periyasamy; Wiener; Militky, 2017), fios têxteis (Bevilacqua *et al.*, 2014; Esteve-Turrillas; Guardia, 2017; La Rosa; Grammatikos, 2019; Manda, Worrell; Patel, 2015), tecidos (Barnes *et al.*, 2010; Cundubey; Azgin, 2024). Nesses estudos, diversos fatores foram levados em consideração, como a localização geográfica, as condições ambientais, a abrangência do estudo, a origem dos recursos utilizados no processo produtivo e os tipos de matérias-primas. Como resultado, cada estudo oferece uma análise de uma unidade de produto particular, dentro de um contexto, o qual colabora para ações de mitigação dos impactos ambientais.

As análises de Baydar, Ciliz e Mammadov (2015) acerca dos impactos da produção têxtil teve como base estudos de ACV de camisas de algodão, abrangendo desde a produção das fibras de algodão (tanto convencional quanto orgânico) até sua disposição final. Os autores enfatizaram que a implementação de práticas de produção sustentáveis em determinadas etapas do ciclo de vida do produto pode contribuir para a melhoria da sustentabilidade de maneira global. Conforme os resultados apresentados, o cultivo e colheita do algodão, processamento úmido, fiação e uso são os estágios com maior potencial de impacto ambiental, sobretudo, nas categorias de eutrofização aquática e terrestre, acidificação, formação fotoquímica de ozônio e aquecimento global. A utilização de produtos químicos e fontes de energia foram determinantes para os impactos nas atividades agrícolas, no processamento úmido e no uso. Já na fiação, destacou-se o consumo de energia elétrica.

O emprego da ACV permitiu a Baydar, Ciliz e Mammadov (2015) explorar simulações de substituição de alguns insumos tradicionais por opções sustentáveis. Essa análise procurou conferir a viabilidade de estratégias alternativas que colaboram para a redução significativa dos impactos ambientais negativos na indústria têxtil. Isso pôde ser exemplificado no caso da substituição do óleo diesel por biodiesel em máquinas agrícolas e a eliminação de fertilizantes químicos e pesticidas no cultivo de algodão, trazendo assim impactos positivos no combate ao aquecimento global.

Manda, Worrell e Patel (2015) usaram os resultados da ACV para subsidiar a análise do potencial de mercado na produção de fios antibacterianos. Os autores avaliaram diferentes configurações de camisetas antibacterianas para selecionar aquela que melhor respondesse à expectativa de design e que pudesse oferecer uma alternativa viável em termos de impactos ambientais. Neste estudo, a ACV foi utilizada para subsidiar o desenvolvimento do produto e sua inovação, dentro da perspectiva de criação de valor tendo considerado os custos, inovação, diferenciação do produto e reputação. Segundo os autores, que estudaram a produção do fio (fiação) até a disposição final, concluíram que a melhor opção produtiva é inserir o processo de acabamento na própria indústria de produção do fio por garantir melhor funcionalidade, durabilidade e desempenho ambiental das fibras e evita etapas extras de tratamento em tinturaria, o que economiza para a indústria. O resultado da ACV também indicou a opção de evitar o tingimento convencional, o que possui uma redução significativa também dos impactos ambientais.

Bevilacqua *et al.* (2014) estudaram o desempenho ambiental da produção de fios de algodão, abrangendo o cultivo até a lavagem e secagem, considerando os algodões cultivados de diferentes países (Egito, China, Índia e Estados Unidos). A contribuição desse estudo foi mostrar a viabilidade do desenvolvimento de uma cadeia de abastecimento sustentável para fios de algodão, destacando a importância de comparar os diferentes cenários de cultivo e produção por meio da ACV. Os autores destacaram como a ACV é um instrumento que valida essa busca pela melhor escolha produtiva e sustentável na cadeia de abastecimento. O estudo de ACV considerou aspectos do sistema de cultivo que caracterizam as regiões produtivas de algodão como tipos de terreno e de plantio, sistemas de irrigação, uso de produtos químicos e volumes de cultivo.

Em conclusão, ainda conforme Bevilacqua *et al.* (2014), o tingimento e a fiação foram considerados as fases críticas que resultam em diversos impactos ambientais. O consumo significativo de energia elétrica na fase de fiação, juntamente com o uso de fertilizantes e combustíveis no cultivo do algodão, assim como o gás natural necessário para o tingimento, foi apontados como os principais responsáveis pelas emissões de CO_2. O processo de acabamento também contribuiu para as emissões de CO_2, devido à aplicação de produtos químicos e ao consumo de energia em processos mecânicos. Além disso, a lavagem e secagem dos fios foram fases impactadas pelo alto consumo de energia. O estudo revelou que o nitrato de amônio é o primeiro item de efeito estufa das empresas fornecedoras de algodão, devido ao seu uso extensivo, técnicas de irrigação ineficientes e falta de rotação de culturas no manejo do solo (Bevilacqua *et al.*, 2014).

La Rosa e Grammatikos (2019) utilizaram estudos de ACV para realizar uma avaliação comparativa entre a fibra e tecido de algodão com outros tipos de fibras e tecidos (juta e kenaf) que são oferecidos no mercado têxtil. As autoras consideraram em seus estudos as etapas de cultivo, colheita, descaroçamento e produção do fio. A fabricação do fio incluiu as fases de limpeza e triagem, fiação, pré-tratamento, tingimento, acabamento, lavagem e secagem. Os resultados apresentaram o consumo de energia acumulada para o cultivo da fibra de algodão de 68,51 MJ e a produção do fio, de 368 MJ. Segundo as autoras, a fiação é a etapa de produção que mais consome energia.

Quanto às principais categorias de impacto avaliadas para a produção de 1t de algodão, juta e kenaf, os autores constataram o intenso consumo de água (1736 m^3 água eq), acidificação (165 kg SO_2 eq) e eutrofização (70,84 kg PO_4 eq) do algodão em comparação a outras fibras. Para fins de ilustração, a Tabela 1 apresenta os resultados das principais categorias de impactos avaliadas na produção de algodão, juta e kenaf e seus respectivos métodos.

Tabela 1 – Categorias de impactos avaliadas para produção de algodão, juta e kenaf

Categoria	Unidade	Método	Tecido de algodão	Tecido de Juta	Tecido Kenaf
Esgotamento do Recurso da Água	m^3 água eq	ILCD 2011 Midpoint + V1.06/EU27 2010	1736	188	257
Demanda Acumulada de Energia	MWh	V1.09/CED	95	27	27
Acidificação	kg SO_2 eq	CML-IA baseline V3.02/West Europe, 1995	165	41	41
Eutrofização	kg PO_4 eq	CML-IA baseline V3.02/West Europe, 1995	70.84	14.93	14.72

Fonte: La Rosa e Grammatikos (2019, p. 4, tradução nossa).

Os resultados obtidos por La Rosa e Grammatikos (2019) foram balizadores para sugerir a migração do cultivo convencional de algodão para o cultivo de algodão orgânico como medida mitigadora de vários impactos ambientais, entre eles, aqueles que atenuam o volume de consumo de água, no processo de irrigação, e de energia. No entanto, é preciso considerar que o rendimento reduzido deste tipo de cultivo pode não atender a demanda de mercado, por isso, pode-se desenvolver outras fibras naturais que possuem menor impacto ambiental.

Zhang *et al.* (2015) realizaram a ACV para investigar os impactos ambientais associados ao consumo de tecidos de algodão, dada a prevalência desse material na fabricação de roupas na realidade chinesa. Ao avaliar camisetas 100% algodão, os autores identificaram impactos ambientais mais significativos nas fases de cultivo, tingimento, confecção e uso. Eles destacaram os pontos críticos no ciclo de vida do algodão que devem ser aprimorados e

requerem a implementação de ações políticas visando a promoção da sustentabilidade ambiental. Os principais impactos ambientais foram decorrentes do uso de fertilizantes, pesticidas e água no cultivo de algodão, do carvão, corantes e auxiliares utilizados no tingimento, da eletricidade na confecção, do detergente e água na lavagem da peça pelo consumidor e da eletricidade na fiação.

O estudo de ACV realizado por Esteve-Turrillas e Guardia (2017) teve como objetivo analisar o desempenho ambiental do algodão recuperado a partir de peças de vestuário recicladas em comparação ao algodão virgem cultivado de forma convencional ou orgânica. Os fios reciclados eliminam a necessidade de tingimento. O estudo revelou que ao considerar o algodão recuperado, as fases de cultivo, descaroçamento e tingimento, uma vez suprimidas, resultaram em diminuição do impacto ambiental. Porém, a etapa de corte/trituração de alta eficácia do material reciclado incrementa o consumo de energia em comparação ao descaroçamento. Apesar disso, é uma opção que agrega mais valor do ponto de vista ambiental. Além disso, ressaltam os autores, o cultivo orgânico, que elimina o uso de agrotóxicos e produtos químicos, também é uma alternativa que agrega mais valor aos produtos, do ponto de vista ambiental, em comparação ao cultivo convencional.

Muthukumarana *et al.* (2018) concentraram sua análise de ACV nos efeitos do uso de energia na indústria de transformação, com foco específico no segmento de vestuário. Eles argumentaram sobre a importância de se obter uma visão abrangente do uso de energia e do desempenho ambiental deste setor, considerando as fontes de energia ao longo do ciclo de vida de uma peça de vestuário. Os autores destacaram a necessidade de avaliar não apenas o consumo direto de energia nos processos produtivos, mas também a energia incorporada em outras etapas do ciclo de vida do produto, muitas vezes negligenciada em estudos de impacto ambiental. Essa falta de consideração pode resultar em uma subestimação dos impactos reais de um produto e dificultar a identificação de áreas potenciais de melhoria e a implementação de medidas de mitigação do impacto ambiental.

Muthukumarana *et al.* (2018) examinaram as fases de produção do tecido, confecção e transporte, adotando uma abordagem "do portão ao portão". O estudo permitiu a análise de diferentes cenários de fontes de energia, facilitando comparações. Os resultados evidenciaram os impactos significativos da fase de confecção, com a energia solar fotovoltaica emergindo como a mais benéfica do ponto de vista ambiental. De acordo com os autores, a substituição das fontes convencionais de energia por energia fotovoltaica e biomassa nas instalações de produção de vestuário reduz os impactos em até 90 a 95%. O estudo também apontou benefícios semelhantes na transição de fontes de combustíveis fósseis para energias renováveis. Esses

resultados corroboram com as constatações de Cundubey e Azgin (2024) que avaliaram, por meio da ACV, as fontes de energia na produção do tecido denim. Segundo eles, o uso de fontes renováveis reduz notavelmente os impactos ambientais, com destaque para a energia hídrica e solar.

Cundubey e Azgin (2024) investigaram as implicações ambientais decorrentes do uso de matérias-primas recicladas na produção de tecido denim, juntamente com a utilização de energia renovável em toda a linha de produção. O uso de fontes renováveis diminuiu progressivamente os impactos associados à acidificação e eutrofização, além de reduzir as emissões de carbono. Os autores concluíram que o cenário que combina o uso de 50% de material reciclado com 100% de energia hidroelétrica é a opção mais sustentável, resultando em uma redução de 40% no potencial de aquecimento global, entre outros declínios na acidificação, eutrofização e toxicidade humana.

No contexto brasileiro, os estudos de ACV conduzidos por Morita *et al.* (2020) trouxeram análises pertinentes que apontaram caminhos para melhoria do desempenho ambiental e energético da produção de calça jeans, com enfoque nas Mudanças Climáticas e na Demanda de Energia Primária. Os autores destacaram a ACV como um recurso metodológico valioso por fornecer uma abordagem abrangente do ciclo de vida do produto. Além disso, ressaltaram sua capacidade de oferecer uma análise quantitativa objetiva, identificando pontos críticos de impactos e fornecendo um indicador único que sintetize o desempenho de cada aspecto ambiental analisado.

O desempenho ambiental da calça jeans (massa de 959 g) nos estudos de Morita *et al.* (2020), que abrangem "do berço ao portão", fornece 7,86 kg CO_2 eq em termos de Mudança Climática e 124 MJ quanto a Demanda de Energia Primária. A fase de confecção/acabamento é responsável pela maior contribuição de Mudança Climática (51% do impacto total), seguida da tecelagem (21%) e do cultivo do algodão (17%). Morita *et al.* (2020) indicam o processo agrícola como o responsável por cerca de 90% de emissões de dióxido de carbono (CO_2) e óxido de dinitrogênio (N_2O). Segundo eles, as operações de cultivo que integram o preparo do solo, a semeadura e o tratamento do algodão e a colheita são realizadas por máquinas movidas a diesel que justificam as emissões de CO_2 nas operações de manejo.

Quanto ao consumo de energia, Morita *et al.* (2020) afirmam que as maiores contribuições foram referentes à confecção/acabamento (46%), ao cultivo do algodão (23%), à tecelagem (18%) e à fiação (9,7%). A fabricação de uma calça jeans padrão no Brasil indicou um consumo total de energia elétrica de 37,4MJ (~10,4 kWh), que em termos de Demanda de Energia Primária consiste em 56,7MJ. Concluem os autores que as etapas de cultivo do algodão,

tecelagem e confecção/acabamento representam os pontos críticos em termos de consequências ambientais e energéticas da cadeia produtiva brasileira de calças jeans. Nos estudos de Blatt *et al.* (2020), as etapas de confecção/acabamento e venda de calças jeans no Brasil foram identificadas como as que mais consomem recursos e energia na cadeia produtiva têxtil. Em particular, destaca-se o alto consumo de energia elétrica, representando 28% do total, ao considerar o sistema desde o cultivo do algodão até a venda da peça de vestuário.

Bongiovanni e Tuninetti (2018) investigaram o desempenho ambiental na produção de uma calça jeans fabricada na Argentina, utilizando a ACV como ferramenta para diagnosticar a cadeia produtiva do algodão no país. O estudo teve como foco os impactos associados ao aquecimento global, acidificação, eutrofização, depleção da camada de ozônio e oxidação fotoquímica, identificando os maiores impactos e as fases com maior potencial de melhoria.

Os resultados revelaram que as maiores contribuições para as emissões de gases de efeito estufa foram atribuídas à tecelagem (43%), confecção (23%), fiação (16%), descaroçamento (5%) e cultivo do algodão (13%). Quanto à acidificação, depleção da camada de ozônio e formação de oxidação fotoquímica, os maiores impactos foram observados na produção do tecido denim, seguido pela confecção. Por outro lado, no caso da eutrofização, o impacto foi mais significativo na fase de confecção (44%), seguida pela produção do denim (25%). Os autores ressaltaram a importância de um consumo energético mais racional, desde os combustíveis utilizados na produção agrícola até a energia elétrica demandada nas etapas de fiação, tecelagem e confecção, sugerindo uma reavaliação das fontes de energia utilizadas. Além disso, as altas emissões provenientes de agroquímicos e fertilizantes foram alvos críticos a serem considerados nas condições de produção (Bongiovanni; Tuninetti, 2018).

Já nos estudos de ACV de Periyasamy, Wiener e Militky (2017), os maiores impactos de uma calça jeans modelo Levi's 501 feminina, utilizando o método ReCiPe 2008, foram a Mudança Climática (33,4 kg CO_2) nas fases de confecção e manutenção do consumidor. Na produção da fibra de algodão, houve maior impacto na eutrofização (48,9 g PO_4), provocado devido ao uso de fertilizantes e pesticidas e à ocupação da terra (12 m^2/ano). Os maiores consumos de água (3781 L) foram provenientes do cultivo da fibra de algodão (68%) e nos cuidados pelo consumidor como a lavagem (23%). Na fase de produção têxtil, houve maior impacto na Depleção Abiótica (78%) referente aos artigos diversos (miudezas) e embalagens.

Os estudos do ciclo de vida de vestuários explorados nesta seção, utilizando o método ACV, apresentam diferentes abrangências, o que mostra a versatilidade dessa metodologia e sua capacidade de identificar impactos ambientais específicos em várias etapas da cadeia produtiva têxtil. Além disso, a ACV possibilita a integração de fontes de dados e a avaliação de

cenários considerando a dinâmica dos mercados, resultando em uma avaliação mais precisa dos impactos ambientais.

A composição dos dados de ACV entre os setores, seu uso por empresas e formuladores de políticas, bem como a necessidade de um banco de dados de inventário abrangente com referências geográficas, sociais, econômicas e categorias de impactos compatíveis com a realidade brasileira, são tópicos de discussões entre os especialistas brasileiros (Kremer, 2020; Castro *et al.*, 2015; Ugaya; Almeida Neto; Figueiredo, 2019; Silva; Chabrawi; Oliveira, 2017).

Em linhas gerais, os estudos baseados em ACV auxiliam na sustentabilidade de forma global, por meio da adoção de práticas de produção sustentáveis. A utilização dessa ferramenta permite modelagens e simulações de substituição de insumos convencionais por alternativas sustentáveis ou renováveis. Isso viabiliza a análise do uso de produtos potenciais com menor impacto ambiental e com repercussão positiva no mercado, aliada a um design funcional que atende às expectativas do consumidor. Observou-se que tais estudos contribuem para o desenvolvimento e inovação de produtos. Foi comum encontrar nas pesquisas revisadas nesta seção a identificação de etapas críticas da cadeia produtiva têxtil que necessitam de melhorias. A ACV provou ser eficaz na simulação de diferentes cenários de fornecimento de algodão bem como no diagnóstico das condições estruturais de países com um setor têxtil e de confecção significativo em suas economias. Isso pode incentivar a implementação de políticas que promovam medidas de responsabilidade ambiental e social em prol do meio ambiente.

3.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO TÊXTIL E DE CONFECÇÃO

Esta seção concentrou-se na descrição das etapas de produção têxtil e algumas características que serviram como referência para a compreensão do processo produtivo têxtil desde o cultivo da fibra de algodão até a confecção do vestuário.

O cultivo do algodão envolve os processos de preparação do solo para o plantio, inicialmente com o revolvimento da terra, a adubação e calagem, que consiste no tratamento do terreno com fertilizantes e calcário, respectivamente, semeadura ou aplicação das sementes e seu tratamento e controle de pragas com a aplicação de agrotóxicos como herbicidas, fungicidas e inseticidas, colheita, armazenamento e comercialização ou transporte para a indústria de beneficiamento (AMPA, 2014; Cartaxo; Pereira; Silva, 2002).

No cultivo do algodão, é comum adotar práticas e aplicar produtos para corrigir deficiências nutricionais e de PH para melhorar a porosidade e a permeabilidade do solo, além de manutenção de palhas e restos vegetais de outras culturas para proteção do solo. Essas medidas visam resguardar o solo de erosões e preservar sua qualidade para os futuros plantios.

Da mesma forma, o manejo de defensivos agrícolas é necessário para que o cultivo esteja livre de pragas comuns ao algodão. A prática da desfolha, que facilita a colheita, geralmente é realizada com o uso de produtos químicos. Em termos de impactos ambientais, quando as práticas agrícolas são feitas de forma inadequada ou há excesso no uso de produtos químicos, isso pode resultar em contaminação do solo, da água, pelo escoamento desses produtos para o subsolo ou rios próximos, e para o ser humano (AMPA, 2014; Cartaxo; Pereira; Silva, 2002).

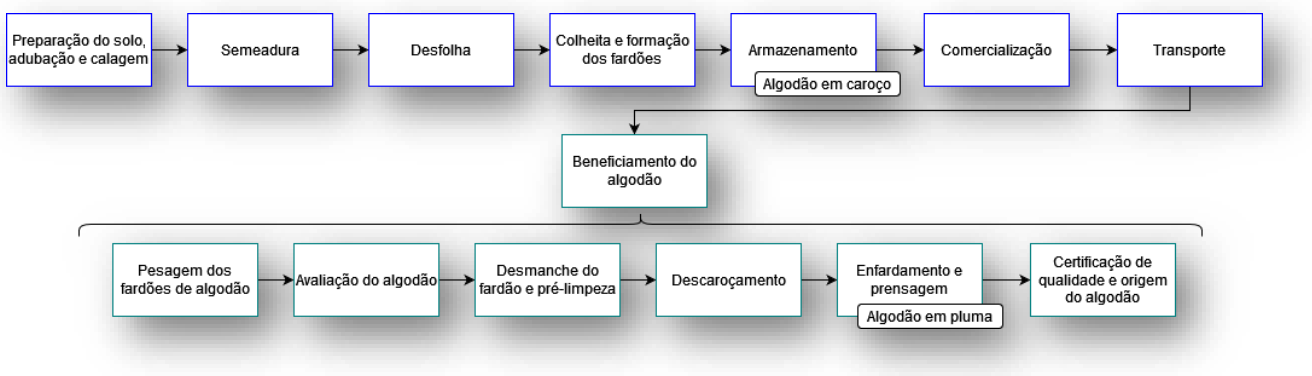
O cultivo de algodão pode levar à escassez da água quando há um uso intensivo e sem planejamento dos recursos hídricos, resultando em desequilíbrios climáticos que contribuem para o aumento da desertificação e da erosão do solo. Convém ressaltar que práticas de limpeza por meio de queimadas nos plantios geram emissões de gases como monóxido de carbono ou gases de combustão. Além disso, o descarte inadequado de embalagens de defensivos agrícolas pode impactar negativamente tanto o solo como a saúde humana (ABRAPA, 2013).

Após a colheita, geralmente realizada de maneira mecanizada, especialmente no Brasil, o algodão é enfardado para ser encaminhado ao processo de beneficiamento realizado pelas algodoeiras. É comum as máquinas colhedoras procederem com o enfardamento do algodão (formação de fardões) e descarregarem no próprio campo. O beneficiamento do algodão consiste em separar as fibras das sementes para obtenção do algodão em pluma através de processos mecânicos realizados por máquinas que demandam alto consumo de energia.

Nesta etapa, é comum a sequência das atividades de pesagem dos fardos de algodão, retirada de amostras para avaliação de transgenia, umidade e grau de impurezas, desmanche do fardão, pré-limpeza do algodão, descaroçamento e limpeza da pluma, enfardamento e prensagem e certificação de qualidade e origem do algodão (Associação Mineira dos Produtores de Algodão (AMIPA), 2022; Maeda, 2010; Urban *et al.*, 1995; Silva; Santana, 2004).

Na limpeza da pluma, é gerado o resíduo fibrilha, que pode representar até 1,3% do total de algodão em caroço processado, e o caroço é comercializado a pecuaristas. O descaroçamento é a principal atividade do beneficiamento (Maeda, 2010). Para fins de ilustração, a Figura 3 apresenta as principais etapas do cultivo do algodão e seu beneficiamento na realidade brasileira.

Figura 3 – Etapas de produção do algodão e seu beneficiamento



Fonte: elaboração da autora.

O processo de fiação consiste na transformação de materiais fibrosos em fios. As fibras têxteis podem ser de origem natural, como o algodão, juta, linho, rami, seda, lã e amianto, ou não natural, como as obtidas de processos artificiais, como a viscose, modal, acetato, ou sintéticas, provenientes de petróleo. As principais operações de fiação envolvem a abertura e limpeza das fibras, seguidas da disposição em paralelo para a torção e formação do fio (Pereira, 2009; Wanderley; Lima, 2004).

A abertura das fibras ocorre nos abridores, máquinas responsáveis por separá-las e realizar a limpeza inicial. Em seguida, as fibras são encaminhadas por meio de esteiras para os batedores, equipamentos inclinados que, no movimento de batida, removem impurezas como terra, pequenos galhos e folhas esmagadas. Em seguida, as fibras são transportadas por meio de tubulações para as máquinas de cardagem, chamadas cardas. As cardas produzem mechas de fibras mais limpas e separadas, formando fitas, que são alongadas (estiragem) e preparadas para estarem dispostas em paralelo (paralelismo) para, enfim, serem misturadas (homogeneizadas).

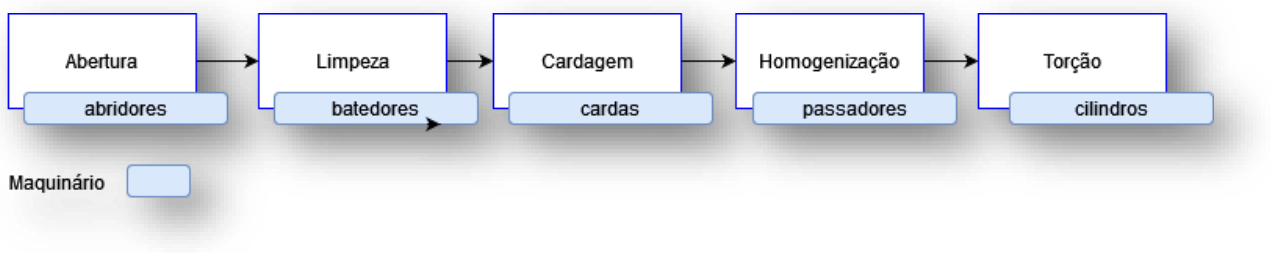
A mistura das fitas acontece nos passadores, que possuem a função de uniformizar a qualidade das fibras. As fitas então são introduzidas a um par de cilindros giratórios que procede com a torção, formando o fio e finalizando o processo. A fiação é caracterizada por processos predominantemente mecânicos e com uso de energia elétrica (Pereira, 2009). Conforme Viana (2005), a depender do tipo de fio, algumas dessas etapas podem ser suprimidas.

Pereira (2009) apresenta os dois principais tipos de fiação utilizadas no Brasil: o convencional, conhecido como fiação anel e o não convencional ou fiação a rotor, também conhecido como *open end*, com predominante uso comercial. A fiação anel utiliza filatórios de anéis para produzir fios mais uniformes, consistentes e estáveis em termos de espessura e com comprimento, sendo um fio de alta qualidade, ideal para tecidos finos com maior valor

agregado. O produto desse processo produtivo é o fio penteado, porém, como o sistema de anéis permite produzir qualquer espessura. A fiação convencional produz o fio cardado, com característica de um fio mais grosso.

As fibras submetidas à fiação a rotor possuem um fluxo mais simples na produção de fios, eliminando algumas etapas de produção, portanto, com maior produtividade em comparação aos filatórios em anéis. Nesse processo, os fios denominados de cardados *open end* são mais grossos, apresentando textura mais áspera e sendo destinados à formação de tecidos mais simples, incluindo o denim (Pereira, 2009; Viana, 2005). A Figura 4 ilustra as etapas do processo produtivo da fiação.

Figura 4 – Processo produtivo da fiação



Fonte: elaboração da autora.

A tecelagem consiste no processo de produção do tecido plano que é obtido pelo entrelaçamento de fios de urdume, dispostos no sentido longitudinal (vertical) e fios de trama, no sentido da largura (horizontal), por meio dos teares (Pereira, 2009). Antes da etapa de entrelaçamento dos fios para formar o tecido, são realizadas algumas etapas de preparação dos fios nas urdideiras, engomadeiras e espuladeiras (Pereira, 2009, Viana, 2005).

O urdimento é a operação de preparação do fio que consiste em passar os fios de seus suportes originais para os roletes do tear, sendo do tipo seccional, quando há necessidade de produzir uma menor metragem de tecido, e do tipo contínuo, quando há produção do tecido cru em grande escala. As urdideiras desempenham a função de enrolar os fios de urdume nos roletes. No urdimento contínuo, os fios de urdume são enrolados em rolos primários antes de passar para os roletes do tear, sendo um processo mais simples. Em seguida, os rolos são submetidos ao processo de engomagem (Pereira, 2009).

O processo de engomagem prepara os fios com uma camada de goma que aglutina as fibras para resistir aos movimentos de tração e à abrasão do tear. A engomadeira tem a função de reunir os rolos de urdume para aplicação dos produtos engomantes, utilizando vapor e, finalmente, o calor de uma estufa para secagem dos fios engomados. É comum que após esse

processo, os fios recebam uma camada de lubrificante para facilitar os processos subsequentes, resistindo aos atritos e diminuindo o pó na tecelagem (Pereira, 2009).

Após a etapa de engomagem, ocorre o processo de tecimento em teares. Esses equipamentos têm a função de lançar os fios da trama através do urdume, formando o tecido, coexistindo várias tecnologias que executam essa operação. Na fabricação do denim, o uso de teares à pinça ou à projétil são os recomendados na abordagem de Viana (2005).

Já o tear por jato de ar é muito utilizado e possui alta produtividade e cuja tecnologia consiste em inserir a trama no tear por meio de um jato de ar com uso de compressores. O uso deste tear também é caracterizado pelo alto consumo de energia e é adequado para tecimento de média a alta densidade, como o denim ou tecidos de fibras de algodão misturadas com outros tipos de fibras. O tecido denim possui fio de urdume tinto (geralmente corante azul índigo) e trama crua (Viana, 2005).

Após o tecimento, acontece o beneficiamento do tecido também conhecido como acabamento. O beneficiamento primário acontece após o tecido sair do tear para melhorar as características visuais e de toque. Isso envolve operações mecânicas, físicas, químicas, bioquímicas e físico-químicas realizadas com o objetivo de eliminar as impurezas e preparar o tecido para os tratamentos posteriores como o tingimento, estamparia e acabamento final.

As operações elementares do beneficiamento primário são:

a) Escovagem: consiste na escovação do tecido para limpeza inicial e preparação para a chamuscagem (Pereira, 2009);
b) Navalhagem: consiste no corte na superfície do tecido (Pereira, 2009);
c) Chamuscagem: consiste na queima dos fiapos de fibras que estão na superfície do tecido; A chamuscagem é um processo físico que demanda consumo de energia para produção da combustão das fibras (Bastian; Rocco, 2009; Pereira, 2009).
d) Desengomagem: consiste na retirada da goma aplicada durante a tecelagem. A desengomagem é um processo bioquímico que utiliza enzimas para dissolução da goma do tecido, geralmente de amido, a uma temperatura de 25 a 70°C, comumente sendo utilizada energia térmica (Pereira, 2009)
e) Purga: consiste no cozimento do tecido com adição de produtos químicos para retirada de impurezas. O processo de purga utiliza produtos químicos para eliminar cascas, ceras, óleos presentes no tecido, como tensoativos e sabões, com consumo de energia térmica (Bastian; Rocco, 2009; Pereira, 2009).
f) Mercerização: consiste no tratamento do tecido com soda cáustica. A mercerização é um processo realizado com lixívias de hidróxido de sódio a uma temperatura de 10 a 18°C e

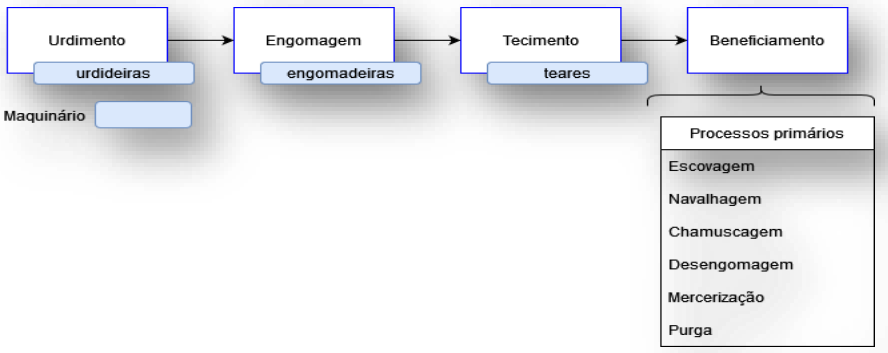
neutralizantes. O objetivo é melhorar a qualidade físico-química das fibras (Bastian; Rocco, 2009; Pereira, 2009).

Algumas outras etapas podem ou não ocorrer no processo de beneficiamento, o que depende do material têxtil que está sendo produzido. Conforme Bastian e Rocco (2009), no beneficiamento é possível ocorrer as etapas de:

a) Tingimento ou estamparia: consiste em conferir coloração ao material têxtil. No caso da estamparia, a coloração é realizada de forma localizada;
b) Secagem: consiste na retirada da umidade da peça têxtil;
c) Compactação: consiste em encolhimento do material têxtil a partir de ações físicas;
d) Calandragem: consiste na eliminação de vincos e conferir mais brilho ao tecido;
e) Felpagem: consiste em conferir aspecto de felpo no material têxtil;
f) Amaciamento: consiste em conferir toque agradável ao material têxtil produzido e;
g) Acabamento antichamas: consiste no acabamento para evitar propagação de chamas.

Os impactos ambientais da tecelagem são provocados por emissões atmosféricas das produções de calor do processo produtivo, incluindo compostos orgânicos voláteis, por resíduos sólidos como resquícios de fibrilas, embalagens e fios, e pelos efluentes (Bastian; Rocco, 2009). As principais etapas do processo de tecelagem foram apresentadas na Figura 5.

Figura 5 – Principais etapas de tecelagem e beneficiamento



Fonte: elaboração da autora.

Os tecidos ou malhas provenientes da tecelagem compõem a matéria-prima para a confecção de vestuário. A etapa inicial da confecção acontece no setor de criação ou *design*, onde designers desenvolvem modelos de roupas de acordo com as tendências de mercado. Os moldes das roupas, então, são elaborados manualmente em papel especial ou de forma computadorizada seguida pela impressão. Esses moldes dão forma às peças de roupa por meio de sua sobreposição no tecido para realizar o corte. Após o corte, as diferentes partes da peça

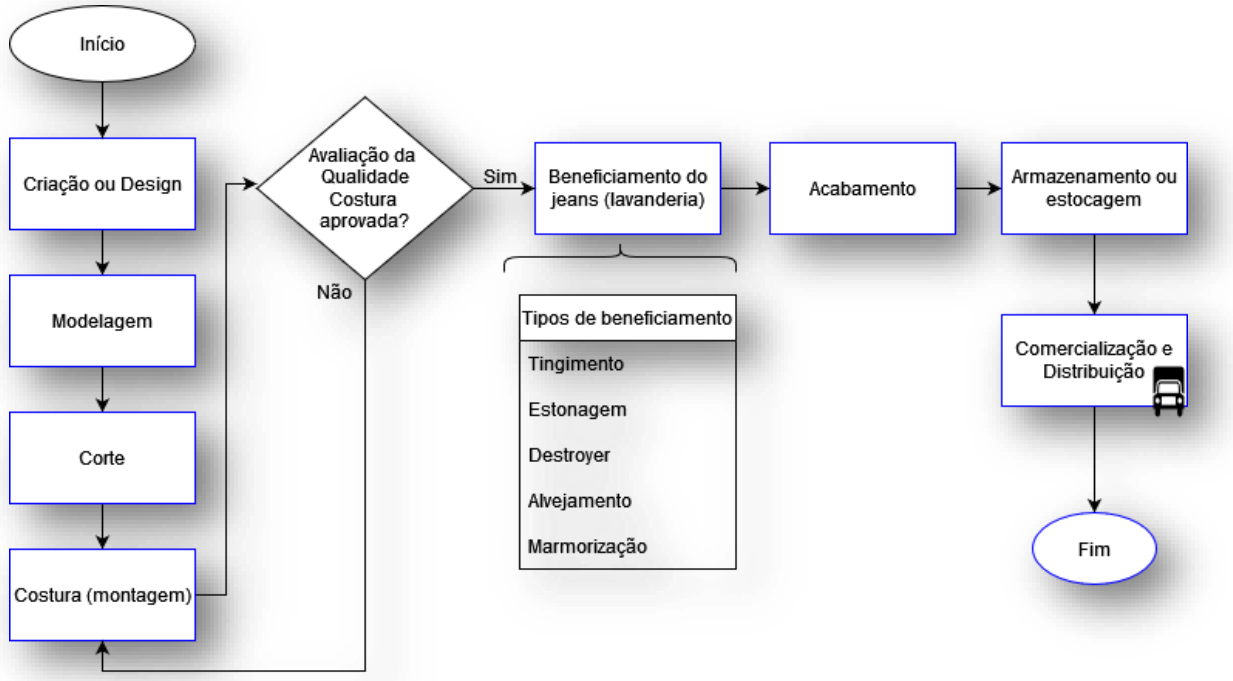
são encaminhadas para o setor de costura, fase também conhecida como montagem, onde os tecidos cortados são unidos para formar o produto final. Posteriormente, as peças prontas passam pelo setor de acabamento para adição de acessórios ou aviamentos, como botões e etiquetas.

Em seguida, seguem pelo setor de controle de qualidade, onde a avaliação da qualidade geral do produto é realizada antes de ser encaminhado para o estoque e venda, ou então retornar ao setor de costura para ajustes em caso de defeito de fabricação (Lidório, 2008). Os retalhos de tecido, restos de linhas e embalagens diversas são os resíduos sólidos mais comuns da confecção, sendo este o impacto ambiental mais evidente e problemático deste segmento (Bastian; Rocco, 2009).

No processo de confecção de uma peça jeans, após a costura, o jeans é encaminhado para a lavanderia, onde são realizados tratamentos especializados no tecido que proporcionam a tonalidade de cor e efeitos planejados pelo estilista antes de serem finalizados no setor de acabamento (Pereira, 2009). Alguns desses tratamentos são realizados através da aplicação de produtos químicos para desengomagem, tingimento, amaciamento, estonagem, alvejamento, marmorização, até mesmo combinando dois ou mais desses processos.

Além disso, alguns tipos de beneficiamento também podem ser feitos de forma mecânica ou manual, como o *destroyer* (Silva Filho *et al.*, 2021). É comum o uso de produtos como sabões ou detergentes, branqueadores ou alvejantes, acidulantes e amaciantes (Robert, 2021). Os principais impactos ambientais relacionados ao beneficiamento em lavanderia incluem as emissões provenientes dos usos das caldeiras e climatizadores internos, o alto consumo de energia e água, a geração de efluentes líquidos, resíduos sólidos como fibras, cinzas das caldeiras, restos de pedras expandidas e ruído das máquinas (Bastian; Rocco, 2009; Silva Filho *et al.*, 2021). A Figura 6 ilustra o fluxograma das principais etapas de confecção de um vestuário jeans.

Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo de confecção de uma peça jeans



Fonte: elaboração da autora.

Em estudos de ACV, é previsto que algumas fases do sistema de produção de vestuário sejam suprimidas, o que vai depender do objetivo e escopo do estudo (ABNT, 2009b). Alguns estudos optam por analisar o desempenho ambiental do vestuário considerando desde o cultivo da fibra têxtil até o descarte final do produto, ou seja, abrangendo todo o ciclo de vida do produto, conhecido como "do berço ao túmulo" (Barnes *et al.*, 2010; Baydar; Ciliz; Mammadov, 2015; Manda; Worrell; Patel, 2015; Rüzgar *et al.*, 2017).

Outros estudos já possuem um enfoque mais voltado para etapas específicas do sistema de produto, como o caso de Morita *et al.* (2020) e Bongiovanni e Tuninetti (2018), que estudaram o desempenho ambiental da calça jeans "do berço ao portão", ou seja, do cultivo do algodão até a confecção, de Muthukumarana *et al.* (2018), que priorizaram a análise do consumo de energia na produção de vestuário, de Bevilacqua *et al.* (2014), que avaliaram os impactos relacionados à lavagem e secagem na fiação.

Barnes *et al.* (2010) investigaram os impactos ambientais relacionados a uma camiseta de malha e uma calça por meio da ACV. O estudo abrangeu a produção do algodão, fiação, tecelagem, confecção, uso do vestuário pelo consumidor e descarte final. Além disso, o transporte entre as fases produtivas e a utilização das máquinas agrícolas no cultivo do algodão foram levados em consideração. Neste caso, os autores exploraram o consumo de combustível

em todas as operações de cultivo. Outras fases foram consideradas relevantes e foram avaliadas, como a pós-colheita e a fabricação de pesticidas e fertilizantes. O Quadro 1 resume as entradas no processo de ACV relacionadas ao cultivo e beneficiamento do algodão, exemplificando os tipos de entradas comuns em estudos de ACV de produtos têxteis.

Quadro 1 – Entradas do sistema de cultivo da fibra de algodão

Processo	Entradas incluídas
Transporte	Combustível usado para transportar algodão em caroço do campo para o descaroçador
Uso de combustível no campo	Todas as operações de campo tais como: plantio, cultivo, fertilização e aplicação de reguladores de cultivos e colheita
Produção da semente	Produção das sementes de plantio
Pós-colheita	Todas as operações de descaroçamento e materiais tais como: limpeza, descaroçamento, enfardamento, laços, bolsas etc.
Produção de pesticidas	Produção de pesticida incluindo impactos associados com as matérias-primas
Irrigação	Água usada para a irrigação assim como energia associada com sua aplicação e transporte
Fertilizante	Produção de fertilizante, incluindo impactos associados com as matérias-primas
Emissões do campo	Impactos associados com a perda estimada de fertilizantes e pesticidas no ar, água e solo fora da zona da raiz
Sistema de referência	Contas das emissões que poderia ocorrer no ambiente natural ainda que o algodão não fosse produzido
Rotação de cultivo	Principalmente associado ao crédito de fertilizantes não utilizados

Fonte: Barnes *et al*. (2010, p.8, tradução nossa).

Nos estudos de Rüzgar *et al.* (2017), os fluxos do inventário no estudo de ACV foram obtidos na literatura e são apresentados no fluxograma Figura 7, ilustrando os tipos de entradas e saídas na produção de vestuário de algodão desde o cultivo até a disposição final.

Figura 7 – Fluxo de Inventário do sistema de produção de vestuário em estudo de ACV

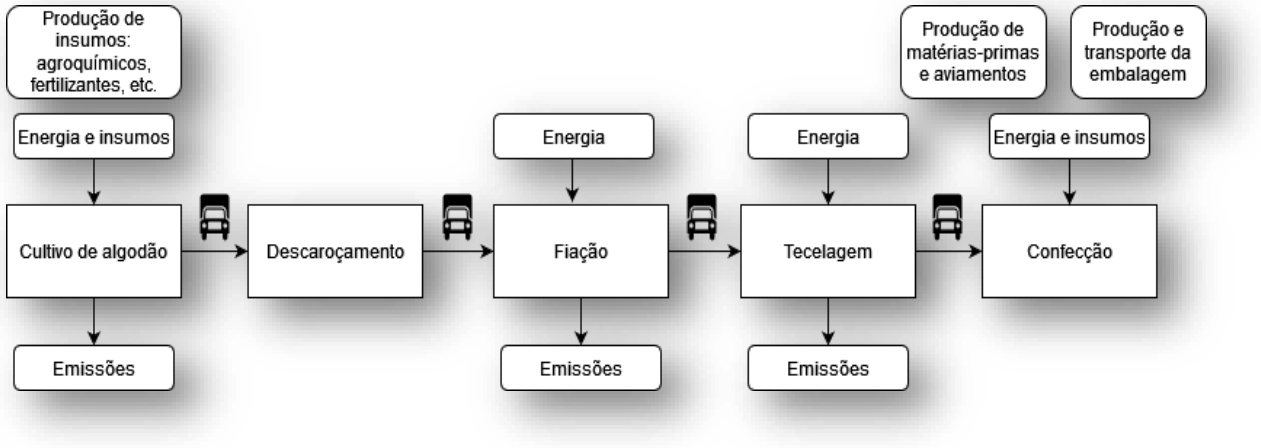


Fonte: Adaptado de Rüzgar *et al*. (2017).

No estudo de Bongiovanni e Tuninetti (2018), foram analisadas as fases de cultivo do algodão e seu descaroçamento, fiação, tecelagem e confecção, bem como a produção de insumos como agroquímicos e fertilizantes, e a produção de outras matérias-primas e aviamentos na fase de confecção, incluindo os transportes entre as fases.

O consumo de energia foi considerado como entradas, enquanto as emissões dos processos de fiação e tecelagem foram avaliadas como saídas. As fases bem como os fluxos de inventário desse estudo estão representadas na Figura 8 para fins de ilustração das fases e fluxos de um sistema de produção do berço ao portão.

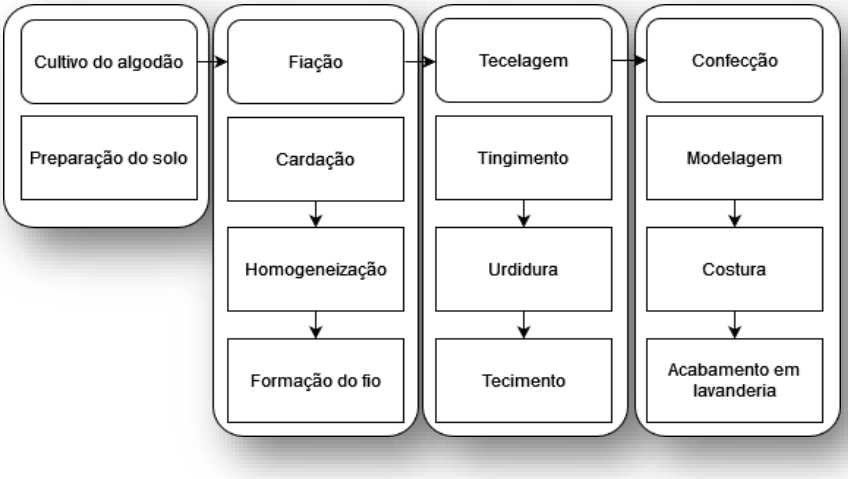
Figura 8 – Fluxo de inventário do cultivo do algodão a confecção



Fonte: Adaptado de Bongiovanni e Tuninetti (2018).

No estudo realizado por Morita *et al.* (2020), foram abordados alguns processos específicos de cada etapa da fabricação da calça jeans, conforme demonstrado na Figura 9, que atenderam ao escopo do estudo cujo enfoque estava na análise do desempenho energético.

Figura 9 - Processos do sistema de produção da calça jeans para análise de desempenho energético



Fonte: Adaptado de Morita *et al.* (2020).

Os pesquisadores analisaram do cultivo do algodão à confecção e acabamento, incluindo o uso de fertilizantes e calcário bem como a mecanização na produção do algodão, a cardação, homogeneização e formação de fios na fase de fiação e os tratamentos específicos como o tingimento, urdidura e tecimento, na fase de tecelagem. Na etapa de confecção, os processos de

modelagem, costura e acabamento foram considerados, assim como os procedimentos de beneficiamento da calça jeans em lavanderia, tais como o amolecimento, envelhecimento e desbotamento.

3.4 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO

A DAP é um tipo de rótulo normalizado no Brasil pela NBR ISO 14025 (2015), que oferece informações sobre os impactos ambientais potenciais de um produto em seu ciclo de vida. Conhecida também como rotulagem tipo III, ela é uma sequência da rotulagem tipo I, (selos ambientais) cujos parâmetros estão contemplados na NBR ISO 14024 (ABNT, 2004), e da rotulagem tipo II, conhecida como autodeclarações ambientais e normalizada pela NBR ISO 14021 (2017). No Brasil, a série NBR ISO 14020 (2002) aborda os princípios gerais que embasam a elaboração dos rótulos e das declarações ambientais. No Quadro 2, estão resumidos os tipos de rotulagens adotadas no Brasil e suas respectivas descrições.

Quadro 2 – Tipos de rotulagens normalizadas pela ABNT

Tipo de rotulagem	Termos	Norma	Descrição
Tipo I	Selos ambientais	NBR ISO 14024 (2004)	São rótulos voluntários e certificados por terceiros que informam aspectos ambientais de um produto com base em considerações do ciclo de vida.
Tipo II	Autodeclarações ambientais	NBR ISO 14021 (2017)	São rótulos voluntários que não possuem a necessidade de certificação, embora os dados devam ser válidos e verificáveis, que informam aspectos ambientais de um produto de forma textual, simbólica ou gráfica.
Tipo III	Declarações Ambientais de Produto	NBR ISO 14025 (2015)	São rótulos voluntários, verificados por terceira parte, que apresentam informações ambientais quantificadas baseadas na Avaliação do Ciclo de Vida do produto.

Fonte: elaboração da autora.

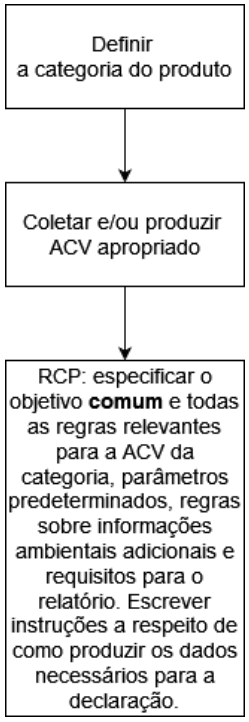
As normas supracitadas possuem em comum a condição voluntária de adoção dos rótulos pelas empresas, sendo a DAP distinta das demais porque reúne informações mais detalhadas dentro de um sistema de produto, com dados quantitativos provenientes da ACV e reivindica a verificação formal de conteúdo (ABNT, 2015). Por isso, esse tipo de rótulo é adequado para uso em comunicações de informações ambientais para ações estratégicas de marketing e nas relações *business-to-business* (B2B) e *business-to-consumer* (B2C) (ABNT, 2015).

A NBR ISO 14025 (2015) e 14027 (2019) estabelecem as Regras de Categorias de Produtos (RCP), que se baseiam em estudos de ACV e fornecem dados complementares para a DAP. As RCP são um conjunto de regras, requisitos e diretrizes para o desenvolvimento de

DAPs e de comunicações de pegada para uma ou mais categorias de produto (ABNT, 2019). As RCP definem critérios para que produtos similares possam ser comparados por compradores e consumidores em relação ao seu desempenho ambiental sendo, assim, úteis na comunicação externa de resultados ambientais e em decisões de compra (DEL BORGHI, 2013).

Conforme a ABNT (2019), um dos objetivos das RCPs é criar DAPs ou comunicações de pegada com informações confiáveis, permitindo que profissionais de diferentes áreas comparem produtos. Os princípios que asseguram a consistência dos dados de uma RCP são classificados conforme sua comparabilidade e envolvimento das partes interessadas, além da aquisição de fontes de informação baseada na ACV, que por sua vez, devem atender aos requisitos normativos. Na Figura 10, as etapas de preparação de um documento de RCP estão apresentadas (ABNT, 2015, p.10):

Figura 10 - Etapas de preparação de um documento de RCP



Fonte: ABNT (2015, p.10).

Quanto ao seu conteúdo, as seguintes informações devem ser contempladas no RCP: identificação e descrição da organização que elaborou a declaração, descrição e identificação do produto, identificação e dados do operador de programa, identificação da RCP, data de publicação e prazo de validade, dados da ACV, ICV ou módulos de informações, informações ambientais adicionais e fases não consideradas na declaração, conteúdo de materiais e substâncias do produto da declaração, assertiva de que declarações ambientais de operadores

diferentes não são comparáveis e localização do material explicativo para acesso (ABNT, 2015).

A DAP é elaborada para suprir às variadas demandas dos usuários, bem como dos consumidores individuais. Portanto, é esperado que a DAP seja um recurso objetivo e claro e ofereça informações técnicas compreensíveis, comparáveis e confiáveis de produto, possibilitando a verificação e utilização dos dados (ABNT, 2015). Quanto aos seus usos práticos, ela pode ser empregada na comparação entre produtos, ainda em fase de projeto, e na definição de matérias-primas (Jafari *et al.*, 2023). A versatilidade da DAP permite sua integração com outros sistemas de gestão ambiental que consideram o ciclo de vida do produto (Crippa; Scheer; Ugaya, 2020) e é um instrumento de comunicação ambiental (Galindro; Fries; Soares, 2018). Adicionalmente, as informações provenientes da DAP podem ser empregadas para comparar e aprimorar os produtos internos da empresa (*benchmarks*), bem como promover otimizações ecológicas, conforme demonstrado nas pesquisas de Brinkmann e Metzger (2019).

Strazza *et al.* (2016) entendem que a DAP é um recurso que vai além de seu uso como ferramenta para as organizações, mas podem ser empregadas por cientistas no desenvolvimento de estudos de ACV. Em seus estudos, dados específicos da DAP foram recuperados para elaboração de modelagem de ACV, mostrando-se tão eficaz e consistente quando comparadas com as fontes de dados secundários da literatura. Segundo eles, dados da DAP oferecem melhor qualidade dos dados, principalmente, quando provenientes diretamente dos produtores envolvidos no ciclo de vida do produto específico.

De acordo com os estudos de Burke, Parrish e Asmar (2018), a DAP confere valor aos processos de desenvolvimento de projetos, especialmente durante a fase de inicial e na seleção de matéria-prima, e é amplamente reconhecida por profissionais que a empregam para promover a sustentabilidade de seus produtos. O valor acrescido pelo uso da DAP está diretamente ligado à consistência e transparência das verificações por terceiros e, devido a essa reputação, mercados com um potencial expressivo para sua utilização demonstram a necessidade de obter mais DAPs para produtos, além dos já existentes. Isso evidencia uma demanda crescente em mercados que incorporam a DAP em seus projetos de produto (Burke; Parrish; Asmar, 2018).

A aplicação da DAP pode ser uma estratégia valiosa para complementar outras abordagens de gestão ambiental, oferecendo dados verificados por terceiros, sem conflitos de interesse, que asseguram a confiabilidade do rótulo. Embora seus atributos sejam evidenciados em experiências práticas, é importante considerar o nível de confiabilidade da DAP, a ser

tratado na seção 2.6 deste trabalho. A próxima seção seguirá explorando sobre a DAP, desta vez com foco no cenário brasileiro.

3.5 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO NO CENÁRIO BRASILEIRO

A evolução de estudos e aplicações de rótulos no contexto brasileiro é incipiente se comparada à realidade de países da União Europeia e América do Norte (Dórea; Almeida; Rodrigues, 2018). É possível que isso se deva à necessidade de maior engajamento das entidades públicas na formulação de políticas que promovam maior adesão das empresas às práticas de sustentabilidade ambiental (Arvizu-Piña; Cuchí-Burgos, 2017; Rocha; Caldeira-Pires, 2019; Young, 2007) e disseminação dos programas brasileiros de rotulagem, confirmados pela pouca divulgação, e maior conscientização por parte dos consumidores (Gomes; Casagrande Júnior, 2016, 2018).

De acordo com pesquisas realizadas por acadêmicos brasileiros, pode-se observar que a DAP possui um grande potencial a ser amplamente explorado. Nos estudos de Timm e Passuello (2021), os dados da DAP foram usados em um sistema criado para comparar produtos do setor da construção civil, subsidiando o processo de compras públicas verdes (*Green public procurement*, GPP). Este estudo aborda a confiabilidade dos dados da DAP, uma vez que é assegurada pela verificação independente, e contempla a abordagem da ACV em aquisições de produtos. A contratação pública verde, explorada nos estudos de Timm, Maciel e Passuello (2021), pode ser usada como um instrumento de referência para tomada de decisões ainda em fase inicial de construção de edifícios com base em dados da ACV e no desempenho ambiental dos materiais declarados na DAP.

Rocha e Caldeira-Pires (2019), a partir da análise SWOT, constataram que a DAP possui forte potencial de promoção no Brasil sob a perspectiva das partes interessadas, pois apresenta grandes oportunidades e vantagens se aplicadas aos produtos brasileiros como, por exemplo, a internacionalização e o aumento de credibilidade. Entretanto, os autores destacaram que é possível que as partes interessadas devam superar alguns desafios e ameaças que estão associados aos poucos dados nacionais para formulação da DAP, profissionais habilitados e seu alto custo de elaboração, tornando-se inacessível a pequenas e médias empresas, que são a maioria das indústrias de confecção no país. O resultado de sua pesquisa demonstrou que o Brasil já possui uma estrutura básica para estimular a promoção da DAP embora pouco estímulo tenha sido dado para sua adoção pelas empresas.

Hoe e Pires (2017) entenderam que a aplicabilidade da DAP no Brasil depende de variáveis como, por exemplo, a adequação da RCP para produtos nacionais e maior interesse

do público empresarial, que não possui familiaridade com o rótulo. Segundo os autores, existe a necessidade de consolidação de alguns recursos fundamentais para elaboração da ACV e DAP como a criação e incremento de bancos de dados nacional. Além disso, o país carece de profissionais mais qualificados em ACV e DAP. Nesse estudo, é mencionado o Programa Voluntário de Rotulagem Ambiental Tipo III – Declaração Ambiental de Produto do INMETRO, considerado uma política de incentivo para a DAP no cenário brasileiro, que precisa de avanços na estruturação do operador de programa, no sistema de registro de DAPs e na iniciativa de empresas para elaboração de RCPs.

Galindro, Fries e Soares (2018) estudaram a possibilidade de simplificação na comunicação da DAP por meio da redução de variáveis ambientais apresentadas. Para os autores, proporcionar uma leitura acessível da ACV e DAP ao público não especializado pode favorecer a aplicação e a disseminação desses recursos. A adoção de rótulos, como instrumento de comunicação ambiental, contribui para gerar competitividade e permitir que produtos nacionais possam ter acesso a mercados mais exigentes com questões ambientais (JULIANI; RODRIGUES, 2018). Kiss *et al.* (2018) revelaram que existe um crescente e potencial interesse das empresas brasileiras em adotar selos de sustentabilidade que utilizam dados da ACV e da DAP como fonte de dados ambientais aos seus produtos.

Moré, Galindro e Soares (2020) constataram que a situação das DAPs no Brasil é favorável em comparação a outros países da América Latina tais como a Argentina, Chile, Colômbia e México. O Brasil se destaca por possuir maior quantidade de rótulos em bancos de dados de operadores de programas, indicando uma maior adesão das empresas brasileiras à DAP. Os autores entendem que esse resultado expressa a resposta das empresas nacionais em cumprir as exigências do mercado internacional uma vez que o Brasil está entre os países com crescente desempenho em suas exportações.

Os estudos de Crippa, Scheer e Ugaya (2020) propõem um método para automatizar a inserção de dados provenientes de DAPs em um modelo BIM (*Building information modeling* ou Modelagem da Informação da Construção, em português), sendo possível, assim, obter um processo automatizado para a ACV de edificações. O propósito desse método é dispor de dados que estimem os impactos ambientais de forma mais célere e auxiliem o processo de tomada de decisões a respeito de produtos ainda na fase de concepção de projeto. A comparação entre DAP tem servido de balizador para realizar a análise de desempenho ambiental de produtos, favorecendo a discussão de estratégias para os produtos brasileiros (BARROS *et al.*, 2022).

Brito e Silva (2023) realizaram uma análise da literatura acadêmica relacionada ao desenvolvimento e implementação da DAP no Brasil. O propósito foi avaliar o foco desses

estudos, em especial, as ações das partes interessadas e as condições necessárias para promover a adoção da DAP no país. A revisão demonstrou que há uma quantidade limitada de pesquisas sobre a DAP no cenário brasileiro, com apenas vinte trabalhos identificados nos últimos 8 anos. Apesar da escassez, há consistência nas publicações em anais de eventos, periódicos e teses acadêmicas, indicando uma tendência de crescimento na produção científica sobre a DAP.

A análise dos dados revelou que a quantidade de produção acadêmica não é suficiente para mensurar adequadamente a eficácia da implementação da DAP nas empresas brasileiras. E, devido à falta de experiência brasileira, esse tipo de rótulo não é mais difundido, reconhecido ou empregado. Os estudos revisados reforçam a importância da DAP como uma ferramenta valiosa para a gestão ambiental, destacando sua consistência, confiabilidade e integridade dos dados. Além disso, foi observado que o Brasil possui as condições normativas, legais e estruturais necessárias para a adoção da DAP.

Observa-se um crescimento no emprego de informações sobre o desempenho ambiental provenientes de DAPs no cenário brasileiro, visando as comparações entre produtos e apoio nas decisões estratégicas e políticas de empresas, tanto públicas quanto privadas.

3.6 CONFIABILIDADE DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO

As informações relevantes e técnicas baseadas em cálculos presentes na DAP evidenciam sua utilidade como recurso valioso para a implementação de ações de gestão ambiental, abrangendo desde aplicações mais específicas a mais amplas. A discussão sobre a confiabilidade desse tipo de rótulo emergiu recentemente, considerando sua importância em aplicações de gestão ambiental.

A aplicação da DAP em conjunto com outras estratégias de gestão ambiental ou na análise de seus dados revelou certas limitações que poderiam comprometer a confiabilidade desse tipo de rótulo e, por conseguinte, sua eficácia. Por esse motivo, alguns autores têm direcionado seus esforços em analisar as condições que necessitam de correção ou ajustes, a fim de assegurar a precisão dos dados e das informações contidas na DAP e alcançar um nível satisfatório de confiança.

Entre as questões observadas, destacam-se as inconsistências ou erros nos dados da DAP, assim como informações omitidas e não justificadas, em desacordo com as diretrizes normativas (Anderson; Moncaster, 2020; Del Rosário; Palumba; Traverso, 2021), o que compromete a integridade e o cumprimento dos requisitos necessários para a comparação entre produtos (Moré, 2021; Moré; Galindro; Soares, 2022; Gelowitz; McArthur, 2017, 2018).

A falta de harmonização nas RCPs e a falta de transparência em sua elaboração foram identificadas como aspectos críticos que prejudicam a confiabilidade do conteúdo da DAP (Gelowitz; McArthur, 2017, 2018; Hunsager; Bach; Breuer, 2014; Moré; Galindro; Soares, 2022; Ingwersen; Subramanian, 2014). As DAPs não podem ser comparáveis a não ser que seus estudos tenham sido elaborados sob as mesmas regras.

Logo, as RCPs precisam estar alinhadas, com harmonizações básicas em relação à classificação do produto, requisitos de dados e escopo geográfico, conforme esclarecem Ingwersen e Stevenson (2012). Ainda segundo os autores, os operadores de programa, responsáveis por conduzir a elaboração e acompanhamento do rótulo, podem trabalhar cooperativamente para harmonizar e estabelecer acordos de reconhecimento mútuo. Contudo, nem sempre essa cooperação ocorre visto que o padrão ISO tem favorecido o surgimento de diversos operadores de programas em diversos países, cada qual com seus próprios RCPs, o que dificulta a harmonização.

Gelowitz e McArthur (2017) examinaram DAPs e suas respectivas RCPs, encontrando problemas como informações incompletas sobre as definições de limites do sistema e dados do fator de impacto ambiental e omissão sobre o uso de dados primários para os processos principais. 82,5% das DAPs descumpriram as exigências da ISO 14025 (2006), deixando de informar pelo menos uma ou mais dados, principalmente, os elementos gerais previstos na norma.

Na comparação entre DAPs, foi observado que cada uma apresentou diferentes conjuntos de limites do sistema, sem uma padronização, incluindo na forma de apresentação de impactos ambientais. Foi também identificado regras de corte contraditórias ou não aplicadas, desviando do recomendado pela própria RCP. Algumas categorias de impacto, como a formação de ozônio troposférico, resíduos perigosos e não perigosos, a utilização de recursos renováveis e não renováveis, assim como o uso de energia renovável e não renovável, não foram declaradas. Por fim, em algumas DAPs, não foi atendida a assertiva obrigatória de garantir a comparabilidade.

Como mencionam Jafari *et al.* (2023), a qualidade da DAP está intrinsecamente relacionada à qualidade da RCP. Com isso, os autores propõem soluções com o intuito de aperfeiçoar as RCPs e, consequentemente, promover DAPs mais coesas. Isso inclui a sugestão de incorporação de métricas de desempenho ao documento de RCP, o que proporciona informações mais detalhadas sobre o produto. Essa abordagem facilita a identificação de produtos funcionalmente equivalentes, favorecendo a comparabilidade. Os autores também sugerem uma RCP prescritiva específica em que todas as regras relevantes são descritas com

precisão e clareza suficientes de forma que os resultados declarados na DAP reflitam diferenças de produção do produto em vez de inconsistências na análise.

Conforme Hunsager, Bach e Breuer (2014), a credibilidade da DAP é o valor de referência para conferir parâmetros justos e dados corretos declarados aos consumidores e compradores, que deve ser assegurada por formuladores de políticas e operadores de programas. Dessa forma, a verificação imparcial do conteúdo da DAP por terceiros e a inclusão das partes interessadas no processo de elaboração da RCP ajudam na transparência e confiança. Embora, como ressaltado pelos autores, alguns contextos requerem um estímulo maior quanto ao envolvimento da sociedade civil nesse processo.

Minkov *et al.* (2015) revisaram os diferentes esquemas de DAP e operadores de programas existentes, analisando sua conformidade com a ISO 14025 (2006), considerando as diretrizes de desenvolvimento das Instruções Gerais do Programa e os requisitos para elaboração do RCP. Os problemas identificados foram operadores fora de atividade, outros que não estavam em conformidade com a norma, indisponibilidade de informações e/ou falta de transparência nas informações divulgadas. Subramanian *et al.* (2012) e Gelowitz e McArthur (2017) destacaram a importância da regulamentação para a atuação dos operadores de programas que elaboram RCPs, levando em consideração as demandas e especificidades das empresas contratantes cujos propósitos se diferenciam.

Del Borgui (2013) afirma que a DAP tem se tornado uma ferramenta cada vez mais utilizada para comunicar informações confiáveis sobre o desempenho ambiental dos produtos, mas a padronização dos programas ainda é uma questão a ser gerenciada. Destaca a autora que diferentes esquemas para produção de DAPs podem impactar negativamente as práticas comerciais, sendo fundamental a harmonização entre os operadores de programa e nas metodologias de ACV, com reconhecimento mútuo entre as empresas.

Gelowitz e McArthur (2017, 2018) afirmam que para compreender a necessidade de usar a DAP como referência para decisões de compras, melhorias ou adaptações em processos produtivos é importante que seus dados possam ser transparentes, fáceis de interpretar e, principalmente, confiáveis.

Moré, Galindro e Soares (2022) realizaram estudos sobre comparabilidade entre as DAPs e concluíram que, em uma amostra de 436 DAPs distribuídas em quatro categorias de produto, apenas 5,04% apresentaram todas as informações obrigatórias exigidas para esse tipo de rótulo. Quanto à comparabilidade, 2,75% foram classificadas como comparáveis, no entanto, com alguma ressalva e 0,04% foram classificadas como totalmente comparáveis. A maioria das DAPs foi avaliada como não comparável por não atender aos critérios de comparabilidade

estabelecidos na norma. Esses resultados enfatizam a importância da confiabilidade da DAP como fonte de informações ambientais de produtos.

Fantin *et al.* (2012) conduziram uma análise comparativa entre DAPs e observaram a necessidade de um documento mais detalhado de RCP para conferir maior credibilidade à comparação. Seus resultados revelam a impossibilidade de estabelecer uma comparação entre DAPs devido às regras estabelecidas no RCP, as quais permitem maior flexibilidade na elaboração das modelagens de ACV, resultando em diferentes esquemas de DAP.

Quanto à ACV, é considerado um método objetivo e consistente para medir o desempenho ambiental e para mitigar os impactos ambientais (Biswas *et al.*, 2017), além de que seus dados servem de referência para modelagem de produção (Cerutti *et al.*, 2014) ou aperfeiçoamento de outros modelos de avaliação de desempenho ambiental (Kjaer *et al.*, 2018). Portanto, é uma ferramenta que requer cuidado na sua execução para que a consistência de seus dados possa assegurar a composição confiável do conteúdo da DAP.

Luo *et al.* (2021) pesquisaram métodos que subsidiam avaliações de sustentabilidade ambiental, entre elas, a ACV, tomando como referência o cenário da produção têxtil e de confecção. Segundo os pesquisadores, há um desafio de se obter dados confiáveis para avaliar a sustentabilidade ambiental no setor, que produz grande volume de dados e possui sistemas produtivos longos e não padronizados. Quando banco de dados são utilizados, as fontes são principalmente de países europeus, contrastando com as produções de maior parte da fabricação têxtil e de confecção, que são em países em desenvolvimento, o que pode não conferir uma representatividade completa e fidedigna da realidade. Outras fontes de dados são as publicações científicas que possuem limitações pois apresentam produtos avaliados na sua forma simplificada. Desse modo, a consistência dos dados torna-se prejudicada e impõe um desafio que está longe de ser satisfatório para estabelecer um sistema de avaliação confiável.

Os critérios adotados para elaboração de ACVs podem resultar em DAPs inconsistentes que dificultam comparações. Yan, Humphreys e Holden (2011) revisaram estudos de ACV e analisaram a possibilidade de comparação entre eles. Eles identificaram aspectos como unidade funcional, limites do sistema, regras de alocação e outras suposições que conferem incertezas às comparações. De acordo com os autores, questões técnicas, escolhas arbitrárias e suposições discrepantes podem tornar as ACVs incompatíveis. Assim, deve-se garantir adequações normativas, maior descrição e clareza de informações com decisões que facilitem comparações futuras, precisão nos dados, amplitude de informações de impacto ambiental e uso de técnicas para avaliar a sensibilidade às escolhas de métodos e às incertezas.

De acordo com Sevigné-Itoiz *et al.* (2021, p. 2, tradução nossa), a ACV tem sido considerada um recurso que apresenta algumas limitações como: “modelização complexa, definição de limites pouco claros ou inconsistentes, horizontes de tempo curto durante os quais os resultados são considerados válidos, orçamento, disponibilidade de dados, tendências políticas, investigação, falta de soluções bem estabelecidas. modelos de impacto e aplicação seletiva ou parcial da metodologia ACV”.

Lasvaux *et al.* (2014) defendem uma abordagem de ACV mais objetiva e simplificada, alcançada pela redução de dados de Inventário do Ciclo de Vida (ICV). Os autores demonstram que dar maior enfoque em fluxos mais relevantes dos ICV não compromete os resultados da AICV (Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida) e, adicionalmente, torna a avaliação mais prática, com ganhos em termos de custo e tempo de elaboração das DAP. Entretanto, é fundamental manter a uniformização na terminologia e sistemática de aplicação das simplificações das ACV para não comprometer a confiabilidade das análises (Gradin; Björklund, 2021; Hung; Ellingsen; Majeau-Bettez, 2020).

É importante ressaltar que a abordagem *simplificada*, que está cada vez mais sendo discutida no meio científico, pode ter impactos negativos para os estudos de ACV, comprometendo sua completeza e qualidade. Gradin e Björklund (2021) abordam que as simplificações de ACV cujo escopo é mais estreito, abrangendo menos processos e/ou categorias de impacto, são frequentemente motivadas pela escassez de dados disponíveis. Essas simplificações concentram-se, principalmente, na etapa de ICV e visam minimizar o esforço necessário para realizar uma análise detalhada, sendo as questões de tempo, custo e recursos fatores considerados nesse contexto.

Nesta seção, foram destacadas as características e os requisitos mínimos obrigatórios, que devem necessariamente compor a DAP de forma a atender suas funcionalidades e assegurar um nível de qualidade conforme previsto nas normas. Algumas características enfatizadas na literatura tornaram-se critérios essenciais, nesta tese, para conferir à DAP a qualidade de confiável ou consistente. Na próxima seção, esses critérios são conceituados, apresentados e fundamentados.

3.7 CRITÉRIOS DE CONFIABILIDADE DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO

O cumprimento de normas técnicas é frequentemente mencionado na literatura como um aspecto crítico que pode afetar diretamente a credibilidade de um rótulo ambiental. Assim sendo, a DAP, vista como uma fonte confiável de dados por alguns autores, é abordada com

algumas ressalvas em relação à sua consistência, especialmente, no que diz respeito ao atendimento dos requisitos normativos quando esses são negligenciados (Anderson; Moncaster, 2020; Gelowitz; McArthur, 2017; Ingwersen; Stevenson, 2012; Moré; Galindro; Soares, 2022; Rasmussen *et al.*, 2021).

A série NBR ISO 14040 e a NBR ISO 14025 (2015) apresentam os requisitos para a elaboração de um rótulo do tipo III que atenda às suas funções esperadas, com qualidade técnica verificável e reproduzível. Comitês de especialistas são formados para debater e validar as condições de padronização, tornando-se um processo que deve assegurar ao usuário da norma que o rótulo elaborado a partir dos requisitos ali estabelecidos é compreensível (ABNT, 2019).

A NBR ISO 14025 lista as informações necessárias que devem compor o conteúdo de uma DAP e estabelece que seu conteúdo deva ser relatado em unidades de medidas apropriadas e consistentes condizentes com o prescrito pela RCP. Assim, dados qualitativos, métodos e sistemas devem ser identificados e comparáveis tornando a DAP adequada para uso (ABNT, 2015).

Não conformidade com as normas abrange o uso de termos diferentes, não observância de informações obrigatórias nas Instruções Geral de Programa e RCPs, além de não publicação ou disponibilidade pública desses documentos, insuficiência de informações e linguagem local (não inglês), dificultando a leitura (MINKOV *et al.*, 2015). Não conformidade de RCPs com relação à ISO 14025 são normalmente vistas como uma lacuna que compromete a consistência global de reivindicações baseadas em ACV (Ingwersen; Subramanian, 2014; Minkov *et al.*, 2015).

Quando as normas técnicas não são seguidas, a legitimidade de documentos como RCP ou resultados de estudos de ACV é comprometida, impactando o conteúdo da DAP. A pesquisa de Gelowitz e McArthur (2017) auxilia na avaliação da comparabilidade das DAPs e na identificação de questões essenciais para alinhar DAPs e RCPs. A falta de conformidade com as normas técnicas e a incompatibilidade entre DAP e RCP foram destacadas como preocupantes pelos autores pois resultaram em danos à qualidade e à validade desses documentos.

Com o exposto, o cumprimento das normas técnicas representa um fator crítico a ser considerado na análise de confiabilidade de uma DAP. Nesse sentido, a **credibilidade normativa** foi estabelecida como critério para verificar a confiabilidade de uma DAP, sendo definida como a característica que indica o grau de atendimento aos requisitos obrigatórios estabelecidos pelas normas vigentes na DAP. Esse critério avalia se todos os requisitos da NBR ISO 14025 (2015) foram cumpridos na DAP. Convém ressaltar que o cumprimento de

requisitos para fins de comparabilidade de uma DAP deve obedecer às regras de uma RCP válida. Assim sendo, a credibilidade normativa deve considerar as informações deste documento conferindo maior fidedignidade da DAP quanto às normas técnicas.

Nos estudos sobre DAP, RCP e ACV, é comum ressaltar a importância da transparência que, conforme a NBR ISO 14025 (2015), tem relação com a apresentação e disponibilidade de informações relacionadas à DAP e RCP. Conforme a referida norma, para assegurar a compreensão e a correta interpretação da DAP, informações sobre instruções gerais dos operadores de programa, RCPs e sua respectiva lista de documentos bem como materiais explicativos devem estar claramente indicados na DAP e disponíveis para acesso pelos usuários.

Conforme Gruère (2013), a disponibilidade de informação é um indicador de confiança, que combinada com a auditoria por parte de terceiros, é um meio de garantir a credibilidade de declarações ambientais. O autor ressalta a importância da monitorização dos dados e sua transparência como critérios que validam as reivindicações ambientais.

Espera-se que a DAP forneça detalhes que assegurem maior clareza nas informações declaradas, desde que respeitadas as questões relacionadas à proteção do segredo comercial previstas na norma (Gelowitz; McArthur, 2017). Nos estudos de Skaar e Fet (2012), a transparência de uma DAP pode ser vista como um indicativo de maior responsabilidade corporativa uma vez que possibilita a descrição detalhada das práticas de gestão ambiental da empresa ou outras atividades relativas ao meio ambiente, evidenciando a flexibilidade da DAP em comunicar tais iniciativas. Com base nos autores, a DAP pode ser um instrumento de apoio na elaboração de outros relatórios que demonstram o engajamento corporativo em ações de sustentabilidade ambiental.

A NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a, p.2) define transparência como “apresentação de informações de forma aberta, abrangente e compreensível”, princípio que deve nortear o desenvolvimento de estudos de ACV, dada sua complexidade, e tornar possível sua adequada interpretação. A norma ressalta a transparência como um fator crítico para esclarecer subjetividades inerentes às decisões sobre a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV). Courtat *et al.* (2023) ressaltam que a transparência desempenha um papel central ao fornecer informações relevantes que são favoráveis para a construção da confiança dos consumidores em relação aos rótulos ambientais.

As diretrizes ambientais da United Nations Environment Programm (2017) estabelecem a clareza, a transparência e a acessibilidade como princípios fundamentais em reivindicações ambientais. Esses princípios consistem na apresentação de informações não ambíguas ou vagas,

que devem ser compartilhadas de maneira acessível e compreensível aos usuários, abordando o desempenho e os impactos ambientais do produto.

A transparência é recomendada nos procedimentos, sob a responsabilidade do operador de programa, a respeito da condução de revisões de RCP e verificações de DAP, ACV, Inventários do Ciclo de Vida (ICV), módulos de informações e informações ambientais adicionais, bem como na gestão das contribuições das partes interessadas no processo de elaboração de RCPs. Regras mais detalhadas e transparência das mesmas na DAP são indicativos de consistência (Anderson; Moncaster, 2020).

O cumprimento de requisitos técnicos e de informação para atender à comparabilidade entre DAPs é fundamentalmente associado à transparência (ABNT, 2015). Como explorado nos estudos de Hunsager, Bach e Breuer (2014), procedimentos transparentes com maior envolvimento das partes interessadas no desenvolvimento da RCP e na verificação da DAP contribuem para garantir credibilidade à DAP. Estratégias visando reduzir custos no processo de elaboração de RCPs e regras de verificação frouxas podem prejudicar essa credibilidade. Nos estudos de Gruère (2013), as empresas que apoiam e se envolvem com a promoção de rótulos e declarações ambientais reconhecem a necessidade de aderir a princípios gerais de transparência.

A flexibilidade é tão importante quanto a transparência, sendo ambas fortemente interligadas como aspectos-chave para proporcionar uma compreensão mais robusta e conferir confiança à DAP. A NBR ISO 14025 (2015) torna possível a flexibilidade em situações específicas relacionadas à condução de elaboração da DAP como a possibilidade de omitir informações, desde que devidamente mencionadas e justificadas, e adotar métodos alternativos que cubram estudos do ciclo de vida do produto, quando a ACV não for empregada. O detalhamento de conteúdo é recomendado, porém, é possível suprimir informações relevantes com as devidas ressalvas (ABNT, 2015).

A flexibilidade é um fator importante nas normas, mas que não deve comprometer a transparência. As normas ABNT (2009a) e ABNT (2009b) enfatizam a flexibilidade na condução de estudos de ACV, levando em conta as condições e particularidades de cada organização, desde que resguardadas as orientações normativas. No entanto, muita flexibilidade pode resultar em prejuízos na composição de DAPs, inviabilizando a comparabilidade, como apresentado nos estudos de Fantin *et al.* (2012), cuja RCP apresentou-se deficiente com falta de instruções mais detalhadas.

Semelhantemente, a pesquisa de Moré, Galindro e Soares (2022) mostrou que as DAPs não eram adequadas para comparação devido à flexibilidade proporcionada pelo RCP em

relação a questões como unidades funcionais/declaradas, métodos de alocação e critérios de exclusão, resultando a uma baixa possibilidade de comparação. Courtat *et al.* (2023) destacam que a flexibilidade prevista nos padrões reforça o desafio de reproduzir os estudos para fins de comparabilidade.

Com isso, parâmetros justos e corretos dependem do maior nível de detalhamento de informações no desenvolvimento de RCPs e DAPs. Neste trabalho, o conceito de **credibilidade técnica** foi construído e consiste no critério que qualifica o nível de transparência e flexibilidade da DAP quanto à disponibilidade de informações sobre o processo de elaboração do rótulo, informação de produto, informações ambientais adicionais, informações adicionais sobre a condução de processos de desenvolvimento da RCP, DAP e ACV.

A credibilidade técnica foi considerada um critério que permite avaliar a confiabilidade da DAP. Neste critério, as informações extras inseridas na DAP que ampliam os requisitos obrigatórios estabelecidos pela norma NBR ISO 14025 (2015) e de uma RCP válida podem indicar maior transparência e flexibilidade no processo.

De acordo com a NBR ISO 14025 (ABNT, 2015), a DAP deve incorporar dados relevantes dos estudos de ACV sobre os quais é possível realizar comparações e tomar decisões. Os estudos de ACV podem englobar atributos ou aspectos do ambiente natural, da saúde humana e dos recursos em todas as fases do ciclo de vida do produto (ABNT, 2009a). Entretanto, é comum encontrar DAPs com dados de ACV referente a um recorte do sistema de produção do produto, excluindo fases que indicam impactos ambientais relevantes. A abrangência determinada no escopo de estudo de ACV pode variar conforme os objetivos de cada organização que o realiza (ABNT, 2009b).

Estudos mostram que a abrangência é um aspecto crucial que deve ser considerado para que a DAP tenha um aproveitamento melhor, garantindo a consistência de dados. Del Rosario, Palumbo e Traverso (2021) recomendam que as DAPs considerem cenários adequados e abrangentes como fases do ciclo de vida além da fase do produto, especialmente, quando as mesmas são utilizadas como fonte de dados para realização de estudos de ACV. Conforme as autoras, uma limitação na abrangência das fases no ciclo de vida torna a DAP restrita para ser usada como fonte confiável de dados. Soust-Verdaguer *et al.* (2023) recomendam DAPs que abranjam todo o ciclo de vida do produto para subsidiar ACVs com dados relevantes, viabilizando a comparabilidade.

A abrangência é evidenciada quando se utilizam dados de estudos de ACV em afirmações comparativas, como previsto nas normas NBR ISO 14044 (2009) e NBR ISO 14044 (2009). Quando se planeja utilizar o estudo de ACV em afirmações comparativas para

divulgação pública, a exigência por dados é maior, requerendo o atendimento completo dos requisitos de qualidade de dados, incluindo a incorporação mais ampla de indicadores de categorias em Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) e a realização de análises críticas.

Os critérios de corte representam um papel fundamental que colaboram para delimitar os estudos de ACV, excluindo estágios do ciclo de vida, atividades, processos, materiais e fluxos elementares, conforme especificado nas normas. No entanto, esses cortes não devem ser excessivos para que não comprometam os resultados de impactos ambientais, o que limitaria a comparabilidade (ABNT, 2009b; Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), 2014).

Recomenda-se uma abordagem sistemática na determinação dos cortes para evitar que partes relevantes sejam inadequadamente excluídas. Por exemplo, a seleção das categorias de impactos deve ser abrangente, englobando todas as questões ambientais relevantes relacionadas ao sistema de produto em análise. Entretanto, é importante reconhecer que as restrições definidas pelo objetivo e escopo do estudo podem resultar em interpretações restritas dos resultados. Isso, por sua vez, pode culminar em conclusões e recomendações igualmente limitadas (IBICT, 2014).

Quando RCPs adotam regras flexíveis na definição das fases a serem consideradas em um estudo de ACV, isso resulta em disparidades na comparabilidade, já que as fases do ciclo de vida declaradas na DAP podem apresentar-se diferentes (Diekel *et al.*, 2021). A DAP precisa ter uma abordagem mais abrangente, contabilizando impactos que estejam sendo subestimados, como recomendam Jafari *et al.* (2023). Ainda segundo os autores, a RCP pode fornecer informações sobre como incorporar fases do ciclo de vida, especialmente, aquela que indica o uso do produto para diferentes cenários, o que pode estimular aos declarantes acrescentar essa fase na DAP.

A exigência de incluir o ciclo de vida completo como obrigatório na RCP tem sido uma demanda claramente evidenciada no estudo de Otazu *et al.* (2022). Yan, Humphreys e Holden (2011) enfatizam a amplitude e precisão de dados de impactos ambientais na ACV como requisitos necessários para garantir maior consistência no estudo. Tão crucial quanto incluir uma maior quantidade de dados sobre as fases do ciclo de vida do produto, é garantir a qualidade desses dados.

Os requisitos de qualidade dos dados detalham as especificidades necessárias para o estudo e são um ponto crítico que deve estar alinhado com o objetivo e escopo da ACV. Portanto, esses requisitos são obrigatórios e devem abranger informações sobre a idade dos dados, a área geográfica, a tecnologia específica, a medida de variabilidade dos valores dos

dados, a porcentagem de completeza, a representatividade, a consistência, a reprodutibilidade, as fontes e as incertezas (ABNT, 2015). As descrições sobre a qualidade dos dados fornecem as bases para avaliar a confiabilidade dos resultados do estudo e interpretá-los de maneira apropriada, sendo prevista sua comunicação pública (ABNT, 2009a; 2009b).

A **abrangência** foi atribuída como critério de avaliação de confiabilidade de DAP a qual representa a medida que avalia a extensão das fases e processos do sistema de produto e dos requisitos de qualidade de dados do estudo de ACV declarados na DAP. Em outros termos, ao investigar as fases e processos do ciclo de vida do produto, torna-se possível qualificar a DAP em termos de abrangência, observando a quantidade de dados ambientais relevantes declarados e o cumprimento dos requisitos de qualidade recomendados nas normas NBR ISO 14040 (2009), NBR ISO 14044 (2009) e NBR ISO 14025 (2015).

O critério de abrangência considera o recorte que é realizado do sistema de produto e a qualidade dos dados relacionados a esse sistema. Essa delimitação do sistema está prevista nas normas técnicas e atende às aplicações pretendidas pela organização que realiza o estudo de ACV. No entanto, esse critério não permite classificar a DAP como completa ou incompleta. A completeza é um aspecto importante considerado na avaliação de um estudo de ACV a qual é verificada em termos de suficiência das informações e através da qual é estabelecido o nível de confiabilidade dos resultados desse estudo (ABNT, 2009a, 2009b).

Ressalta-se para o fato de que, conforme Klintman (2016) aborda, há o risco da empresa mostrar o desempenho ambiental de forma a parecer favorável de maneira geral, no entanto, as informações podem se referir apenas a uma parte do ciclo de vida. Isso pode causar a impressão de que houve uma melhoria no desempenho ambiental, relatado nas declarações ambientais, quando, na verdade, isso se aplica somente a certas dimensões do impacto ambiental, ignorando outras fases do ciclo de vida.

A NBR ISO 14025 (2015) não aborda explicitamente o princípio da completeza de uma DAP. Entretanto, alguns autores atribuem à DAP a característica de ser completa (Del Rosario; Palumbo; Traverso, 2021; Galindro *et al.*, 2020). Isso destaca a importância dos rótulos tipo III fornecerem informações abrangentes e confiáveis.

Ao mesmo tempo, uma DAP completa é reconhecida como benéfica, pois oferece dados pertinentes para diversas aplicações relacionadas à gestão ambiental (Brinkmann; Metzger, 2019), além de possibilitar a comparabilidade (Moré; Galindro; Soares, 2022). A completeza de uma DAP está relacionada à elaboração detalhada, específica da RCP, a qual deve garantir clareza, precisão e possibilitar comparações (Gelowitz; McArthur, 2017; Ingwersen; Steveson, 2012).

A partir das abordagens dos critérios precedentes, compreende-se a completeza de uma DAP como a integração do seu nível de abrangência ao cumprimento dos requisitos normativos e técnicos. Esses critérios combinados conferem à DAP um caráter robusto, agregando informações que enriquecem seu conteúdo. Portanto, no presente estudo, a completeza da DAP envolve a incorporação dos critérios de credibilidade técnica, normativa e abrangência, apresentando-se como um atributo passível de avaliação. A **completeza** é conceituada como a característica que indica a amplitude das informações normativas, técnicas e de abrangência do estudo de ACV em uma DAP.

Um critério adicional que será levado em conta para a avaliação de confiabilidade de DAP, neste estudo, é a precisão que está associada à exatidão das informações ou dados. A falta de dados ou a sua inconsistência representa um fator crítico que pode levar a resultados imprecisos nos estudos de ACV o que, por sua vez, tem implicações problemáticas para a DAP (Del Rosario; Palumbo; Traverso, 2021).

A qualidade dos dados coletados durante a fase do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), que envolve a identificação das entradas e saídas do sistema de produção para estudos de ACV, depende de uma representação adequadamente contextualizada do ciclo de vida do produto (Modahl *et al.*, 2013; Zargar; Yao; Tu, 2022). É viável utilizar dados substitutos ou mesmo estimar dados para preencher as lacunas nos inventários. Contudo, isso pode impor algumas limitações nos resultados da ACV, comprometendo a sua precisão (Zargar; Yao; Tu, 2022).

Os dados específicos são obtidos diretamente do produtor do bem, o qual possui controle direto sob sua influência decisória. Em contrapartida, os dados genéricos provêm de processos operados como parte do sistema, mas não estão sob influência ou alcance de decisão do produtor (IBICT, 2014).

Estudos conduzidos por Modahl *et al.* (2013) demonstram que a escolha entre dados específicos ou genéricos em uma ACV pode influenciar a precisão dos resultados apresentados na DAP. Ao considerar as fontes primárias, provenientes da empresa declarante, e as fontes secundárias como as demais obtidas em bases de dados consolidadas, os autores observaram uma variação dos resultados relativos à DAP quando ambas as fontes de dados foram utilizadas na elaboração dos estudos de ACV.

Materiais ou processos podem apresentar grandes discrepâncias quando obtidos de fontes primárias ou secundárias, o que compromete a precisão e a consistência da DAP. Modahl *et al.* (2013) destacam a importância de considerar o processo de obtenção dos dados, pois isso pode resultar em margens de erros na comunicação. Ademais, embora ambos os dois tipos de

conjuntos de dados sejam normalmente usados, os autores reconhecem que os específicos contribuem para DAPs mais realistas e precisas.

Jafari *et al.* (2023) propõem DAPs específicas que culminam em dados mais precisos sobre um produto em seu contexto, considerando tanto o ambiente de produção quanto as instalações onde foi fabricado. Isso, por sua vez, contribui para a robustez dos resultados e a consistência da DAP. Conforme os autores ainda ressaltam, o uso de dados primários nos cálculos dá a impressão de maior precisão, em contraste com o uso de dados secundários provenientes de base de dados genérica, que são geralmente recomendados nas próprias RCPs. Tais dados secundários são mencionados na avaliação de incertezas dos resultados, visto que tendem a apresentar uma variação maior nos resultados. A NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) destaca a importância de utilizar, sempre que viável, dados específicos dos locais de produção.

A precisão é um requisito recorrente para fins de verificação independente de dados de ACV, ICV, módulos de informações e informações ambientais adicionais. Além disso, a reavaliação e atualização da DAP são previstas na NBR ISO 14025 a fim de garantir a precisão, considerando mudanças circunstanciais ou tecnológicas (ABNT, 2015). A NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) estabelece a avaliação crítica de dados para respaldar estudos de ACV em afirmações comparativas que serão divulgadas publicamente. Essa prática visa garantir a precisão de dados, proporcionando clareza e um maior nível de detalhamento na apresentação das informações.

Borin, Cerf e Krishnan (2011) concluem em seus estudos que a precisão da comunicação de dados ambientais pode fazer a diferença na percepção do usuário e nas suas formas de uso. Conforme os autores, as empresas que fornecem declarações ambientais enganosas, imprecisas ou incompletas podem prejudicar a percepção dos consumidores quanto à credibilidade dos rótulos e de seus declarantes. Essa abordagem dos autores deixa claro que a confiabilidade da DAP está diretamente relacionada aos níveis de precisão dos dados fornecidos na declaração.

Moazzem *et al.* (2021) abordaram que dados secundários podem exibir grande variação de valores devido às suas diferentes fontes, o que afeta negativamente a precisão, consistência e confiança nos resultados da ACV e, consequentemente, a DAP. Os autores ressaltam a importância na clareza e precisão na linguagem e nas definições dos produtos e processos, a fim de evitar interpretações errôneas e suposições que poderiam comprometer a qualidade dos dados da DAP, levando a resultados inadequados em todos os processos essenciais. Sendo assim, eles sugerem que, caso não seja possível obter dados específicos do produto, as opções para a DAP podem incluir resultados de avaliação de impacto do ICV para os melhores e piores cenários.

Diversos fatores colaboram para que os resultados em estudos de ACV estejam susceptíveis a erros de medição nos dados de entrada, cálculos de estimativas imprecisas, dados não representativos ou ausentes, suposições e incompletude da modelagem, todos esses elementos combinados resultam em incertezas (Clavreul; Guyonnet; Christensen, 2012; Qin *et al.*, 2020). Com isso, modelos de análise de incertezas são utilizados para considerar a qualidade dos dados como, por exemplo, a matriz de pedigree.

A matriz de pedigree é um método para avaliar incertezas quantitativas com base em descrições qualitativas de um conjunto de dados (Weidema, 1998). Esse recurso envolve a avaliação da qualidade dos dados a partir de cinco critérios aos quais são atribuídas pontuações de 1 a 5. Os cinco indicadores de qualidade são confiabilidade, completude, correlação temporal, correlação geográfica e correlação tecnológica.

A precisão dos dados é avaliada no critério de confiabilidade. Essa dimensão classifica a precisão dos dados de acordo com sua fonte e nível de verificação dos dados utilizados, permitindo calcular a incerteza geral das informações com base no critério de que quanto mais parâmetros de informações que aumentam a precisão dos dados, menor a incerteza (Ciroth; Muller; Weidema, 2016).

Considerando o exposto, a **precisão** foi determinada como critério para avaliar a confiabilidade de uma DAP, a qual é a característica que indica as especificidades das informações relacionadas ao contexto do produto rotulado. Quanto mais específicas ou mais representativas forem as informações em relação ao contexto dos estudos de ACV, maior será sua precisão (ABNT, 2015; ABNT, 2009b, Jafari *et al.*, 2023; Modahl *et al.*, 2013; Zargar; Yao; Tu, 2022). O oposto também é verdadeiro.

A precisão busca considerar as informações que contextualizam o sistema de produção e que compõem a declaração de conteúdo da DAP, portanto, isso inclui as fontes de dados, tipos de informações sobre embalagens, indicadores de impactos ambientais, dados sobre produção de resíduos, uso dos recursos e fluxos de saída.

Por fim, a fim de realizar uma avaliação final que inclua todos os critérios abordados e demonstre a confiabilidade de uma DAP, foi estabelecido um critério final, denominado **consistência**. Desse modo, a junção dos critérios de credibilidade normativa, credibilidade técnica, abrangência, completeza e precisão consegue indicar a consistência de uma DAP, pois considera não apenas a amplitude dos dados declarados na DAP mas também a exatidão e qualidade das informações.

Alguns dos critérios definidos para esta pesquisa estão alinhados com requisitos ou critérios atribuídos a outro tipo de comunicação externa baseada em ACV, como por exemplo

a Pegada Ambiental de Produtos (PEF). Conforme destacado por Del Borgui, Moreschi e Gallo (2020), informações da PEF visa fornecer conteúdo relevante, abrangente, consistente, preciso e transparente em relação ao estudo de ACV e aos impactos ambientais associados ao produto.

A busca pela consistência de uma DAP não é uma exigência explícita nas normas técnicas, mas é desejável nas diversas aplicações em que a DAP é empregada (Anderson; Moncaster, 2020; Hunsager; Bach; Breuer, 2014; Moré; Galindro; Soares, 2022; Rasmussen *et al.*, 2021; Yan; Humphreys; Holden, 2011). Neste estudo, a consistência é o objetivo final para interpretar a DAP como completa e precisa, conferindo a ela o atributo de ser uma fonte confiável de dados ambientais para ser utilizada em diferentes contextos.

Conceitualmente, o critério da consistência é definido como a medida de confiabilidade de uma DAP, considerando os critérios da completeza, que inclui a credibilidade normativa, técnica e abrangência, e da precisão. A confiabilidade da DAP requer a adoção de uma RCP que atenda aos requisitos normativos e seja também confiável e de um estudo de ACV analisado por empresas verificadoras que atestam sua consistência e validade.

A questão da confiabilidade pode se revelar subjetiva, envolvendo a confiança nos órgãos que elaboram e validam a DAP. Geralmente, uma empresa que declara que cumpriu os requisitos normativos e recomendações documentadas em RCP para o desenvolvimento da DAP é aceita com confiança (Gelowitz; McArthur, 2017). A análise de uma DAP por órgãos verificadores e certificadores pode ser um indicativo relevante para a sua confiabilidade. Isso ocorre porque a competência e as qualificações desses órgãos são examinadas e supervisionadas pelo operador de programa ou pelas empresas de acreditação (Del Borgui; Morechi; Gallo, 2020).

Contudo, persistem críticas em relação ao desenvolvimento de RCPs que têm o potencial de comprometer a consistência de uma DAP. Diversos padrões, como a série ISO 14000, e diretrizes internacionais foram estabelecidos para orientar a definição de regras de categorias, buscando garantir uma maior consistência nas declarações de produtos baseadas em ACV. No entanto, esses padrões não foram suficientes, pois outros elementos precisam estar alinhados para proporcionar declarações mais consistentes (Del Borgui; Morechi; Gallo, 2020; Ingwesern *et al.*, 2012; Ingwersen; Subramanian, 2014).

Por exemplo, Ingwersen e Subramanian (2014) argumentam que a ausência de um banco de dados global para RCPs, envolvendo todos os responsáveis pelos programas que elaboram esses documentos, intensificou a sua inconsistência. Segundo eles, a dificuldade em localizar RCPs e a proliferação de múltiplas RCPs desenvolvidas de forma independente pelos operadores de programa contribuem para a duplicidade e comprometem a legitimidade desses

documentos. Esse argumento pode ser complementado com a abordagem de Hunsager, Bach e Breuer (2014), que ressalta a alienação de produtores, compradores e consumidores em relação à validade e legitimidade das informações apresentadas nas DAPs, devido ao crescimento do número de operadores de programa de DAP.

Assim, torna-se relevante buscar meios metodológicos e científicos para garantir a consistência de documentos como o RCP e DAPs, corrigindo as incoerências que são atribuídas a eles diante do aumento na adoção de declarações ambientais. A consistência e a credibilidade de DAP são fundamentais em diversas áreas, considerando sua proposta de conteúdo que integra informações relevantes e têm aplicações diversas (Shepherd, 2016).

Courtat *et al.* (2023) discutem a necessidade de explorar mecanismos que contribuam para garantir maior consistência em rótulos ambientais como instrumentos de comunicação ambiental, devendo ser embasado cientificamente para conferir maior robustez. Em seus estudos, os autores apresentam uma ferramenta que serve como recurso para o desenvolvimento de esquemas de rotulagem ambiental, especificamente a *'environmental rating' ecolabels* (ERE, rótulos ecológicos de classificação ambiental), que compartilha algumas semelhanças com a DAP, além de aprimorar os esquemas já existentes.

A construção de um instrumento de confiabilidade representa uma possibilidade que amplia ainda mais as iniciativas de transparência nesse âmbito da rotulagem ambiental. A experiência nos estudos de Courtat *et al.* (2023) foi construída a partir de uma abordagem lógica que envolveu a definição de princípios, baseados na literatura científica, padrões ISO e referências de experimentos. Os princípios definidos pelos autores como mais importantes foram: relevância, robustez científica, confiança e transparência e viabilidade (escalabilidade, acessibilidade). Os autores entenderam que esses princípios estão por trás da série ISO 14020, referente a declarações ambientais e rótulos.

A consistência também foi explorada pelos autores por meio do princípio da robustez científica, que integra também a integridade dos dados e a precisão. Ao estabelecer a confiabilidade dos rótulos ambientais, por meio de metodologias estruturadas e consistentes, há a garantia que os usuários desses rótulos possam realizar escolhas satisfatórias e seguras quanto às aplicações de sustentabilidade ambiental. Por isso, diversos métodos são propostos para fins específicos por meio de órgãos, voluntários ou não, para alcançar maior segurança no uso e aplicação dos rótulos ambientais (Courtat *et al.*, 2023).

A United Nations Environment Programme (2017) lista como princípios fundamentais os requisitos mínimos que devem ser atendidos ao fornecer informações sobre a sustentabilidade do produto aos consumidores, os quais incluem confiabilidade, importância,

clareza, transparência e acessibilidade. A confiabilidade foi interpretada com ênfase nas características de precisão e verdade científica, robustez e consistência, dados e suposições fundamentadas. Ou seja, reúne informações sobre os métodos, cientificamente consistentes, que abrangem e refletem as evidências dos dados nos rótulos de forma clara e acessível e com a confirmação de especialistas. Além disso, os dados devem ser atualizados e as limitações ou exclusões devem ser fundamentadas e comunicadas.

De acordo com a pesquisa de Gruère (2013), os critérios de transparência, monitoramento e método de avaliação são as informacões mais importantes em rótulos e esquemas de declarações ambientais na observação feita por usuários, empresas e órgãos normalizadores. Conforme os autores, o uso da ACV desempenha um papel significativo nestes critérios com implicações positivas porque os rótulos ou declarações ambientais que utilizam a ACV incorporam tipos mais amplos de impactos ambientais de produto, não se limitando à desempenhos ambientais unilaterais, ou seja, aqueles provenientes apenas das empresas que publicam os rótulos.

Com a ACV, há uma validação imparcial realizada por empresas especializadas, o que confere maior credibilidade ao estudo. Promover a transparência e a verificação da ACV é, portanto, crucial uma vez que estão diretamente relacionadas à credibilidade do esquema e à sua legitimidade. Os conceitos desenvolvidos e fundamentados estão resumidos no Quadro 3.

Quadro 3 – Conceitos dos critérios para avaliação de confiabilidade de DAP

Critério de avaliação	Conceito	Embasamento teórico
Credibilidade normativa	Característica que indica o grau de atendimento aos requisitos obrigatórios estabelecidos pelas normas vigentes na DAP.	NBR ISO 14040 (2009), 14044 (2009), 14025 (2015) e 14027 (2019), Ingwersen e Stevenson, (2012), Gelowitz e Mcarthur (2017), Anderson e Moncaster, (2020), Rasmussen *et al*. (2021), Moré, Galindro e Soares (2022), Minkov *et al*. (2015)
Credibilidade técnica	Característica que indica o grau de transparência e flexibilidade da DAP quanto à disponibilidade de informações sobre o processo de elaboração do rótulo, a categoria de produto, as informações ambientais adicionais e a condução do processo de desenvolvimento da RCP e ACV.	NBR ISO 14040 (2009), 14044 (2009), Courtat *et al*. (2023), Gelowitz; McArthur, (2017), Anderson e Moncaster (2020), Hunsager, Bach e Breuer (2014), Fantin *et al*. (2012), Skaar e Fet (2012), United Nations Environment Programm (2017), Gruère (2013), Moré, Galindro e Soares (2022)
Abrangência	Característica que indica a amplitude das fases e processos considerados do sistema de produto e os requisitos de qualidade de dados de estudo de ACV declaradas na DAP.	NBR ISO 14040 (2009), 14044 (2009), 14025 (2015), Del Rosario, Palumbo e Traverso (2021), Soust-Verdaguer et al. (2023), IBICT, 2014, Diekel *et al*. (2021), Jafari *et al*. (2023), Otazu *et al*. (2022), Yan, Humphreys e Holden (2011)
Completeza	Característica que indica a amplitude das informações normativas, técnicas e de abrangência do estudo de ACV na DAP.	NBR ISO 14040 (2009), 14044 (2009),Galindro *et al*. (2020); Del Rosario, Palumbo e Traverso (2021), Moré, Galindro e Soares (2022), Ingwersen e Stevenson, (2012), Gelowitz e Mcarthur (2017)
Precisão	Característica que indica as especificidades das informações relacionadas ao contexto do produto rotulado, incluindo as fontes de dados, informações sobre embalagens, indicadores de impactos ambientais, dados sobre produção de resíduos, uso dos recursos e fluxos de saída.	NBR ISO 14040 (2009), 14044 (2009), 14025 (2015), Del Rosario, Palumbo e Traverso (2021), Modahl *et al*. (2013), Zargar, Yao e Tu (2022), Jafari *et al*. (2023), Borin, Cerf e Krishnan (2011)
Consistência	Característica que indica a amplitude das informações e seu nível de robustez científica (precisão) em uma DAP.	Courtat *et al*. (2023), Luo *et al*. (2021); Ingwersen; Subramanian (2014); Ingwesern *et al*., (2012); Ingwersen e Stevenson (2012); Strazza *et al*. (2016), Anderson e Moncaster (2020), Hunsager, Bach e Breuer (2014), Rasmussen *et al*. (2021); Moré, Galindro e Soares (2022), Yan; Humphreys; Holden (2011), Shepherd (2016), United Nations Environment Programm (2017)

Fonte: elaboração da autora.

Cada critério tem como objetivo qualificar a DAP em aspectos específicos, conferindo-lhe consistência. Uma DAP que integra de forma completa, transparente e acessível os dados e informações – sejam eles obrigatórios ou não ou recomendações – demonstra responsabilidade para com os usuários e o meio ambiente. Os critérios adotados permitem avaliações qualitativas e quantitativas, como foi desenvolvido nesta tese e apresentado na próxima seção.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, são descritos os materiais e métodos empregados no desenvolvimento da pesquisa, com destaque para os procedimentos relacionados à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Além disso, é apresentado o processo de desenvolvimento do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP, criado especificamente para esta pesquisa. Embora este instrumento tenha sido elaborado como parte deste trabalho de doutorado, ele foi incluído nesta seção com o objetivo de organizar melhor o conteúdo e facilitar a compreensão dos aspectos metodológicos. Cabe destacar que a aplicação prática do instrumento — realizada por meio da validação com DAPs elaboradas no contexto desta pesquisa e com DAPs reais de calças jeans — é detalhada na seção de resultados.

4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a confiabilidade de Declarações Ambientais de Produtos. O estudo teve início com a definição dos objetivos, do escopo e da escolha do produto rotulado para a seleção das DAPs a serem avaliadas, optando-se pela calça jeans. No Quadro 4, são resumidos os objetivos e as atividades realizadas em cada etapa da pesquisa.

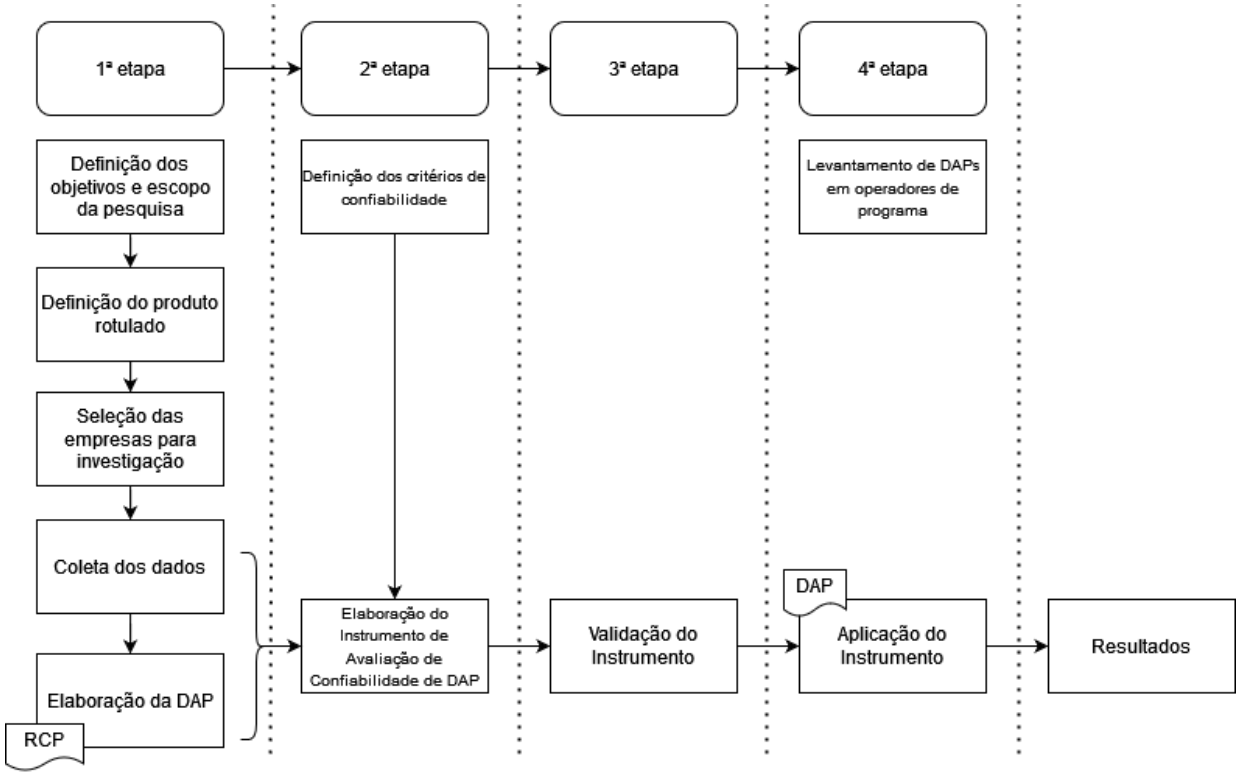
Quadro 4 – Objetivos geral, específicos e atividades de pesquisa

Objetivo geral	**Avaliar a confiabilidade de Declarações Ambientais de Produto de calça jeans**
Objetivos específicos	**Atividades realizadas**
a) Realizar os estudos de ACV de calças jeans	- Pesquisa de campo em empresas de confecção de jeans - Definição de RCP para elaboração da DAP - Elaboração de DAPs de referência a partir dos dados da ACV e RCP selecionada
b) Estabelecer os critérios específicos para a avaliação da confiabilidade de DAP	- Revisão da literatura e as normas NBR ISO 14025 (2015), 14040 (2009) e 14044 (2009) para definição dos atributos de confiabilidade e construção dos seus respectivos conceitos
c) Desenvolver avaliações quantificáveis para os critérios da avaliação da confiabilidade de DAP	- Elaboração do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP considerando os atributos de confiabilidade, os estudos de ACV, a RCP e a DAP, integrando os respectivos cálculos desses atributos
d) Validar o instrumento de avaliação de confiabilidade	- Realização do levantamento de DAPs de calças jeans nas bases de dados de operadores de programa - Aplicação do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP

Fonte: elaboração da autora.

Estudos de ACV de calças jeans foram realizados, utilizando dados primários, coletados localmente, e dados secundários. A partir desses estudos, DAPs desse produto foram elaboradas, que, junto com a ACV, auxiliaram no desenvolvimento do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP, também referido de forma simplificada como Instrumento. Essa ferramenta incluiu a definição de critérios para quantificar a confiabilidade e passou por uma etapa de validação com a aplicação das DAPs, resultando nos achados desta pesquisa. Para melhor visualização, a Figura 11 ilustra as etapas do desenvolvimento da pesquisa.

Figura 11 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: elaboração da autora.

4.1.1 Universo e amostra

O levantamento do universo estatístico abrange as empresas de confecção situadas no Estado do Piauí. Foi utilizado o sistema de consulta da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) para identificar empresas que atuavam na confecção de peças de vestuário, exceto roupas íntimas e as confeccionadas sob medida, sob o código 1412601.

Dessa forma, foram selecionadas empresas cujas atividades econômicas estão diretamente associadas ao processo produtivo de confecção do jeans. Com isso, definiu-se uma amostragem não-probabilística por conveniência, resultando na escolha de duas empresas de

confecção da cidade de Campo Maior-PI, considerado o polo industrial de confecção de jeans do Estado do Piauí, e a lavanderia que atende ambas, situada em Teresina-PI.

As indústrias selecionadas representam o cenário industrial da região, tornando dispensável a incorporação de outras unidades fabris para obtenção de dados, uma vez que suas atividades refletem de maneira representativa o contexto do estudo. Essas empresas são as duas maiores do polo produtivo, conforme consulta do CNAE, as quais servem de referência para as demais indústrias de menor ou igual porte.

4.1.2 Coleta de dados

A coleta dos dados empregou vários recursos. Para os estudos de ACV, os dados primários foram obtidos por meio da observação sistemática com visitas *in loco*, com apoio de formulários para levantamento de dados das etapas do processo fabril de confecção de jeans e da lavanderia (ver Apêndice A e Apêndice B). Por meio destes, foram levantadas as entradas e saídas do sistema de produção e suas respectivas quantidades. Os processos envolvidos incluíram a confecção, lavanderia e distribuição do vestuário das duas indústrias de confecção de calça jeans selecionadas para estudo e da lavanderia que presta serviços a ambas. As empresas são mencionadas, nesta tese, como Empresa A e Empresa B para preservar suas identidades.

Durante as observações, estabeleceu-se contato direto com os técnicos responsáveis por cada etapa da produção que forneceram documentos técnicos e informações complementares não previstas nos formulários. Para dados omitidos pelas empresas, foram utilizadas fontes secundárias da literatura. Os documentos técnicos disponibilizados para consulta durante a pesquisa foram: registros de controle de produção da calça jeans (contagem de tempo de produção de cada etapa da costura), catálogos de fornecedores, contas de energia elétrica, fichas técnicas de modelagem, listagem de funcionários e seus respectivos postos de trabalho, fotos publicitárias das calças, fichas de especificações técnicas das calças para encaminhamento à lavanderias, registros de notas fiscais, etiquetas de insumos para conferência de peso e localização de compra. O período de coleta foi de fevereiro a abril de 2022.

Quanto às fases de produção do algodão e seu beneficiamento, fiação e tecelagem, recorreu-se a dados secundários da Ecoinvent Database e da literatura científica. Ressalta-se que foi dado prioridade ao uso de dados brasileiros inseridos na base Ecoinvent; contudo, quando não existentes, recorreu-se a registros de abrangência global e *rest of world* (RoW) para a modelagem da ACV. Nos casos de produtos ou processos não encontrados no Ecoinvent, optou-se por incluir no inventário a substância ou princípio ativo prevalente e representativo

para a modelagem. Buscou-se fazer o estudo de ACV o mais abrangente possível, a fim de garantir resultados que se aproximem da realidade analisada, evitando assim quaisquer lacunas na modelagem.

Por fim, o levantamento de DAPs de calças jeans para a avaliação de confiabilidade foi realizado nas bases de dados de operadores de programa de DAP atuantes no país. Na plataforma da The International EPD® System foram recuperadas 23 DAPs de calças jeans. Outras operadoras de programas também foram consultadas como a SCS Global Services, Ul Environment (geral), National Sanitation Foundation International (geral), National Sanitation Foundation International (geral), no entanto, não foram identificadas DAPs de calças jeans.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ELABORAÇÃO DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO

Os elementos para elaboração de uma DAP estão descritos e explicados na NBR ISO 14025 (ABNT, 2015). Essa norma fornece também as condições e etapas para elaboração da RCP, documento este que é requisito para elaboração da DAP. Aos operadores do programa, é conveniente e recomendado utilizar uma RCP existente para uma categoria de produto com o propósito de facilitar a harmonização entre programas. Nesta pesquisa, optou-se pelo uso de uma RCP existente da categoria de produto calça jeans da The International EPD® System, PCR (2021). Esta RCP foi selecionada porque atendeu aos requisitos obrigatórios estabelecidos na NBR ISO 14025 (2015) e por ser considerada um documento válido, atualizado, que foi submetido aos procedimentos de consulta aberta, nos termos da NBR ISO 14027 (2019), portanto, adequado e consistente para aplicação neste estudo. Convém ressaltar que essa RCP foi utilizada para a elaboração das DAPs de calças jeans da EPD Internacional® Brasil, selecionadas para a avaliação de confiabilidade.

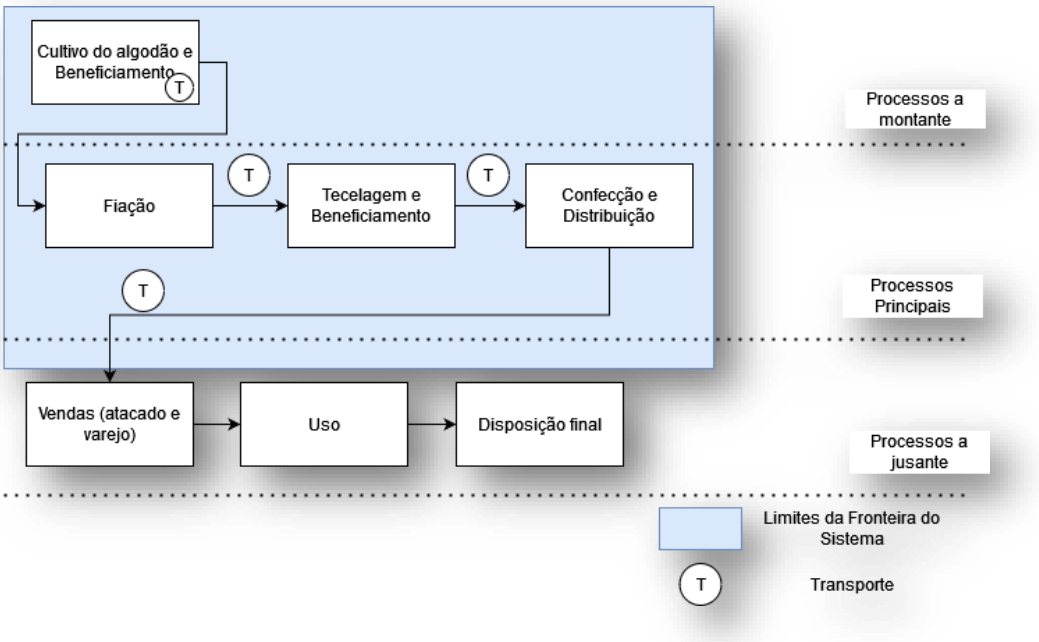
A escolha de uma RCP existente atende ao escopo da pesquisa uma vez que as regras nela estabelecidas contemplam os elementos exigidos nas normas técnicas vigentes. O uso de uma RCP existente é recomendado, sempre que possível, conforme preconizado nas normas técnicas (ABNT, 2015, 2019). Além disso, a RCP selecionada foi submetida a avaliação por um comitê de especialistas, que cumpriu as etapas para desenvolvimento desse tipo de documento conforme a NBR ISO 14027 (2019) e assegurou a imparcialidade deste documento pelas partes interessadas. Compreendeu-se que o uso de uma RCP construída de forma imparcial colabora para evitar possíveis tendenciosidades na pesquisa. A RCP utilizada possui um escopo global, ou seja, sua aplicação alcança sistemas produtivos de calças jeans sem limitações de áreas geográficas específicas.

Uma vez definido a RCP, procedeu-se com a elaboração da DAP das duas calças jeans coletadas para estudo. Ressalta-se que as DAPs elaboradas são uma proposta documental com o objetivo de subsidiar a construção do Instrumento de Avaliação da Confiabilidade de DAPs. Para a validação dos dados relevantes sobre impactos ambientais dessas DAPs é necessária a submissão aos trâmites de verificação por uma terceira parte independente (ABNT, 2015).

4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ESTUDO DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Os procedimentos metodológicos para estudo de ACV seguiram as diretrizes estabelecidas nas normas NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044. O objetivo deste estudo de ACV foi analisar os aspectos e impactos ambientais potenciais ao longo do ciclo de vida das calças jeans confeccionadas no polo produtivo de Campo Maior-PI. O público-alvo deste estudo são os usuários de DAPs, porém, os resultados não visam ser aplicados em afirmações comparativas a serem divulgadas publicamente. Eles foram restritos para fins acadêmicos, contribuindo para subsidiar a elaboração do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAPs. Portanto, a principal razão de sua realização é a necessidade de tomada de decisão sobre informações relevantes que devem estar contempladas no referido Instrumento. Conforme ilustrado na Figura 12, o escopo do estudo abrangeu a produção da calça jeans.

Figura 12 – Produção de calça jeans e fronteira do sistema estudado



Fonte: elaboração da autora.

Os processos elementares considerados foram a fase de produção da matéria-prima, o algodão, passando pelo seu beneficiamento (descaroçamento), produção dos fios (fiação), produção do tecido denim (tecelagem), confecção e distribuição da calça jeans.

A unidade funcional definida foi a calça jeans adulto de algodão e tingimento índigo *blue*, tendo como fluxo de referência a massa de cada calça estudada. A fronteira do sistema, como mostrado na Figura 12, foi definida incorporando as fases do sistema produtivo do berço ao portão que, no mínimo, deveriam compor o Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP, usando uma abordagem de ACV atribucional. As atividades de transporte foram consideradas dentro dos limites do sistema. O transporte entre a beneficiadora do algodão e a empresa de fiação não foi considerado na modelagem da ACV devido ao fato das operações serem realizadas na mesma região, no Estado de Mato Grosso do Sul, a fim de evitar a redundância de informações (Morita, 2013).

As fases selecionadas representam a cadeia produtiva e de abastecimento na produção do vestuário, sendo consistentes com o objetivo do estudo. Os processos elementares dessas fases foram baseados na literatura, incluindo os estudos de Morita (2013), que realizou um estudo de ACV de calça jeans no contexto brasileiro. O nível de detalhamento dos processos elementares considerou as particularidades das diferentes regiões onde cada fase do sistema ocorre. Dada a extensão da cadeia têxtil brasileira, as etapas do ciclo de vida de uma peça de vestuário envolvem várias regiões que suprem o mercado nacional.

Em especial, foram contempladas as características do cultivo da matéria-prima principal, o algodão, e seu beneficiamento, que ocorrem na região Centro-Oeste do país e a fiação e tecelagem, na região Sudeste, especificamente em São Paulo. Além disso, convém ressaltar que a produção dos acessórios e aviamentos utilizados na confecção das calças avaliadas acontecem em diferentes regiões do país como Sul, Sudeste e Nordeste. Quanto à confecção e tratamento do jeans em lavanderia, as informações foram obtidas a partir das práticas das indústrias localizadas em Campo Maior e Teresina, respectivamente.

As fases de uso e destinação final da calça jeans pelos consumidores foram excluídas do estudo de ACV. A destinação final do produto, sendo de responsabilidade do consumidor, pode ocorrer por meio da reciclagem, reaproveitamento ou descarte (Periyasamy; Wiener; Militky, 2017). A fase de uso leva em consideração fatores como padrões de consumo e comportamento do consumidor que influenciam o desempenho e impacto ambiental (Asmi *et al.*, 2022), e geralmente é modelada com base em dados secundários ou suposições (André; Björklund, 2023).

Esta pesquisa não abordou cenários futuros relacionados ao uso e pós-uso do jeans pelo consumidor e sua decisão de descarte, pois isso está fora do escopo da pesquisa. O desempenho ambiental dessas fases é geralmente influenciado por decisões dos consumidores, o que pode introduzir grande variabilidade nos resultados globais dos estudos de ACV e gerar muitas incertezas (Sorrentino; Woelbert; Sala, 2016). Essa variabilidade pode afetar a distribuição dos impactos nas outras fases consideradas relevantes e prioritárias para a apresentação em uma DAP. Além disso, a modelagem da fase de uso envolveria recorte geográfico e uma análise de comportamento do consumidor na realidade brasileira, o que também está fora do propósito desta pesquisa. A exclusão de estágios do ciclo de vida, processos ou entradas e saídas são aceitáveis caso não venha a comprometer as conclusões gerais do estudo (ABNT, 2009b).

Não houve necessidade de alocação nas condições atuais de produção das calças jeans por não ter outro produto além da calça jeans, conforme recomendado na NBR ISO 14044 (2009), uma vez que os fluxos de entrada e saída dos processos puderam ser atribuídos às funções correspondentes. O resumo das informações de planejamento do estudo de ACV da calça jeans, conforme descrito até agora, está apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Planejamento do objetivo e escopo do estudo de ACV da calça jeans

Objetivo	**Objetivo da ACV**	**Observar os aspectos e impactos ambientais potenciais do ciclo de vida das calças jeans confeccionadas no polo produtivo de Campo Maior-PI**
Escopo	Público-alvo	Usuários potenciais de DAP
	Função do sistema	Produção do vestuário jeans
	Descrição do produto	Calça jeans de fibra de algodão e tingimento índigo *blue*
	Unidade funcional	Uma unidade calça jeans adulto
	Fluxo de referência	Peso de cada calça jeans avaliada
	Fronteira do sistema	Entradas e saídas na cadeia principal de extração da matéria-prima (fibra de algodão), manufatura/processamento (fiação, beneficiamento, tecelagem, confecção) e distribuição

Fonte: elaboração da autora.

Quanto à qualidade dos dados utilizados na modelagem de ACV, foram feitas avaliações com base nos indicadores do Sistema de Qualidade dos Dados do Ecoinvent Database, Matriz Pedigree, disponível no *software* de modelagem de ACV OpenLCA. Após as indicações de pontuações da matriz, foi possível realizar a análise de incerteza dos dados por meio da Simulação Monte Carlo, usando distribuição logarítmica com 1.000 interações e intervalo de confiança de 95%, apresentada nos resultados deste trabalho.

Quanto à cobertura temporal, os dados primários coletados nas indústrias de confecção e na lavanderia foram obtidos com medições diretas de campo em 2022 (menos de 3 anos), sendo considerados como recentes para o período específico desta pesquisa.

Já os dados secundários relacionados às etapas de produção de algodão e seu beneficiamento, fiação e tecelagem foram classificados como mais antigos, porém, as principais referências desses dados, provenientes dos estudos de Morita (2013) e Morita *et al.* (2020), sofreram constantes atualizações entre 2013 e 2018 (dados de até 10 anos), portanto, adequados para o estudo.

Quanto à cobertura geográfica, o estudo de ACV envolveu processos realizados em várias regiões e estados brasileiros. Os dados primários apresentam as características da região onde situam as indústrias de confecção, neste caso, as cidades de Campo Maior e Teresina, localização da lavanderia.

Os dados secundários envolvem dados obtidos de processos da produção do algodão e seu beneficiamento e da fiação, provenientes do cenário do Estado de Mato Grosso do Sul, e da tecelagem, em São Paulo. Essas regiões possuem os maiores volumes de produção em seus respectivos segmentos no contexto brasileiro (Morita *et al.*, 2020), portanto, tornando-se representativos e significativos na aplicação desses dados na modelagem de ACV.

Quanto à cobertura tecnológica, os dados primários e secundários foram classificados como pertinentes e adequados uma vez que suas fontes refletem as tecnologias atuais utilizadas na fabricação da calça jeans dentro do escopo geográfico do estudo. Em relação aos dados primários, as indústrias de confecção são representativas e demonstram as tecnologias e práticas atuais adotadas pelas empresas do polo de Campo Maior-PI na produção local da calça jeans.

Já em relação aos dados secundários, estes refletem as práticas e tecnologias empregadas no cultivo do algodão nas condições atuais do Brasil, e as tecnologias utilizadas no setor têxtil brasileiro são consideradas atualizadas (Morita, 2013; Morita *et al.*, 2020).

A cobertura e extensão dos dados, tanto primários quanto secundários, em relação ao sistema em estudo, indicam um nível de completeza elevado. Esses dados foram classificados como completos porque todos os aspectos relevantes do processo de confecção da calça jeans foram incluídos na modelagem da ACV. A coleta dos dados das indústrias de confecção permitiu medições detalhadas de consumo de energia, água, materiais e resíduos sólidos. Foram consideradas as especificidades da produção da calça jeans, como o maquinário utilizado nas etapas de corte, costura e beneficiamento do jeans bem como a fonte e tipos de recursos.

No entanto, não foi possível mensurar a produção de calor proveniente da queima de lenha, devido a uma restrição imposta pela empresa de lavanderia. Assim, esse valor foi obtido

a partir de fontes secundárias. Os dados secundários representaram de forma precisa a realidade brasileira uma vez que as fontes levaram em consideração a dinâmica do processo agrícola e do setor têxtil de estudos nacionais.

A confiabilidade das fontes dos dados foi considerada como muito confiável, com verificações e validações consistentes. A consistência dos dados primários está assegurada pelas medições diretas em campo, conduzidas de acordo com os procedimentos estabelecidos nas normas NBR 14040 e NBR 14044.

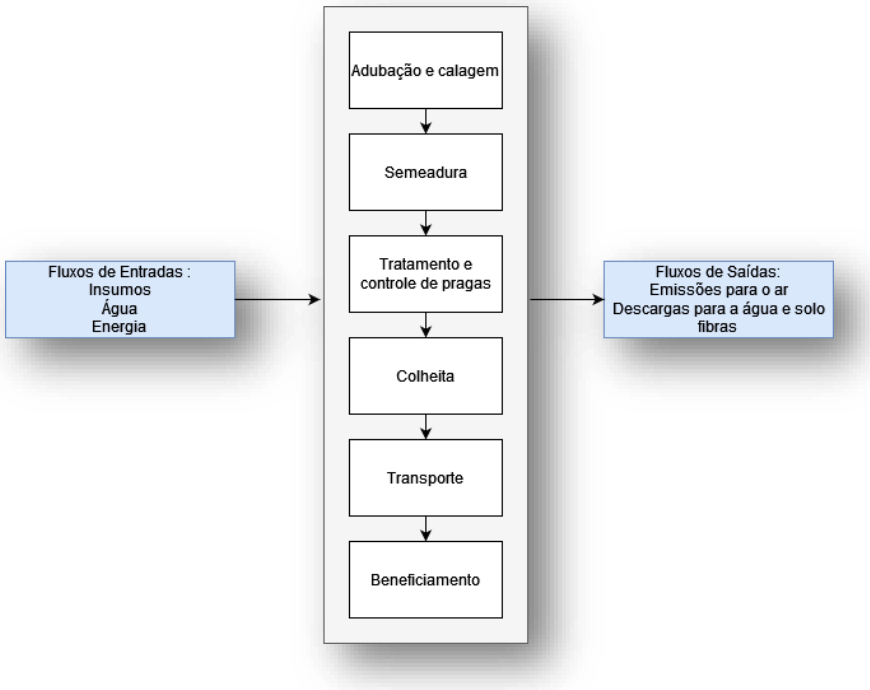
Já os dados secundários foram obtidos de artigos revisados por pares e de publicações científicas reconhecidas na área ambiental e na ACV. Neste caso, os dados foram analisados por especialistas em ACV, confirmando a robustez metodológica e a validade dos resultados. A base de dados Ecoinvent Database, amplamente reconhecida na comunidade de ACV, é continuamente atualizada e validada por especialistas, garantindo a alta qualidade e consistência dos dados utilizados (Weidema *et al.*, 2013; Wernet *et al.*, 2016).

4.3.1 Análise do Inventário do Ciclo de Vida

A modelagem de ACV do sistema de produto foi elaborada com o auxílio do *software* OpenLCA, considerando os dados significativos de entradas e saídas associados a cada um dos processos elementares, procurando atender às normas NBR ISO 14040 (2009) e NBR ISO 14044 (2009). Os processos elementares de produção da fibra de algodão e o seu beneficiamento incluíram a preparação da terra com a aplicação de fertilizantes e calcário, semeadura, aplicação de agrotóxicos (tratamento contra as pragas), colheita, transporte e beneficiamento (descaroçamento).

No beneficiamento, o processo de descaroçamento é a atividade central e demanda maior energia em comparação aos outros processos, que são predominantemente mecânicos. Os fluxos de entrada e saída e os processos elementares do cultivo do algodão e seu beneficiamento estão representados na Figura 13.

Figura 13 – Representação dos fluxos de entrada e saída e dos processos elementares na produção do algodão e seu beneficiamento



Fonte: elaboração da autora.

Os fluxos de entrada foram água, energia e insumos agrícolas (matérias-primas, adubos, defensivos agrícolas). Os fluxos de saídas consideraram as emissões para o ar e as descargas para a água e solo, o algodão em caroço (produto) e as fibras, após o beneficiamento. No sistema de produção de algodão não irrigado, mais utilizado no Brasil (Donke *et al.*, 2013), a água contabilizada refere-se à utilizada na preparação dos produtos aplicados na plantação (Morita, 2013).

Os dados sobre as operações agrícolas e fluxos destinados à produção do algodão consideraram a produção de uma tonelada de algodão em pluma para cada 0,945 hectare de área cultivável. Essa produtividade foi baseada nos dados correspondentes às safras de 2015/2016 em Mato Grosso do Sul, conforme estudos de Morita (2013), Morita *et al.* (2017) e Morita *et al.* (2020).

No Quadro 6, estão apresentados os fluxos de entrada e saída na produção de algodão, assim como as referências bibliográficas que embasaram os dados da modelagem. Os dados de inventário das fases produtivas da calça jeans podem ser visualizados no Apêndice C.

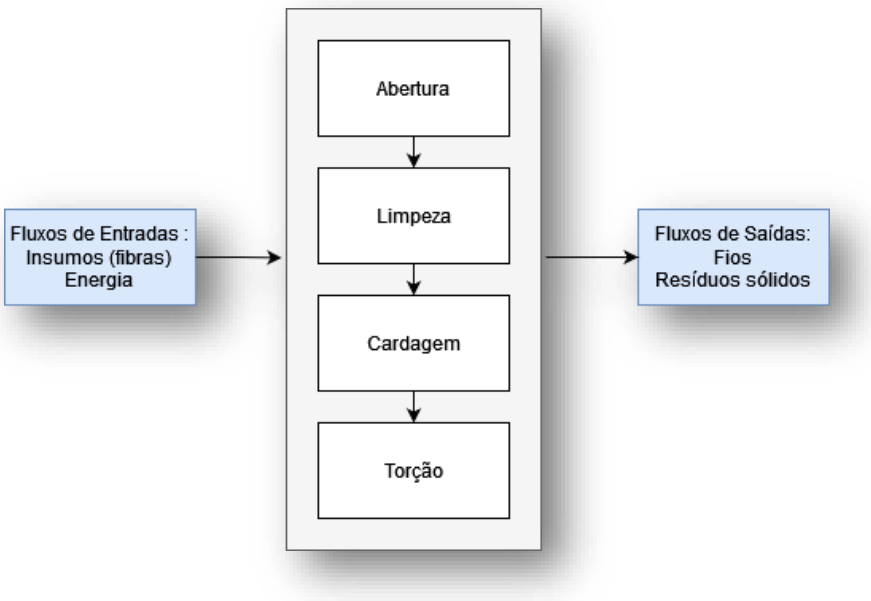
Quadro 6 – Dados de inventário na produção de algodão e seu beneficiamento

Fluxos do inventário	Dados	Fontes da literatura
Fluxos de entrada	Água não irrigada, insumos por hectare para preparo do solo com fertilizantes (N, P_2O_5, K_2O) e calcário, sementes, regulador de crescimento, desfolhante, herbicida, fungicida, inseticida, colheita, transporte (do produtor a beneficiadora) e energia (beneficiamento), uso da terra	Morita (2013), Morita *et al.* (2017, 2020), Cartaxo, Pereira e Silva (2002). Lamas e Ferreira (2006), Azevedo, Cortez e Brandão (2004) Carvalho e Ferreira (2006), Associação Brasileira de Defensivos Pós-patente (AENDA) (2023), Beltrão *et al.* (1997), Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida (SICV BRASIL)
Fluxos de saída	Emissões para o ar, descargas para a água e solo, fibras	Morita (2013)

Fonte: elaboração da autora.

Os fluxos elementares para a modelagem da ACV na produção do fio incluíram as operações de abertura (pré-limpeza), limpeza, cardagem e torção. A Figura 14 ilustra os fluxos de entrada e saída da fiação e os processos elementares.

Figura 14 – Representação dos fluxos de entrada e saída e dos processos elementares da fiação



Fonte: elaboração da autora.

Para calcular o inventário do processo de fiação, tomou-se como referência a produção de uma tonelada de fio. A entrada no processo de fiação considerou o fardo da fibra de algodão de uma 1 tonelada e a energia. Já os fluxos de saída consistiram nos resíduos (cascas, fibras,

fios, cones etc.) e o fio (produto final). O Quadro 7 contém os dados dos fluxos de entrada e saída da fiação bem como as referências bibliográficas que embasaram os dados.

Quadro 7 – Dados de inventário da fiação

Fluxos do inventário	Dados de entradas	Fontes da literatura
Fluxos de entrada	Fibra de algodão em pluma, energia	Morita (2013), Morita *et al*. (2020)
Fluxos de saída	Resíduos, fios	Morita (2013), Pereira (2009)

Fonte: elaboração da autora.

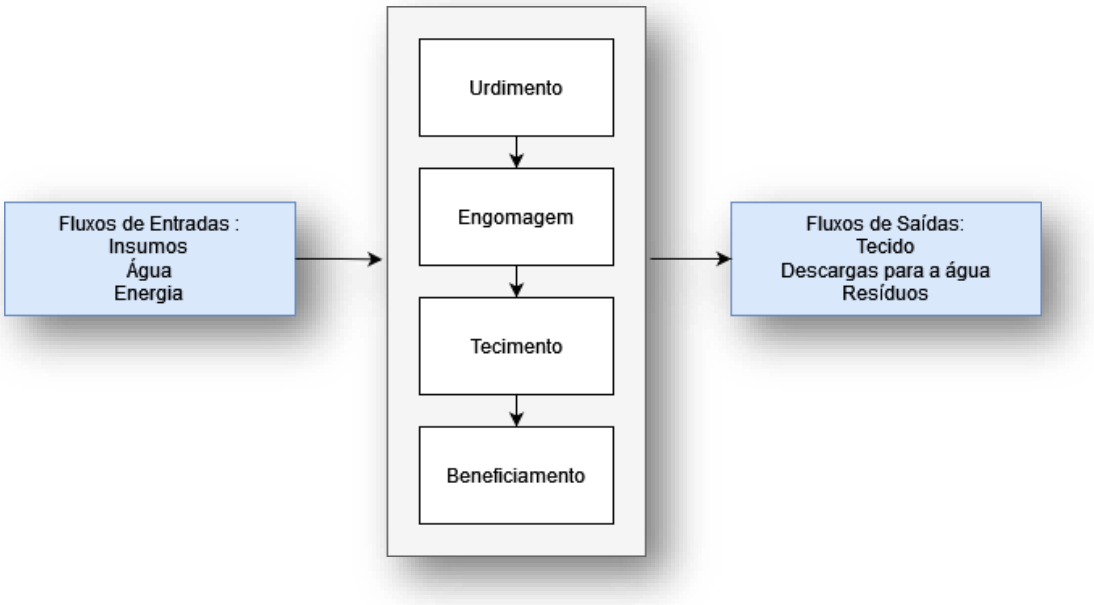
Este estudo baseou-se no sistema de fiação não convencional, que se caracteriza pelo consumo de energia elétrica e material reduzido em comparação ao sistema convencional e com maior aplicação comercial no Brasil, especialmente, na produção de fios mais grossos para a formação do denim (Morita, 2013; Pereira, 2009; Viana, 2005).

Quanto aos processos elementares da tecelagem, foram consideradas na modelagem ACV as etapas de urdimento, engomagem, tecimento (formação do tecido) e beneficiamento primário que, por sua vez, envolve as operações de escovagem, navalhagem, chamuscagem, desengomagem, purga e mercerização.

As emissões provenientes do processo de tecelagem e fiação foram desconsideradas, conforme previsto nas diretrizes da ABNT (2009a, 2009b). Não foram identificados registros públicos sobre o monitoramento da qualidade do ar no setor estudado. Os critérios de qualidade do ar no âmbito nacional foram atualizados recentemente por meio da Resolução nº506, de 5 de julho de 2024, tornando obrigatória essa publicação.

A Figura 15 ilustra as etapas da tecelagem, considerando como fluxos de entradas, que são os fios e os produtos químicos, água e energia, e os fluxos de saída, que são as descargas para a água, resíduos sólidos e o tecido.

Figura 15 – Representação dos fluxos de entrada e saída e dos processos elementares da tecelagem



Fonte: elaboração da autora.

A inserção da trama no processo de tecelagem, considerada no estudo, foi a jato de ar, caracterizada pela alta produtividade e comum na fabricação de denim (Morita, 2013; Viana, 2005). No Quadro 8, estão os fluxos de entradas e saídas da ACV para um metro de tecido.

Quadro 8 – Dados de inventário da tecelagem

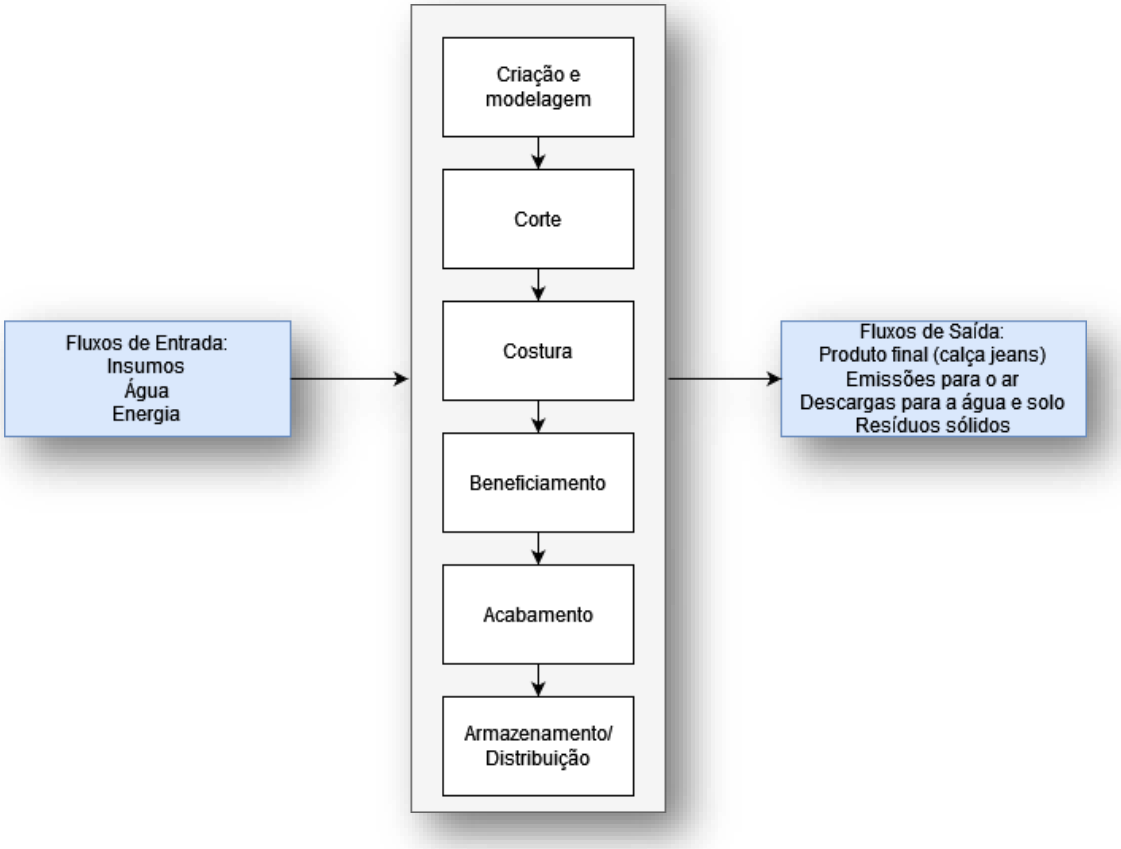
Fluxos do inventário	**Dados de entradas**	**Fontes da literatura**
Fluxos de entrada	Fios de algodão, produtos químicos, energia térmica, elétrica e a gás, água	Morita (2013), Steingruber (2012), Noorari *et al*. (2014), Moura, Moita Neto e Silva 2024) (amaciante e surfactante)
Fluxos de saída	Tecido, resíduos (restos de tecidos), efluentes	Morita (2013), Pereira (2009)

Fonte: elaboração da autora.

Os processos elementares da etapa de confecção da calça jeans incluíram criação, modelagem, corte, costura (montagem da peça de vestuário), tratamento em lavanderia e acabamento (inserção de botões e etiquetas). Os transportes relacionados ao envio e retorno das peças à lavanderia em Teresina, assim como a distribuição às lojas de varejo, também localizadas em Teresina, foram considerados na modelagem ACV, com distâncias estimadas de acordo com o Google Maps.

A etapa de armazenamento das indústrias de confecção é uma área de trânsito das calças acabadas, que são manipuladas manualmente pelos funcionários da seção. O transporte dentro da indústria é realizado manualmente. Os fluxos de entrada contemplam a matéria-prima principal (tecido denim) e outros insumos, como acessórios e aviamentos, energia e água. Já os fluxos de saída incluem as descargas para água, emissões para o ar, para o solo (lodo), resíduos (restos de tecidos do corte e costura) e a calça jeans finalizada. A Figura 16 ilustra os processos elementares considerados na confecção bem como os fluxos de entrada e saída.

Figura 16 – Representação dos fluxos de entrada e saída e dos processos elementares na confecção da calça jeans



Fonte: elaboração da autora.

Na etapa de beneficiamento do jeans, optou-se por utilizar como fluxo de referência um kilo de vestuário para o cálculo do inventário. Na confecção, considerou-se os materiais que compõem uma calça jeans como tecidos (denim e tecidos de forro), botão, zíper e a etiqueta de identificação e de composição têxtil. No Quadro 9, estão apresentados os tipos de dados dos fluxos de entrada e saída na confecção e lavagem e suas respectivas fontes.

Quadro 9 – Dados de inventário do processo de confecção e beneficiamento do jeans

Fluxos do inventário da confecção	**Dados de entrada**	**Fontes da literatura**
Fluxos de entrada	Matéria-prima (tecido denim), tecido forro (tricoline), botão, zíper, transporte de insumos, transporte de distribuição, energia.	Dados primários e Rodrigues *et al*. (2017) (tempo da etapa de corte)
Fluxos de saída	Resíduos sólidos (resto de tecidos e linhas do setor de corte e costura)	Dados primários
Fluxo de inventários do beneficiamento do jeans (lavanderia)	**Dados de entrada**	**Fontes da literatura**
Fluxos de entrada	Transporte de coleta e entrega de roupas, produtos químicos, água e energia elétrica e térmica	Dados primários e Morita (2013) (energia térmica), Moura, Moita Neto e Silva (2024) (amaciante)
Fluxos de saída	Efluentes, emissões para o ar, descargas para o solo (lodo)	Dados primários, Morita (2013)

Fonte: elaboração da autora.

Convém ressaltar que devido à ausência de registros e restrições por parte das empresas, o tempo de corte na confecção de uma das empresas, o consumo de energia térmica a lenha na lavagem e o amaciante foram baseados em Rodrigues *et al.* (2017), Morita (2013) e Moura, Moita Neto e Silva (2024), respectivamente. Conforme previsto na NBR ISO 14040, durante a coleta de dados, podem surgir novas exigências ou limitações associadas aos dados que demandam uma mudança nos procedimentos de coleta de dados para garantir que os objetivos do estudo sejam alcançados (ABNT, 2009a). Por fim, o fluxo de entradas e saídas dos produtos do sistema de produção da calça jeans, está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Fluxos de produtos principais de entradas e saídas nas etapas do sistema

Etapas do Sistema	**Entradas**	**Saída**
Produção de Algodão	Insumos de cultivo	Algodão em pluma
Fiação	Algodão em pluma	Fios
Tecelagem	Fios	Tecido
Confecção	Tecido	Calça jeans

Fonte: elaboração da autora.

A modelagem do beneficiamento do jeans foi realizada em separado da confecção para permitir uma avaliação detalhada dos processos individuais. Cada calça estudada passa por diferentes tipos de lavagem e tratamentos com diferentes impactos ambientais. Portanto, ao separar esses processos, foi possível identificar os impactos ambientais de cada calça levando em conta seu respectivo tipo de lavagem.

Essa decisão também foi motivada pelo fato de que o beneficiamento do jeans acontece em uma região e infraestrutura diferente da indústria de confecção, havendo interesse em avaliar

as particularidades de cada atividade proveniente de empresas diferentes. As fases consideradas para as modelagens de ACV foram desingomagem, estonagem, clareamento, neutralização, alvejamento, amaciamento, centrifugação, secagem e passadoria.

4.3.2 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida

A terceira etapa da ACV consiste na realização da AICV. Os impactos da indústria têxtil e de confecção, desde a produção da fibra até o uso da peça de vestuário, abrangem o consumo de recursos naturais (água e terra), emissões de gases de efeito estufa, poluição e toxicidade do ar, solo e água, degradação do solo e da biodiversidade (Chen *et al.*, 2023; Moazzem *et al.*, 2021; Periyasamy; Periyasami, 2023).

Diante desses impactos, foram escolhidas as categorias de impactos e os métodos que pudessem evidenciar os principais efeitos decorrentes dos processos têxteis. Assim, para realizar a AICV, foram consideradas as categorias de Aquecimento Global (GWP), Acidificação Terrestre (AT), Eutrofização Potencial (EP), Formação Fotoquímica de Ozônio (FOF) e Escassez hídrica. Além disso, essas categorias se mostram mais relevantes e incidentes em estudos de ACV no setor têxtil e de confecção (Arduin, 2013; Chen *et al.*, 2023).

Quanto aos métodos, foi dada preferência àqueles que refletem o contexto brasileiro. Foi identificada a recomendação de Mendes and Ometto (2019) para avaliar a Acidificação Terrestre (AT) por meio do método Recipe 2016 Midpoint (H), e conforme recomendado por Castro et al. (2019), o AWARE foi adotado para avaliar a escassez hídrica.

As demais categorias que foram analisadas seguiram as diretrizes das recomendações estabelecidas na Product Category Rules (2021) para calças jeans e produtos similares, sendo elas o Global Warming Potential (GWP) pelo IPCC GWP 100a, o Eutrophication Potential (EP) pelo CML-IA 2001 baseline e o Photochemical Oxidation Formation (POF) ReCiPe Midpoint (H).

Essas escolhas se deram pela aplicabilidade dos métodos ao produto em estudo, levando em consideração o escopo global das análises. A identificação de áreas críticas onde os impactos ambientais são mais significativos ajudou a fundamentar e tomar decisões relacionadas aos pesos atribuídos ao Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP.

4.4 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO

O Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP foi criado para avaliar a consistência de DAPs, com base em critérios da literatura e normas da ABNT, e classificá-las

dentro de uma escala de confiabilidade. Com essa ferramenta, o usuário pode avaliar uma DAP de calça jeans e verificar se ela possui índices satisfatórios para a aplicação pretendida.

Os resultados quantitativos fornecidos pelo Instrumento também são úteis para identificar áreas passíveis de melhoria na DAP. Convém ressaltar que os estudos de ACV subsidiaram o desenvolvimento do Instrumento pois permitiram identificar as informações do processo produtivo da calça jeans que são relevantes para a confiabilidade da DAP, conferindo assim, maior peso a essas informações.

A construção do Instrumento obedeceu às seguintes etapas: (a) Definição dos critérios e objetivos; (b) Desenvolvimento dos conceitos de cada critério; (c) Estruturação e organização do instrumento com definição dos itens e das escalas de resposta; (d) Validação empírica e; (e) Pré-teste (Coluci; Alexandre; Milani, 2015; Courtat *et al.*, 2023; Wharta; Santana, 2020).

O cálculo de consistência de DAP envolve a avaliação de critérios como credibilidade normativa, credibilidade técnica, abrangência, completeza e precisão, cada um com seus propósitos específicos. No Quadro 10, estão resumidos os critérios e seus respectivos objetivos e objetos de mensuração.

Quadro 10 – Critérios para avaliação de confiabilidade de DAP, objetivos e objetos de mensuração

Critérios	Objetivo do critério	Objeto mensurado
Credibilidade Normativa	Gerar a razão quanto ao cumprimento dos requisitos obrigatórios estabelecidos pela NBR ISO 14025 e PCR (2021)	requisitos obrigatórios previstos NBR ISO 14025 (2015) e PCR (2021)
Credibilidade Técnica	Gerar o índice de transparência e flexibilidade da DAP	informações do processo de elaboração do rótulo, informação de produto, informações ambientais adicionais e informações adicionais sobre os processos de desenvolvimento da RCP, DAP e ACV
Abrangência	Gerar o índice de dados declarados das fases e processos do sistema de produto e dos requisitos de qualidade de dados do estudo de ACV	fases e processos relevantes declarados e requisitos de qualidade recomendados nas normas NBR ISO 14040 (2009), NBR ISO 14044 (2009) e NBR ISO 14025 (2015)
Completeza	Gerar o índice de completeza de uma DAP	resultados da credibilidade normativa, credibilidade técnica e de abrangência do estudo de ACV
Precisão	Gerar o índice de precisão quanto às informações relacionadas ao contexto do produto rotulado	informações das fontes de dados, informações sobre embalagens, indicadores de impactos ambientais, dados sobre produção de resíduos, uso dos recursos e fluxos de saída
Consistência	Gerar o índice de consistência da DAP	índice de completeza e precisão

Fonte: elaboração da autora.

A definição dos critérios e seus respectivos objetos foram articulados a partir da revisão de literatura e dos padrões da ABNT (ABNT, 2009a, 2009b, 2015, 2019). Essa etapa teve como objetivo estabelecer critérios que fossem considerados essenciais na avaliação de uma DAP. Em seguida, os conceitos foram desenvolvidos como princípios subjacentes a esses critérios, qualificando a consistência na estrutura de uma DAP. Procedimentos semelhantes foram observados nos estudos de Courtat *et al.* (2023).

No que se refere à estruturação e organização do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP, cada critério foi associado a informações específicas que puderam ser avaliadas em uma escala de resposta binária, permitindo a interpretação como "presentes" ou "ausentes". A escolha da escala binária reflete de maneira apropriada o propósito de cada critério, uma vez que a avaliação de confiabilidade se concentra na identificação de informações que podem ou não estar presentes em uma DAP. Isso resulta em uma avaliação clara, sem ambiguidades, e proporciona maior precisão em relação aos objetivos do Instrumento.

A seleção das informações incorporadas no Instrumento foi pautada nas normas associadas à DAP, ACV e RCP levando em consideração os requisitos obrigatórios e as recomendações, que não são de caráter obrigatório para uma DAP. Quanto à ponderação, foi estabelecido pesos para cada item incluído no Instrumento. As informações "ausentes" receberam o valor zero.

O Instrumento foi estruturado para receber informações provenientes da DAP, previsto para ser preenchido por qualquer usuário. A apresentação dos itens disponíveis para seleção no Instrumento procurou atender à sequência de informações que, de forma padronizada, aparecem em uma DAP. O objetivo foi facilitar a identificação de cada item no momento de preenchimento do Instrumento pelo pesquisador. Como argumentam Coluci, Alexandre e Milani (2015), a ordem lógica é um princípio que deve ser considerado na estruturação de um instrumento de pesquisa. A organização do Instrumento pode ser visualizada no Apêndice D.

As informações utilizadas para avaliar a credibilidade normativa foram definidas com base nos requisitos obrigatórios estipulados na NBR ISO 14025 (2015). Ao considerar sua relação com a RCP, na qual são estabelecidas informações obrigatórias, a credibilidade normativa leva em conta os requisitos da RCP da categoria de produto calça jeans, selecionada para esta pesquisa, a Product Category Rules (PCR) (2021) da EPD Internacional® Brasil.

O mesmo princípio se aplica aos requisitos sobre a condução da ACV cujas informações devem constar na DAP para fins de comparabilidade, seguindo as diretrizes da NBR 14040 (2009), portanto, tornando-se obrigatórias. O Quadro 11 possui a listagem de informações

obrigatórias na composição de uma DAP e foram utilizadas para fins de avaliação da credibilidade normativa.

Quadro 11 - Informações obrigatórias na composição de uma DAP

Seção	Informações obrigatórias estabelecidas na NBR ISO 14025 e PCR (2021)
Generalidades	- Número de registro da DAP - Indicação da versão da DAP - O rótulo oferece indicativo de especificidade - Nome do proprietário-fabricante do produto - Identificação ou logotipo do proprietário-fabricante do produto - Descrição da empresa (proprietário-fabricante) que faz a declaração - Nome do operador de programa que desenvolveu a DAP - Endereço do operador de programa que desenvolveu a DAP - Identificação da RCP - Data de publicação da DAP - Prazo de validade da DAP - Assertiva de que DAP de programas diferentes podem não ser comparáveis - Informação onde o material explicativo e documentos referentes a condução da RCP podem ser obtidos - Indicativo de disponibilidade das instruções de programas gerais - Indicativo de disponibilidade de material explicativo referente a DAP - Nome de quem conduziu a RCP - Informação de como contatar o responsável pela RCP por meio do operador de programa - Indicativo de verificação independente da declaração e dos dados de acordo com a NBR ISO 14025 - Nome do verificador de terceira parte (item obrigatório para comunicação para o consumidor)
Informações do produto	- Nome do produto (identificação do produto, p. ex. modelo) - Imagem do produto - Descrição do produto com definição da categoria do produto (p. ex. UN CPC) - Descrição do produto (especificações técnicas de desempenho) - Funções técnicas do produto (p. ex., tempo de vida útil esperado, aplicação e uso pretendido) - Escopo geográfico da EPD, ou seja, para qual(is) localização(ões) geográfica(s) de uso e fim de vida o desempenho do produto foi calculado - Unidade funcional ou unidade declarada - Unidades de medidas
Informações sobre a condução da ACV	- Declaração do(s) ano(s) abrangido(s) pelos dados utilizados para o cálculo da ACV e outros anos de referência relevantes. - Referência às fontes de dados das funções upstream, core process e downstream - Indicativos dos métodos de cálculo de ACV (ex. GWP100, ReCiPe etc.) - Descrição das funções do sistema de produto do upstream, core process e downstream - Diagrama do sistema dos processos incluídos na ACV, divididos nas etapas do ciclo de vida (representação gráfica) - Definição do limite do sistema “do berço ao portão”, “do berço ao portão com opções” ou “do berço ao túmulo” - Indicação de contatos para mais informações ou materiais explicativos - Nome e/ou informações de contato da organização que realiza o estudo de ACV subjacente - Regras de corte para estudo de ACV - Informações sobre os requisitos de qualidade dos dados que incluem a cobertura, precisão, integralidade, representatividade, consistência, reprodutibilidade, fontes e incerteza - Sistema de alocação adotado no estudo de ACV (p. ex.

	físico/massa/econômico/causal) - Sistema de alocação de material, de fluxos de energia e externalidades
Declaração de conteúdo	- Lista de materiais e substâncias químicas, incluindo informações sobre suas propriedades ambientais e perigosas (conteúdo do produto com % do material por peso) - Os indicadores de uso de recursos baseados no Inventário do Ciclo de Vida (ICV) declarados por unidade funcional ou unidade declarada e por estágio do ciclo de vida (Indicativo de consumo de recursos incluindo energia, água e recursos renováveis) - Os resíduos produzidos estão declarados por unidade funcional ou unidade declarada e por estágio do ciclo de vida (Indicativos de resíduos produzidos em quantidade e periculosidade) - Informações ambientais adicionais não derivadas dos cálculos baseados em ACV - Referências (p. ex. ACV subjacente, RCP utilizado, outros documentos que verificam ou complementam a DAP, instruções para reciclagem, instruções do programa, fontes de informações adicionais) - Indicativos das emissões para o ar, água e solo
Informações Ambientais Adicionais	- Impacto(s) e impacto(s) potencial(is) na biodiversidade - Toxicidade relativa à saúde humana e/ou ao meio ambiente - Aspectos geográficos em relação a algumas fases do ciclo de vida (por exemplo uma discussão sobre a relação entre o(s) impacto(s) ambienta(is) potencial(is) e a localização do sistema de produto) - Dados sobre o desempenho do produto - Aderência da organização a algum sistema de gestão ambiental - Algum outro programa ambiental da certificação aplicado ao produto e a uma declaração onde uma parte interessada possa encontrar detalhes do programa da certificação - Outras atividades ambientais da organização (participação nos programas de reciclagem ou recuperação) - Informação que é derivada da ACV, mas não comunicada no ICV ou AICV baseados em formatos típicos - Instruções e limites para o uso eficiente - Avaliação do perigo e do risco à saúde humana e ao meio ambiente - Informação sobre ausência ou nível de presença de um material no produto que é considerado de significância ambiental em determinadas áreas - Opção preferida da gestão de resíduos para produtos usados - Potencial para ocorrência de incidentes que podem ter impactos no meio ambiente

Fonte: Adaptado de ABNT (2015, 2009a) e PCR (2021).

A credibilidade normativa (CN) quantifica o cumprimento dos requisitos mínimos obrigatórios conforme definidos na NBR ISO 14025 e na PCR (2021). As informações para o cálculo da credibilidade normativa possuem pesos iguais no Instrumento haja vista a natureza dos dados e seus respectivos objetivos de análise (Raju *et al.*, 1997).

As informações foram tratadas como igualmente críticas e relevantes na avaliação da confiabilidade de uma DAP. Conforme já explorado na revisão da literatura e nas normas técnicas vigentes, os requisitos e recomendações de uma DAP são enquadrados como importantes na sua aparição para indicar maior consistência. Além disso, as informações são altamente correlacionadas e igualmente influenciam na confiabilidade da DAP.

Esse critério, de modo geral, procura conferir a quantidade de informações que são apresentadas na DAP, ou seja, quanto maior a identificação dos dados presentes na DAP, maior sua proporção na avaliação. Sua equação é:

$$CN = a / b$$

sendo,

CN é a credibilidade normativa

a é a quantidade de informações obrigatórias declaradas na DAP

b é a quantidade total de informações obrigatórias possíveis no Instrumento

Para quantificar a credibilidade técnica (CT), foram avaliados todos os requisitos não obrigatórios, ou recomendações, que estão relacionados ao processo de elaboração do rótulo, informação do produto, às informações ambientais adicionais, às verificações de ACV e DAP e aos processos de desenvolvimento da ACV e RCP, sendo esses aspectos essenciais para demonstrar transparência da DAP, bem como sua flexibilidade.

Os indicadores foram baseados na NBR ISO 14025 (2015), 14040 (2009) e na PCR (2021). No Quadro 12, estão reunidas as informações que deverão quantificar a credibilidade técnica a serem avaliadas no Instrumento, organizadas por seção.

Quadro 12 – Informações do Instrumento para quantificar a credibilidade técnica

Seção	**Informações que atribuem transparência e flexibilidade na DAP**
Generalidades	- Logotipo do operador de programa que desenvolveu a DAP, se relevante - Web site do operador de programa que desenvolveu a DAP, se relevante - Informações do operador de programa além do endereço (p. ex. site, contato, e-mail etc). - Data de revisão da DAP (quando aplicável). - Nota de que a DAP está em conformidade com a NBR ISO 14025 - Nota de que as informações podem ser atualizadas se as condições mudarem - Declaração de que o proprietário da DAP tem a propriedade e responsabilidade exclusivas - Especificação do documento com o termo "Declaração Ambiental de Produto"
Informações do produto	- Identificação do produto de acordo com algum sistema de classificação de produto - Vocabulário comum de compras
Informações sobre a condução da ACV	- Referência à(s) base(s) principal(is) para dados genéricos, quando usado - Indicativo do Software LCA utilizado - Informações sobre quais fases do ciclo de vida não são consideradas - Justificativa da omissão das fases não consideradas
Declaração de conteúdo	- Indicação da procedência de uso de materiais recicláveis na produção do produto declarado - Informações sobre a embalagem - Os indicadores relacionados ao potencial impacto ambiental (AICV) declarados por unidade funcional ou unidade declarada e por etapa do ciclo de vida. - Atualização das versões da DAP com apresentação das diferenças entre cada uma delas

Informações ambientais adicionais	- Instruções para manutenção e serviço adequados do produto - Informações sobre peças-chave do produto que determinam sua durabilidade - Informações sobre reciclagem, incluindo, por exemplo, procedimentos adequados para reciclar todo o produto ou partes selecionadas e os potenciais benefícios ambientais obtidos - Informações sobre um método adequado de reutilização do produto (ou partes dos produtos) e procedimentos para eliminação como resíduo no final do seu ciclo de vida - Informações sobre o descarte do produto, ou materiais inerentes, e qualquer outra informação considerada necessária para minimizar os impactos de fim de vida do produto - A existência de um sistema de gestão da qualidade ou ambiental ou qualquer tipo de atividade ambiental organizada - Qualquer atividade relacionada à gestão da cadeia de suprimentos, responsabilidade social etc. - Informações sobre onde as partes interessadas podem encontrar mais detalhes sobre o trabalho ambiental da organização - Referências

Fonte: elaboração da autora.

Dada a diversidade de dados que podem aparecer em uma DAP, a qual está sujeita às afirmativas da empresa responsável pelo rótulo, decidiu-se atribuir pesos que variam de acordo com a natureza das informações. Deste modo, foram classificadas as informações que são importantes para avaliar a credibilidade técnica quanto à sua relevância ambiental na conformidade com as políticas ambientais e no desempenho para com as demandas do setor.

As informações declaradas na DAP indicativas de cumprimento ou de alinhamento com as diretrizes das políticas ambientais foram consideradas altamente relevantes, sendo elas voluntárias ou não. Tais informações demonstram que a empresa declarante tem compromisso com a apresentação dos desempenhos ambientais de seus produtos e serviços, além de mostrar conformidade com as exigências das políticas ambientais.

Ao mesmo tempo, as organizações são pressionadas pelas instituições e pela agenda política internacional a implementarem estratégias ambientais visando mitigar os impactos negativos ao meio ambiente ao longo de suas cadeias de suprimentos, sendo essas estratégias igualmente relevantes (Abreu *et al.*, 2010; Muñoz-Torres *et al.*, 2021; Niinimäki *et al.*, 2020; Oliveira Neto *et al.*, 2019; Oliveira; Serra; Salgado, 2010).

Conforme Muñoz-Torres *et al.* (2021), as empresas precisam se envolver ativamente na medição e comunicação dos aspectos ambientais para a cadeia de suprimentos, de acordo com os pontos críticos do setor. Assim, as informações declaradas na DAP devem refletir o grau de coerência das ações implementadas pela empresa detentora do rótulo no sentido de atender às questões ambientais relevantes, que tenham impacto direto no desempenho ambiental, para além do produto rotulado.

Além disso, essas informações agregam valor à DAP, conferindo-lhe maior transparência e consistência, e indicam que a empresa adota medidas compatíveis com os

princípios de preservação da qualidade ambiental e manutenção do equilíbrio ecológico, tal como descrito no artigo 2º da Política Nacional do Meio Ambiental (PNMA) (BRASIL, 1981).

Assim, o grau de relevância ambiental foi usado para determinar os pesos na avaliação da credibilidade técnica, onde as informações mais relevantes (portanto, de maior peso) apontam a declarante como uma empresa que implementa práticas ou medidas ambientais direta ou indiretamente impactantes para a cadeia de suprimentos têxtil e está em alinhamento com as diretrizes políticas.

As legislações ambientais brasileiras a nível nacional, estadual e municipal foram usadas como referências para justificar e fundamentar o maior peso às informações declaradas na DAP que demonstram maior alinhamento com as políticas ambientais. As legislações consideradas foram:

a) Lei Municipal nº2.475/1996, que dispõe sobre a política de proteção, conservação, recuperação e desenvolvimento do meio ambiente (Teresina, 1996);
b) Lei 4.854/1996, que trata da política ambiental do Estado do Piauí (Piauí, 1996);
c) Política Nacional do Meio Ambiental (PNMA), instituída pela Lei 6.938/1981 (BRASIL, 1981).

No Quadro 13, são listadas as leis utilizadas como referência para justificar a ponderação no cálculo da credibilidade técnica e seus respectivos artigos considerados. Para observar melhor detalhamento do conteúdo dos artigos, veja o Apêndice E.

Quadro 13 – Leis ambientais brasileiras e as diretrizes fundamentais para cálculo da CT

Lei	Diretrizes
Lei Municipal nº2.475/1996	Artigos 3º, 22, 23, 24, 25, 30, 32, 33, 35, 50
Lei 4.854/1996 (Política Ambiental do Estado do Piauí)	Artigos 10, 13, 16, 17, 20, 29, 30
Lei 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente)	Artigo 2º

Fonte: elaboração da autora.

No que diz respeito às informações consideradas moderadamente relevantes, estas podem ser descritas como as de menor impacto na transparência de uma DAP, porém igualmente importante para o desempenho ambiental do produto, uma vez que estão em conformidade com as recomendações normativas da NBR ISO 14040 (2009) e 14044 (2009) e PCR (2021).

Já em relação às informações menos relevantes, elas possuem um caráter mais informativo e são mais técnicas, porém com detalhes que atestam a transparência da DAP. Essas

informações no Instrumento também foram baseadas na NBR ISO 14040 (2009) e 14044 (2009) e PCR (2021).

A avaliação dos pesos foi realizada por meio de uma abordagem de análise multicritério, especificamente através do Método de Análise Hierárquica (AHP, do inglês *Analytic Hierarchy Process*). Essa técnica é utilizada para determinar a importância relativa dos critérios, convertendo tanto julgamentos objetivos quanto subjetivos em pesos que refletem a importância relativa (Olson, 1996; Saaty, 1990, 1994; Siraj; Mikhailov; Keane, 2013). Diante disso, esse método foi considerado uma opção prática e apropriada para a atribuição de pesos no critério de credibilidade técnica.

Além disso, o *software* PriEst foi empregado para processamento e análise dessas prioridades (pesos). O PriEst, que está disponível gratuitamente na internet, foi desenvolvido como uma ferramenta de suporte à tomada de decisão baseada no AHP. Essa ferramenta também realiza análises de consistência na atribuição dos julgamentos dos pesos e análise de sensibilidade (Siraj; Mikhailov; Keane, 2013).

Portanto, quanto à classificação das informações, as mesmas foram distribuídas conforme apresentado no Quadro 14.

Quadro 14– Organização das informações do Instrumento conforme sua classificação de relevância ambiental para credibilidade técnica

Classificação das informações quanto à relevância ambiental	**Descrição**	**Informações no Instrumento**
Altamente relevantes (peso 0,7)	Informações que são cruciais para o desempenho ambiental e estão alinhadas com as diretrizes ambientais	- Instruções para manutenção e serviço adequados do produto - Informações sobre peças-chave do produto que determinam sua durabilidade - Informações sobre reciclagem, incluindo, por exemplo, procedimentos adequados para reciclar todo o produto ou partes selecionadas e os potenciais benefícios ambientais obtidos - Informações sobre um método adequado de reutilização do produto (ou partes dos produtos) e procedimentos para eliminação como resíduo no final do seu ciclo de vida - Informações sobre o descarte do produto, ou materiais inerentes, e qualquer outra informação considerada necessária para minimizar os impactos de fim de vida do produto - A existência de um sistema de gestão da qualidade ou ambiental ou qualquer tipo de atividade ambiental organizada - Qualquer atividade relacionada à gestão da cadeia de suprimentos, responsabilidade social, etc. - Indicação da procedência de uso de materiais recicláveis na produção do produto declarado - Informações sobre a embalagem

		- Os indicadores relacionados ao potencial impacto ambiental (AICV) declarados por unidade funcional ou unidade declarada e por etapa do ciclo de vida - Informações sobre onde as partes interessadas podem encontrar mais detalhes sobre o trabalho ambiental da organização - Referências
Moderadamente relevantes (peso 0,2)	Informações importantes, mas com menor impacto em comparação às altamente relevantes	- Referência à(s) base(s) principal(is) para dados genéricos, quando usado - Indicativo do Software LCA utilizado - Informações sobre quais fases do ciclo de vida não são consideradas - Justificativa da omissão das fases não consideradas
Menos relevantes (peso 0,1)	Informações importantes, mas que são mais informativas ou técnicas, com menor impacto direto no desempenho ambiental	- Logotipo do operador de programa que desenvolveu a DAP, se relevante - Web site do operador de programa que desenvolveu a DAP, se relevante - Informações do operador de programa além do endereço (p. ex. site, contato, email, etc). - Data de revisão da DAP (quando aplicável). - Nota de que a DAP está em conformidade com a NBR ISO 14025 - Nota de que as informações podem ser atualizadas se as condições mudarem - Declaração de que o proprietário da DAP tem a propriedade e responsabilidade exclusivas - Especificação do documento com o termo "Declaração Ambiental de Produto" - Identificação do produto de acordo com algum sistema de classificação de produto - Vocabulário comum de compras - Atualização das versões da DAP com apresentação das diferenças entre cada uma delas

Fonte: elaboração da autora.

Assim, a equação da credibilidade técnica ficou assim estabelecida:

$$CT = \frac{(0{,}7\ x\ nAR)\ +\ (0{,}2\ x\ nMR)\ +\ (0{,}1\ x\ nLR)}{(0{,}7\ x\ NAR)\ +\ (0{,}2\ x\ NMR)\ +\ (0{,}1\ x\ NLR)}$$

sendo,

CT é a credibilidade técnica

nAR é a quantidade de informações altamente relevantes declaradas na DAP

nMR é a quantidade de informações moderadamente relevantes declaradas na DAP

nLR é a quantidade de informações menos relevantes declaradas na DAP

NAR é a quantidade total de informações altamente relevantes possíveis no Instrumento

NMR é a quantidade total de informações moderadamente relevantes possíveis no Instrumento

NLR é a quantidade total de informações menos relevantes possíveis no Instrumento

O critério abrangência (Ab) avalia de forma específica a extensão das fases e processos considerados do sistema de produto, bem como dos requisitos de qualidade de dados contemplados no estudo de ACV. As informações utilizadas para quantificar a abrangência foram baseados na NBR ISO 14025 (2015), NBR ISO 14040 (2009), NBR ISO 14044 (2009) e na PCR (2021). Assim, o cálculo da abrangência consiste em integrar a avaliação da amplitude dos processos considerados nas fases a montante, a jusante e principal com a extensão das informações declaradas sobre os requisitos de qualidade. As informações do Instrumento que quantificam a abrangência de uma DAP estão apresentadas no Quadro 15.

Quadro 15 – Informações no Instrumento para quantificar a abrangência da DAP

Seção	Informações Indicativas de Abrangência
Escopo do estudo	- Sistema de produto "do berço ao portão de entrada" (*upstream*) - Sistema de produto "do portão de entrada ao portão de saída" ou "do portão de entrada ao portão de saída com opções" (*core process*) - Sistema de produto "do portão de saída ao túmulo" (*downstream*)
Processos do sistema de produto "do berço ao portão de entrada"	- Extração crescente ou síntese das matérias-primas - Atividades de cultivo de fibras naturais, incluindo a colheita - Produção dos principais materiais - Produção e aplicação de auxiliares usados nos processos upstream - Produção e consumo de produtos químicos usados nos processos a upstream - Produção e consumo de energia elétrica utilizados no módulo upstream - Produção e consumo de combustíveis utilizados no módulo upstream - Fabricação de embalagens primárias e secundárias - Tratamento de resíduos em fim de vida - Tratamento de águas residuais
Processos do sistema de produto "do portão de entrada ao portão de saída"	- Transporte de materiais, auxiliares, pigmentos, produtos químicos e corantes - Produção de pigmentos e corantes usados nos processos principais - Fabricação do produto final (incluindo preparação de fios, urdidura, tingimento, branqueamento, rebrota, colagem, tecelagem, tricô, crochê e processos de acabamento) - Transporte interno de tecido para almoxarifado ou armazém - Produção e consumo de energia elétrica utilizados no processo principal - Produção e consumo de combustíveis utilizados no processo principal - Manutenção (por exemplo, das máquinas) - Consumo de água - Tratamento de resíduos em fim de vida - Tratamento de água residuais - Controle de qualidade do produto acabado - Embalagem do produto acabado
Processos do sistema de produto "do portão de saída ao túmulo"	- Transporte da preparação para uma plataforma de varejo/distribuição média - Fase de uso (ou uso do tecido: confecção de vestuário) - Uso do produto pelo consumidor (lavar, secar, engomar) - Reciclagem ou manuseio de resíduos/materiais de embalagem após o uso - Fim da vida útil dos produtos - Viagens ao consumidor, ida e volta, de casa à loja ou pontos de entrega
Requisitos de qualidade de dados de ACV	- Cobertura temporal - Cobertura geográfica - Cobertura tecnológica - Completeza - Representatividade - Precisão - Consistência

- Reprodutibilidade - Fonte (s) dos dados - Incertezas de informações

Fonte: elaboração da autora.

O índice do critério abrangência levou em consideração três cálculos. O primeiro foi avaliar o escopo do sistema de produto (Ab_{Escopo}) com base na quantidade de fases declaradas na DAP em relação às fases disponíveis no Instrumento. O escopo do sistema de produto se apresentou em três opções: "do berço ao portão", "do portão ao portão" (ou "do portão ao portão com opções") e "do portão ao túmulo", conforme apresentado no Quadro 15.

Os pesos designados para cada fase declarada, bem como seus respectivos processos correspondentes, foram baseados no estudo de ACV das calças jeans produzidas em Campo Maior – PI. A fase principal foi considerada a mais relevante em uma DAP, de acordo com os resultados apresentados nesta pesquisa e, por isso, recebeu maior peso (0,7). A fase a montante (*upstream*) também se destacou em relação aos impactos ambientais, embora em menor escala, por isso, recebeu peso de importância moderada (0,2).

Ainda que uma análise abrangente dos impactos ambientais de um produto deva considerar as etapas de uso e fim de vida, essas fases estão além do âmbito da produção de vestuário. Os impactos ambientais resultam, na verdade, das escolhas feitas pelos consumidores quanto às formas de uso e destinação final do produto (Joung, H.; Park-Poaps, 2013; Laitala, 2014; Laitala, Klepp, 2015). A inclusão da fase de uso e destinação final na DAP é apenas opcional por parte da empresa declarante, não influenciando na abrangência efetiva de processos que diretamente impactam na produção do produto final (calça jeans). Além disso, os produtores não têm controle e influência sobre essa fase. No entanto, não se pode desconsiderar sua importância haja vista os impactos evidenciados em estudos de ACV quanto a essa fase (Laitala, Klepp, 2015; Sohn *et al.*, 2021). Portanto, a fase de *downstream* recebeu um menor peso no cálculo da abrangência (0,1).

Dessa forma, a atribuição e avaliação dos pesos da abrangência do escopo e abrangência dos processos também utilizou a abordagem de análise multicritério, método AHP (Siraj; Mikhailov; Keane, 2013). A abrangência do escopo do sistema de produto apresenta o seguinte cálculo:

$$Ab_{Escopo} = (0{,}2\ x\ fase\ "do\ berço\ ao\ portão") + (0{,}7\ x\ fase\ "do\ portão\ ao\ portão") + (0{,}1\ x\ fase\ "do\ portão\ ao\ túmulo")$$

sendo,

Ab_{Escopo} = Abrangência do escopo do sistema de produto

e = soma dos pesos das fases declaradas na DAP que definem o escopo do sistema de produto, sendo do berço ao portão: 0,2, do portão ao portão: 0,7 e do portão ao túmulo: 0,1

O segundo cálculo consistiu em avaliar o nível de abrangência dos processos em diferentes partes do sistema de produto "do berço ao portão", "do portão ao portão" (ou "do portão ao portão com opções") e "do portão ao túmulo", considerando a quantidade dos processos declarados com relação ao total disponível no Instrumento, conforme representado nas seguintes razões:

$$Ab_{Processos_BP} = g/h$$

$$Ab_{Processos_PP} = i/j$$

$$Ab_{Processos_PT} = k/l$$

sendo,

g = quantidade de processos declarados na DAP "do berço ao portão"

h = quantidade total de processos do berço ao portão disponíveis no Instrumento

i = quantidade de processos declarados na DAP "do portão ao portão" ou "do portão ao portão com opções"

j = quantidade total de processos do portão ao portão disponíveis no Instrumento

k = quantidade de processos declarados na DAP "do portão ao túmulo"

l = quantidade total de processos do portão ao túmulo disponíveis no Instrumento

Assim, o cálculo da abrangência total dos processos considerando os pesos teve como equação:

$$Ab_{ProcessosTotal} = (0{,}2 \times Ab_{Processos_BP}) + (0{,}7 \times Ab_{Processos_PP}) + (0{,}1 \times Ab_{Processos_PT})$$

sendo,

$Ab_{ProcessosTotal}$ = Abrangência total dos processos do sistema

$Ab_{Processos_BP}$ = Abrangência dos processos do berço ao portão

$Ab_{Processos_PP}$ = Abrangência dos processos do portão ao portão

$Ab_{Processos_PT}$ = Abrangência dos processos do portão ao túmulo

O terceiro cálculo consistiu na abrangência dos requisitos de qualidade ($Ab_{ReqQual}$), comparando o total declarado com o total disponível. Os requisitos de qualidade são considerados obrigatórios e igualmente críticos para a qualidade e consistência dos dados na DAP (ABNT, 2009a, 2009b). Portanto, foram mantidos em pesos iguais, tendo como razão:

$$Ab_{ReqQual} = m/n$$

sendo,

$Ab_{ReqQual}$ = abrangência dos requisitos de qualidade

m = quantidade de informações declaradas sobre os requisitos de qualidade na DAP

n = quantidade total de requisitos de qualidade disponíveis no Instrumento

Finalmente, o cálculo da abrangência (Ab) está representado na seguinte equação:

$$Ab = \frac{(\mathrm{Ab}Escopo + \mathrm{Ab}ProcessosTotal + \mathrm{Ab}ReqQual)}{3} \text{ x } 100\%$$

sendo,

Ab: Abrangência

Ab_{Escopo} = Abrangência do escopo do sistema de produto

$Ab_{ProcessosTotal}$ = Abrangência total dos processos do sistema

$Ab_{ReqQual}$ = Abrangência dos requisitos de qualidade

A completeza foi estabelecida como critério com base na compreensão de que o atendimento dos requisitos normativos, combinado com a transparência, disponibilidade de informações e abrangência do estudo de ACV, juntamente com seus requisitos de qualidade, pode proporcionar maior consistência à DAP. O cálculo de completeza foi desenvolvido para integrar outros valores, proporcionando um resultado unificado e facilitando uma interpretação final mais abrangente. Seu cálculo considera os valores de credibilidade normativa, credibilidade técnica e abrangência. Esses três critérios que compõem a completeza são críticos para que o volume de informações declaradas venha a classificar a DAP como um recurso robusto com informações pertinentes para a tomada de decisão do usuário.

As informações normativas que não foram atendidas na DAP constituem um fator altamente crítico para o bom uso da DAP uma vez que, espera-se que esse tipo de rótulo ofereça

a garantia de presença de dados que são usados para fins de comparação com outros produtos e para projetos de produto. Assim, o peso da credibilidade normativa no cálculo da completeza recebeu maior valor.

Já a credibilidade técnica abrange dados e informações ambientalmente relevantes que garantem maior consistência ao conteúdo da DAP, portanto, sendo considerado um critério com grande impacto nesse tipo de rótulo. No entanto, em comparação com a credibilidade normativa e abrangência, seu peso foi considerado moderado, haja vista sua característica de não obrigatoriedade.

Por fim, a abrangência envolveu a maior quantidade de informações declaradas sobre o estudo de ACV e na DAP, igualmente determinantes para conferir o nível de completeza de uma DAP. Além disso, o critério de abrangência também integra dados obrigatórios, conforme as normas (ABNT, 2015, 2009a, 2009b) e PCR (2021), como as fases a jusante e principal e os requisitos de qualidade.

Por isso, foi considerada, assim como a credibilidade normativa, como um fator altamente crítico para a observância da Completeza. Os pesos foram analisados com o uso do PriEst, igualmente como os critérios precedentes (Siraj; Mikhailov; Keane, 2013). Seu cálculo é definido da seguinte forma:

$$Completeza = (0{,}45 \text{ x } \mathrm{CN} + 0{,}10 \text{ x } \mathrm{CT} + 0{,}45 \text{ x } \mathrm{Ab}) \text{ x } 100\%$$

onde,
Completeza = índice de completeza da DAP
CN = Credibilidade Normativa
CT = Credibilidade Técnica
Ab = Abrangência

No que diz respeito à precisão de uma DAP, foi criada uma medida para avaliar as informações relacionadas ao contexto do produto rotulado. As informações do Instrumento para qualificar uma DAP como precisa basearam-se na NBR ISO 14040 (2009), 14044 (2009) e na PCR (2021). Foram consideradas como indicativas de precisão aquelas informações que apresentavam detalhes mais específicos sobre o produto, incluindo as fontes de dados, detalhes sobre embalagens, categorias de impacto, produção de resíduos, uso dos recursos e fluxos de saída. Esses detalhes podem ser observados no Quadro 16.

Quadro 16 – Informações no Instrumento para qualificar a precisão da DAP

Seção	Informações indicativas de precisão
Fontes de dados	- Fontes primárias (Medido/calculado e verificado) - Fontes primária e secundária (Medido/calculado/literatura e plausibilidade verificada pelo revisor) - Fonte primária e secundária (Medido/calculado/literatura e plausibilidade não verificada pelo revisor OU Estimativa qualificada baseada em cálculos de plausibilidade verificada pelo revisor) - Fonte estimativa (Estimativa qualificada com base em cálculos, plausibilidade não verificada pelo revisor) - Fonte estimativa (Estimativa aproximada com déficits conhecidos)
Embalagem	- Informações sobre tipo da embalagem (s) declarada (s) - Informações sobre função da embalagem (s) declarada (s)
Categorias de impacto	- Emissão de gases de efeito estufa de fontes fósseis - Emissão de gases de efeito estufa de fontes biogênicas - Emissão de gases de efeito estufa do uso da terra e transformação da terra - Emissão de gases acidificantes - Emissão de substâncias para a água que contribuem para a depleção de oxigênio (eutrofização) - Emissão de gases que contribuem para a criação de ozônio troposférico, "potencial fotoquímico de criação de oxigênio" - Esgotamento de recursos abióticos fósseis - Esgotamento de recursos abióticos - elementos - Escassez de água
Uso de recursos	- Recursos de energia primária (renovável). - Recursos de energia primária (não-renovável). - Material secundário - Combustíveis secundários renováveis - Combustíveis secundários não renováveis - Uso da água
Produção de resíduos	- Resíduos perigosos descartados - Resíduos não perigosos descartados - Resíduos radioativos descartados
Fluxos de saída	- Componentes para reutilização - Material para reciclagem - Materiais para recuperação de energia - Energia exportada, eletricidade - Energia exportada, térmica

Fonte: elaboração da autora.

Os pesos atribuídos às fontes de dados de ACV declaradas nas DAPs basearam-se nos fatores de incertezas da Matriz Pedigree, que oferece uma estrutura para avaliar a qualidade dos dados, com cinco níveis de precisão (confiabilidade). A decisão de utilizar essa matriz decorre da sua adaptação para estudos de ACV, validada e reconhecida por especialistas na área (Weidema; Wesnaes, 1996).

A aplicação desta matriz no banco de dados Ecoinvent (Frischknecht *et al.*, 2005) reforça sua importância, visto que o Ecoinvent é uma referência global para dados de ACV. Além disso, os fatores de incerteza dos dados do Ecoinvent foram fundamentados de maneira empírica, como nos estudos de Ciroth, Muller e Weidema (2016), oferecendo maior robustez e precisão na análise dos dados da ACV.

Dessa forma, foi realizado um procedimento de normalização, transformando os valores das incertezas da Matriz Pedigree em uma escala de avaliação de pesos, variando de 0 a 1, com base em Almeida (2013). Assim, os pesos das fontes de dados na avaliação de confiabilidade foram distribuídos nos 5 níveis, conforme a Tabela 3. Os pesos normalizados foram calculados para manter uma relação inversa, onde maior incerteza nos dados resulta em menor peso.

Tabela 3 – Tipos de fontes e classificação da Matriz Pedigree

Tipos de fontes	**Classificação de Precisão da Matriz Pedigree**	**Incertezas**	**Pesos invertidos (1/incerteza)**
Dados verificados com base em medições	Alta precisão (baixa incerteza)	1	1
Dados verificados parcialmente baseados em suposições ou dados não verificados baseados em medições	Boa precisão	1,05	0,95
Dados não verificados, parcialmente baseados em estimativas qualificadas	Precisão moderada	1,1	0,91
Estimativas qualificadas com base em cálculos, plausibilidade não verificada	Baixa Precisão (incerteza significativa)	1,2	0,83
Estimativas não qualificadas (déficits conhecidos)	Baixa precisão (alta incerteza)	1,5	0,67

Fonte: Adaptado da Matriz Pedigree do Ecoinvent Database.

Dessa forma, a avaliação da precisão das fontes de dados foi vista como altamente relevante para a robustez científica para a precisão geral da DAP. Os demais cálculos levaram em conta o foco nas métricas de precisão, que consideram a presença e o nível de detalhamento das informações contidas na DAP, conferindo maior especificidade ao contexto do produto rotulado.

Nesta pesquisa, os estudos de ACV das calças jeans analisadas serviram para fundamentar e justificar a atribuição de pesos maiores aos impactos ambientais mais críticos, como pode ser visto na seção de resultados desta tese. Assim, os cálculos das categorias de impactos e uso dos recursos foram, então, considerados como altamente relevantes por sua inclusão na DAP, uma vez que são essenciais para a análise ambiental do produto rotulado.

Já a embalagem, resíduos e fluxos de saída foram considerados como de menor influência para os impactos ambientais totais, também confirmados nos estudos de ACV desta pesquisa. As definições das categorias de impacto para o Instrumento foram baseadas no documento da RCP utilizada para esta pesquisa (PCR, 2021) e nas Instruções Gerais do Programa da EPD Internacional® Brasil. O uso de dados de instruções gerais de operadores de programa como critérios para avaliar DAPs foi observado nos estudos de Minkov *et al.* (2015).

Assim, o critério de precisão (P_{Geral}) contempla os cálculos de precisão das fontes de dados ($P_{f.dados}$), embalagem (P_{emb}), categorias de impactos ($P_{impactos}$), resíduos ($P_{resíduos}$), uso dos recursos ($P_{recursos}$), fluxo de saída ($P_{f.saída}$). Cada um desses elementos recebeu pesos específicos, tendo sido analisados por meio da análise multricritério e processado no PriEst (SIRAJ; MIKHAILOV; KEANE, 2013). A equação é estabelecida da seguinte maneira:

$$PGeral = ((0{,}294\ x\ Pf.dados) + (0{,}04\ x\ Pemb) + (0{,}294\ x\ Pimpactos) + (0{,}04\ x\ Presíduos) + (0{,}294\ x\ Precursos)\ 0{,}04\ x\ Pf.saída))\ x\ 100\%$$

sendo,

P_{Geral} = Precisão

$P_{f.dados}$ = Precisão das fontes de dados

P_{emb} = Precisão das informações de embalagem

$P_{impactos}$ = Precisão das categorias de impactos

$P_{resíduos}$ = Precisão das especificações na produção de resíduos

$P_{recursos}$ = Precisão de uso de recursos

$P_{f.saída}$ = Precisão de dados sobre o fluxo de saída

A precisão das fontes de dados, das informações de embalagem, das categorias de impactos, das especificações na produção de resíduos, de uso de recursos, de dados sobre o fluxo de saída foi representada nas seguintes fórmulas:

$$P_{f.dados} = ((peso\ x\ (o)) + (peso\ x\ (p)) + (peso\ x\ (q)))/w_{f.dados}$$

Sendo,

$P_{f.dados}$ = Precisão das fontes de dados

o = Tipo de dados do sistema de produto “do berço ao portão”

p = Tipo de dados do sistema de produto “do portão ao portão” (ou “do portão ao portão com opções”)

q = Tipo de dados do sistema de produto “do portão ao túmulo”

peso = peso correspondente ao tipo de dados declarados, conforme Matriz Pedigree

$w_{f.dados}$ = quantidade de fases declaradas

$$P_{emb} = (r)/(s)$$

P_{emb} = Precisão das informações de embalagem

r = Quantidade de informações de embalagem declaradas na DAP

s = Quantidade de informações de embalagem disponíveis no Instrumento

$$P_{impactos} = (t)/(u)$$

$P_{impactos}$ = Precisão das categorias de impactos

t = Quantidade de categorias de impactos declaradas na DAP

u = Quantidade de categorias de impactos disponíveis no Instrumento

$$P_{resíduos} = (v)/(w)$$

$P_{resíduos}$ = Precisão das especificações na produção de resíduos

v = Quantidade de informações de resíduos declarados na DAP

w = Quantidade de informações de resíduos disponíveis no Instrumento

$$P_{recursos} = (x)/(y)$$

$P_{recursos}$ = Precisão de uso de recursos

x = Quantidade de informações de recursos declarados na DAP

y = Quantidade de informações de recursos disponíveis no Instrumento

$$P_{fsaída} = (z)/(aa)$$

$P_{fsaída}$ = Precisão de dados sobre o fluxo de saída

z = Quantidade de informações de fluxo de saída declaradas na DAP

aa = Quantidade de informações de fluxo de saída disponíveis no Instrumento

O critério de consistência foi desenvolvido para realizar uma avaliação final de confiabilidade da DAP, considerando os critérios de completeza e precisão. Vale ressaltar que a consistência tem sido compreendida como um indicador de maior robustez científica em comunicações ambientais, envolvendo a qualidade dos dados e a precisão (Courtat *et al.*, 2023; UNEP, 2017). Portanto, a qualidade dos dados e a precisão foram consideradas como de maior importância para assegurar resultados de consistência confiáveis, conferindo-lhes um peso

maior. Logo, este critério abrange todos os demais critérios em um resultado final. Com base na relevância já atribuída aos critérios, foi realizada uma análise multicritério para quatro variáveis, conforme a abordagem do Método AHP, utilizando o PriEst (Siraj; Mikhailov; Keane, 2013). Deste modo, sua equação ficou definida da seguinte forma:

$$Consistência = ((0{,}139 \text{ x CN}) + (0{,}046 \text{ x CT}) + (0{,}139 \text{ x Ab}) + (0{,}677 \text{ x PGeral})) \times 100\%$$

sendo,

Consistência: Consistência corrigida

CN: Credibilidade Normativa

CT: Credibilidade Técnica

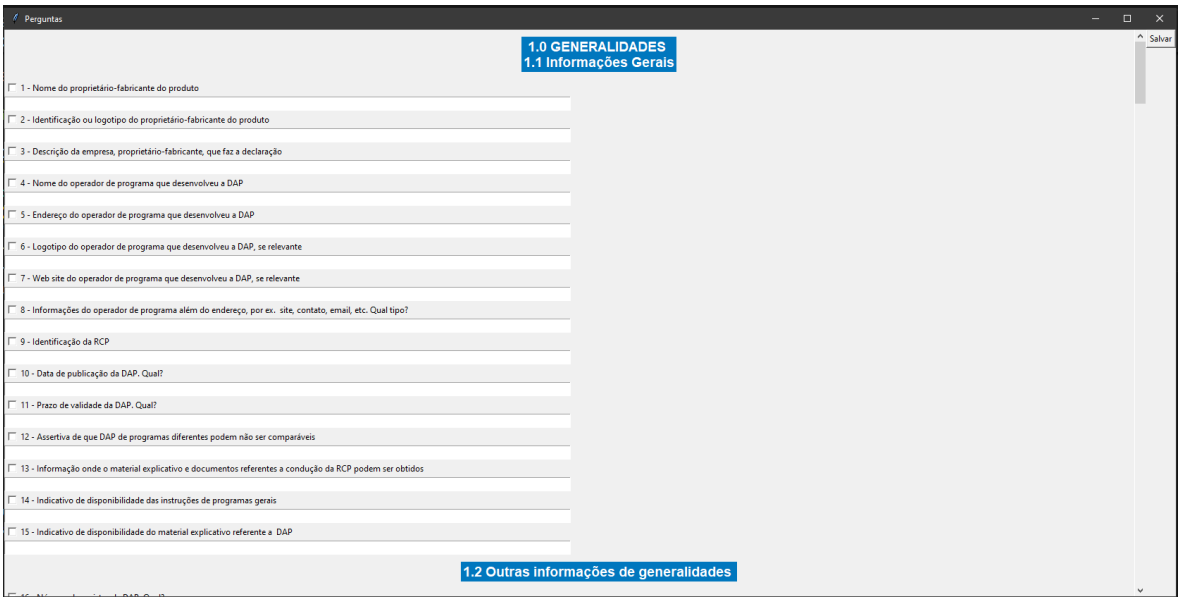
Ab: Abrangência

P_{Geral} = Precisão

Uma ferramenta automatizada desenvolvida na linguagem de programação Pyton, versão 3.10.4, foi empregada para implementar e processar os dados do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP. O Mysql server 8.0, versão 8.0.32, da Oracle Corporation, foi utilizado para auxiliar no processamento dos dados e nos cálculos dos índices por critério, por DAP (individual), por tipo de produto (calça jeans) ou no cruzamento de dados. A ferramenta optou por uma interface simples de *front end*, utilizando uma caixa de seleção (*checkbox*), como demonstrado na Figura 17.

As sessões foram organizadas de acordo com os requisitos de obrigatoriedade recomendado na NBR ISO 14025 (2015). A utilização de uma ferramenta automatizada foi observada nos estudos de Gelowitz e McArthur (2017) devido à quantidade considerável de informações que uma DAP envolve.

Figura 17 – Amostra do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP



Fonte: elaboração da autora.

Após a inclusão dos dados das DAP selecionadas para estudo, os resultados obtidos produziram a validação empírica que atestou o bom funcionamento do Instrumento. Para interpretar os critérios e seus resultados, foi adotada uma escala com características quantitativas e qualitativas, comumente utilizada em métodos de análise multicritério (Almeida, 2013), com 5 níveis de intervalos que variam de baixo a alto, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificações de confiabilidade de DAPs por intervalos de índice e de percentuais

Classificação	**Baixo**	**Médio-baixo**	**Médio**	**Médio-alto**	**Alto**
Índices	0 a 0,2	0,2 a 0,4	0,4 a 0,6	0,6 a 0,8	0,8 a 1
Margens Percentuais	0 - 20%	21 - 40%	41 - 60%	61 – 80%	81 – 100%
Escala tonal					

Fonte: elaboração da autora.

Determinou-se uma escala do índice ou percentual da DAP avaliada de acordo com as classificações. Uma escala tonal foi utilizada para melhorar a visualização dos resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONTEÚDO DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO DAS EMPRESAS A E B.

Como parte qualitativa do conteúdo de uma DAP, nesta subseção são apresentadas informações introdutórias que geralmente caracterizam a empresa responsável pelo rótulo do produto, além de incluir dados específicos relacionados à própria organização e ao produto rotulado.

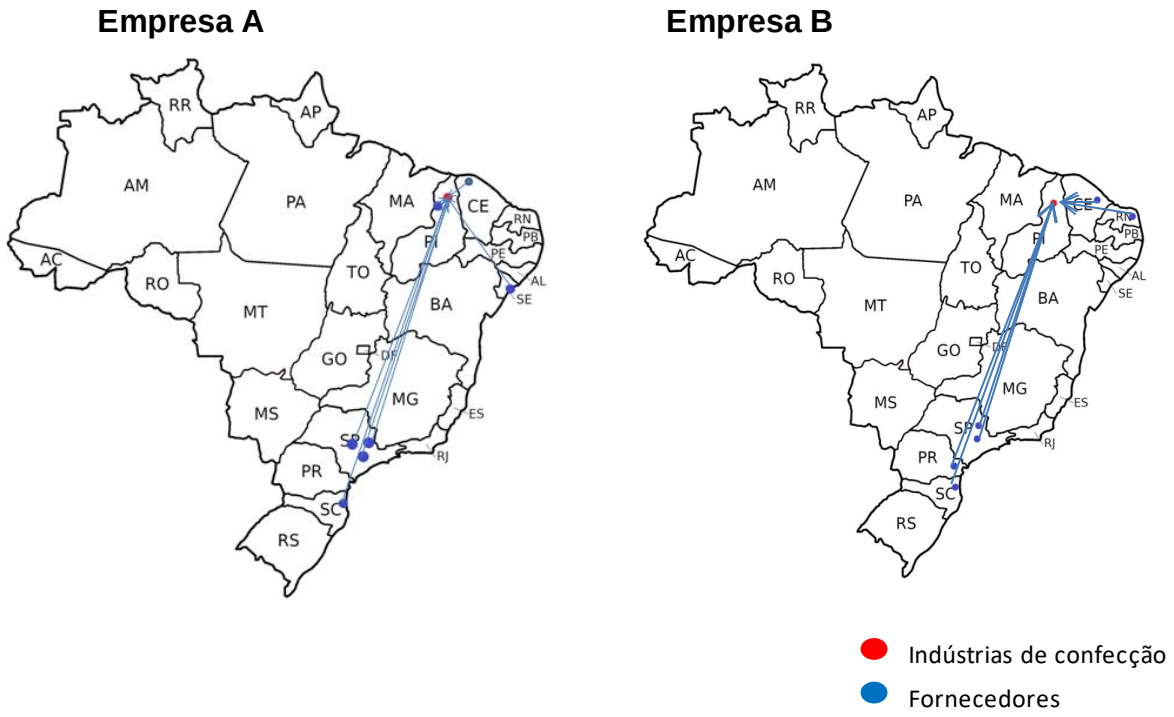
As empresas de confecção que forneceram os modelos de calças jeans atendem ao público-alvo adulto. As empresas estão no mercado há mais de 20 anos, especializadas na produção de roupas de moda casual e *jeanswear* para o mercado nos estados do Piauí, Ceará, Maranhão, Pará, Bahia e Goiás.

Com base na Lei Complementar nº123/2006 (Brasil, 2006), ambas as empresas são de pequeno porte com 61 e 70 funcionários da Empresa A e Empresa B, respectivamente, e estão localizadas no município de Campo Maior, a 84 km de Teresina, capital do Estado do Piauí. A capacidade produtiva dessas empresas alcança uma média de 11.000 peças de vestuário por mês.

Por atuarem no mesmo mercado, as empresas adotam estratégias de produção e tecnologias semelhantes. Seus canais de vendas incluem redes sociais (Instagram e *e-commerce*) e lojas próprias, tanto varejo quanto atacado, situadas em Campo Maior – PI (lojas de fábrica), Teresina – PI e Fortaleza – CE.

As matérias-primas utilizadas na confecção de jeans em Campo Maior-PI são fornecidas por empresas localizadas em diferentes regiões do Brasil. Assim, o modal de transporte utilizado para o envio desses materiais às indústrias de confecção é o rodoviário. Na Figura 18, estão ilustradas as localizações e trajetos percorridos pelos fornecedores até às indústrias em Campo Maior – PI.

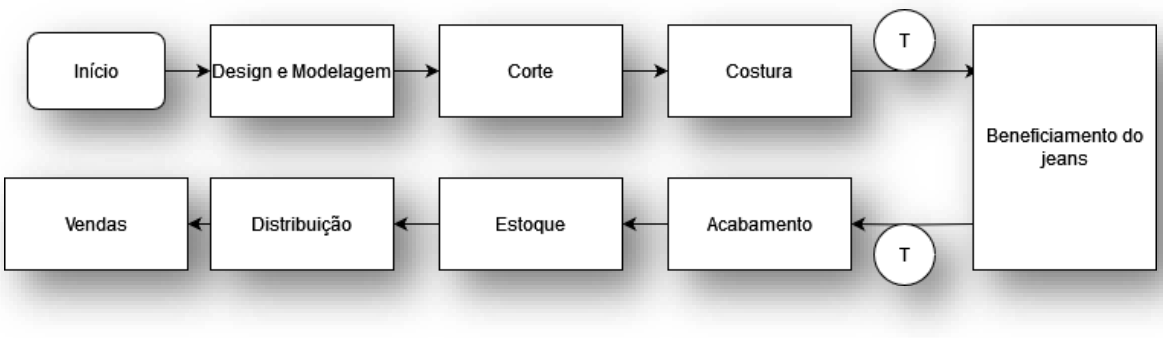
Figura 18 – Localizações e trajetos dos fornecedores até Campo Maior – PI



Fonte: elaboração da autora.

As duas empresas aplicam um padrão similar de produção de vestuário jeans, que inclui as seguintes etapas: criação, modelagem, encaixe, risco, corte com enfesto manual, costura e montagem da calça, tratamento em lavanderia, acabamento e distribuição ao consumidor. A Figura 19 ilustra o processo produtivo de confecção da calça jeans nas empresas estudadas.

Figura 19 – Processo produtivo de confecção de uma calça jeans em Campo Maior-PI



Fonte: elaboração da autora. Legenda: T – Transporte.

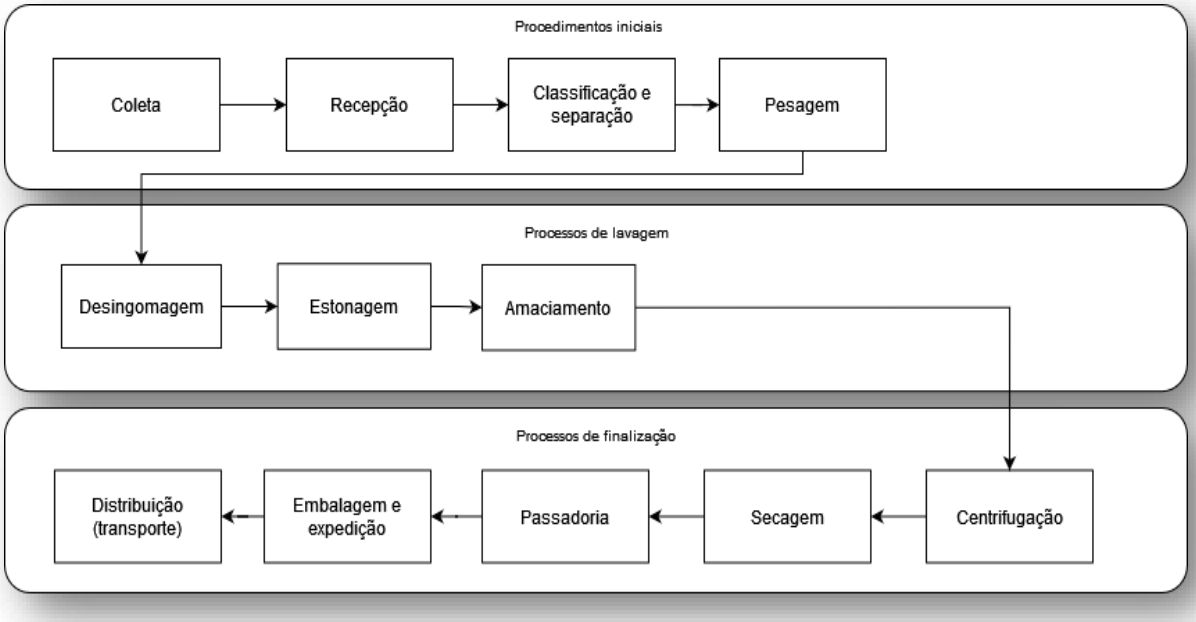
As empresas investigadas não possuem sistema de lavanderia integrado à indústria, sendo uma particularidade da realidade local, e não há lavanderias de beneficiamento de jeans instaladas em Campo Maior. Consequentemente, o processo de beneficiamento é realizado em

Teresina, exigindo o deslocamento de ida e volta das calças jeans em carro de passageiro, sob a responsabilidade da empresa de lavanderia.

Quanto aos modelos de calças avaliados, foram selecionados, dentro do portfólio de produtos das empresas, dois modelos básicos. A Empresa A forneceu uma calça jeans azul masculina, 100% algodão, com 1,17m de tamanho médio (altura) e peso 277g (gramatura 9 Oz/jd²), com tratamento de lavagem e amaciamento, nomeado como *superstone*.

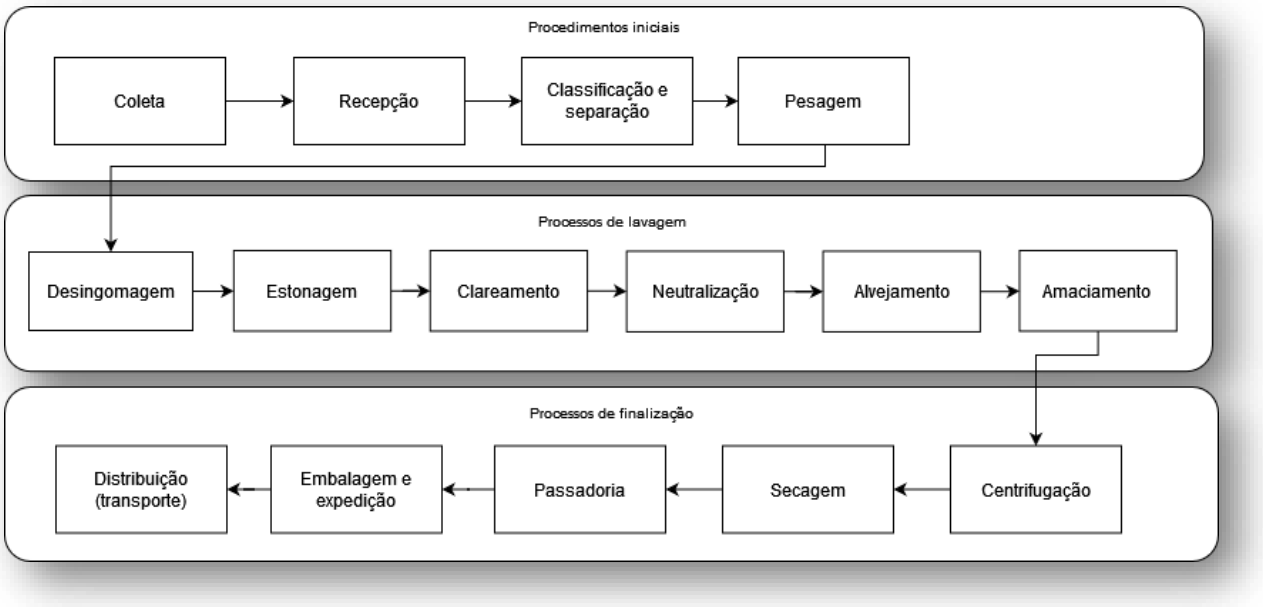
A Empresa B forneceu uma calça jeans azul feminina, 100% algodão, com 1,25m de tamanho médio e peso 430g (gramatura 9 Oz/jd²), com tratamento de clareamento e alvejamento, nomeado como *destroyed*. Os fluxogramas dos beneficiamentos em lavanderia e seus respectivos tipos de lavagem estão representados nas figuras 20 e 21.

Figura 20 – Fluxograma do processo de beneficiamento do tipo *superstone* da Empresa A



Fonte: elaboração da autora.

Figura 21 - Fluxograma do processo de beneficiamento do tipo *destroyed* da Empresa B



Fonte: elaboração da autora.

Os tipos de beneficiamento aplicados às calças jeans analisadas resultaram em impactos ambientais diferentes, evidenciando a importância de conhecer os processos de produção de cada uma das calças e apresentá-los de forma separada. Na Tabela 5, são apresentadas a composição das calças jeans de ambas as empresas.

Tabela 5 – Composição das calça jeans

Materiais no produto	**% no produto**	**Composição do material**
Tecido e linhas	97.5 %	100% algodão
Acessórios de metal	2%	100% metal
Etiqueta de couro	0.3%	100% couro
Etiquetas de papel	0.2%	100% papel

Fonte: elaboração da autora.

As calças apresentavam composições semelhantes, mesmo sendo modelos diferentes. Apesar das variações de *design*, os materiais utilizados revelam um padrão no processo de confecção de uma calça jeans.

5.2 DESEMPENHO AMBIENTAL NA PRODUÇÃO DA CALÇA JEANS

Nesta subseção, que integra o conteúdo quantitativo da DAP, são apresentados os resultados das análises de ACV referentes às duas calças jeans examinadas. O objetivo do estudo de ACV consistiu em avaliar o desempenho ambiental na produção das calças jeans e identificar os pontos críticos que pudessem subsidiar as decisões relacionadas ao Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP. Neste contexto, os resultados obtidos dos impactos ambientais foram robustos o suficiente para embasar a definição das importâncias relativas e seus respectivos pesos em relação aos índices de abrangência, completeza, precisão e consistência.

O desempenho ambiental das calças jeans, conforme fluxo de referência considerado no estudo, está apresentado na Tabela 6 e as contribuições percentuais estão apresentadas na Tabela 7. As categorias de impacto foram Aquecimento Global Potencial, Eutrofização Potencial, Acidificação Terrestre, Formação de Oxidação Fotoquímica e Escassez hídrica.

Tabela 6 - Desempenho ambiental da produção das calças jeans das empresas A e B

Categoria de Impacto	Unidade	Empresa A	Empresa B
Escassez hídrica (EH)	m^3	29,80	106,15
Eutrofização Potencial (EP)	kg PO_4^{3-}eq	9,90E-03	1,51E-02
Acidificação Terrestre (AT)	kg SO_2 eq	2,01E-02	2,93E-02
Formação de Oxidação Fotoquímica (FOF)	kg NMVOC eq	1,71E-02	2,31E-02
Aquecimento Global (AG)	kg CO_2 eq	5,69	8,32

Fonte: Resultados de pesquisa. Elaboração da autora.

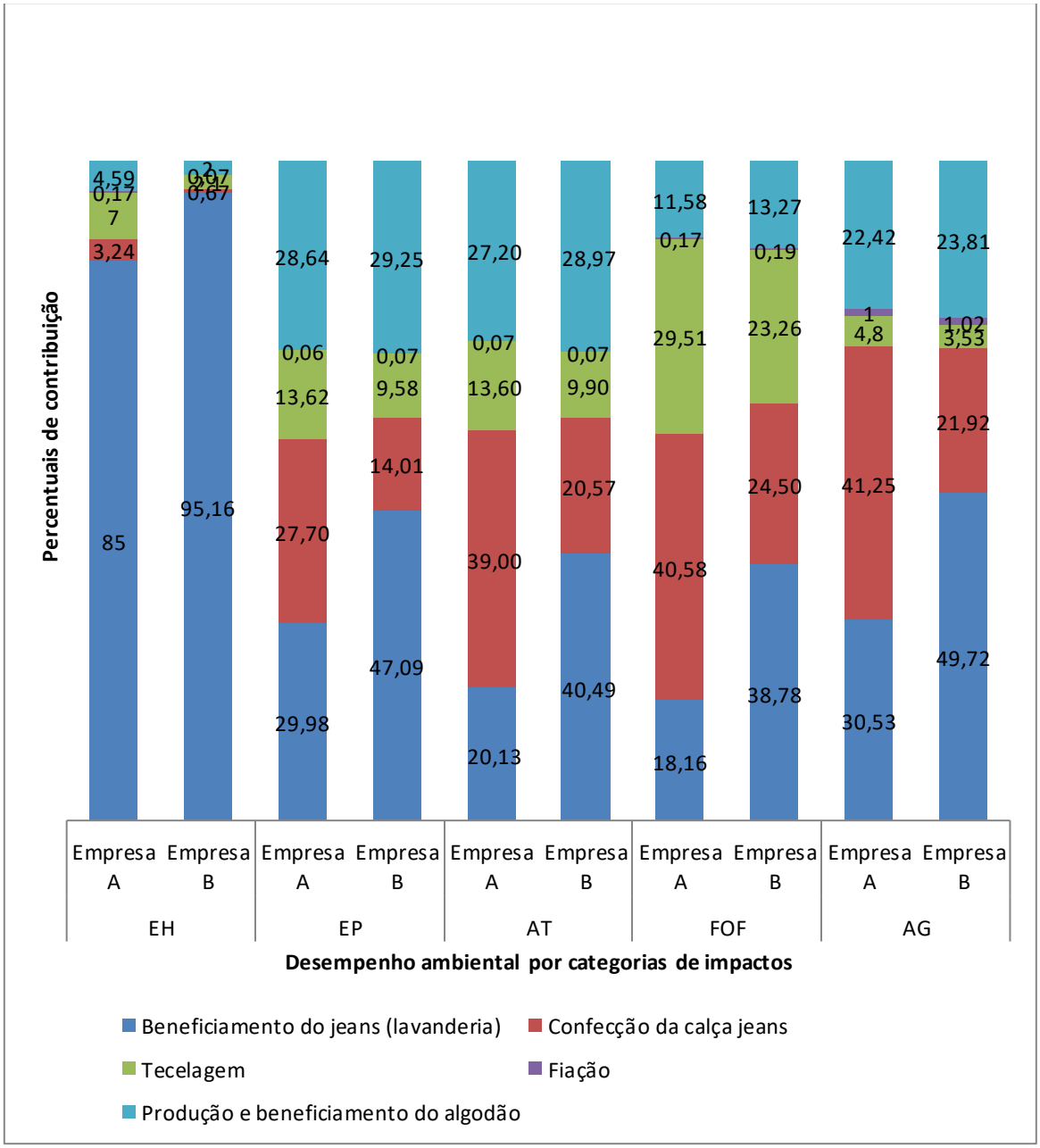
Tabela 7 – Contribuições percentuais das categorias de impactos das empresas A e B

	EH		EP		AT		FOF		AG	
Etapas do ciclo de vida	**Empresa A**	**Empresa B**	**Empresa A**	**Empresa B**	**Empresa A**	**Empresa B**	**Empresa A**	**Empresa B**	**Empresa A**	**Empresa B**
Beneficiamento do jeans	85	95,16	29,98	47,09	20,13	40,49	18,16	38,78	30,53	49,72
Confecção da calça jeans	3,24	0,67	27,70	14,01	39,00	20,57	40,58	24,50	41,25	21,92
Tecelagem	7	2,1	13,62	9,58	13,60	9,90	29,51	23,26	4,8	3,53
Fiação	0,17	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,17	0,19	1	1,02
Produção e beneficiamento do algodão	4,59	2	28,64	29,25	27,20	28,97	11,58	13,27	22,42	23,81

Fonte: resultados de pesquisa. Elaboração da autora.

De maneira geral, a Tabela 6 e 7 evidencia que a Empresa A possui um desempenho ambiental superior em todas as categorias de impactos analisadas. Esses resultados destacam como tendências ou escolhas de modelos de calça jeans podem influenciar significativamente o meio ambiente, gerando efeitos positivos quanto negativos. O Gráfico 1 ilustra esses resultados percentuais.

Gráfico 1 – Resultados do desempenho ambiental das calças jeans das empresas A e B



Fonte: resultados de pesquisa. Elaboração da autora.

A escassez hídrica indicou a fase de beneficiamento do jeans em lavanderia como a que mais contribuiu para o impacto no consumo de água na produção das calças jeans. A fase de tecelagem foi pouco expressiva em comparação com o beneficiamento, embora tenha se apresentado como o segundo maior consumo. No produto da Empresa A, o consumo total foi de 29,80 m^3, sendo o beneficiamento em lavanderia responsável por 85% e a tecelagem por 7,01%. No produto B, o resultado foi de 106,15 m^3, destacando-se o beneficiamento do jeans com 95,16%, seguido pela tecelagem com 2,15%. Embora o consumo de água tenha variado significativamente entre as duas empresas, os percentuais mantiveram uma proporção relativamente próxima. Este resultado de alto consumo nestas etapas era esperado.

Estudos mostram que o processamento úmido causa um dos maiores impactos no consumo de água (Chico; Aldaya; Garrido, 2013; Hussain; Wahab, 2018). O consumo elevado de água no beneficiamento no modelo da calça jeans da Empresa B, em comparação à da Empresa A, também foi esperado, uma vez que, ela é mais pesada e possui maior número de enxágues para obter a tonalidade de azul planejada na criação do modelo da calça. A maior quantidade de lavagens resulta em impacto significativo nos valores finais da pegada hídrica, influenciando o resultado final (Chico; Aldaya; Garrido, 2013).

O impacto de escassez hídrica na fase de cultivo do algodão foi menos significativo com contribuições de 1,36m^3 (4,59%) e 2,12 m^3 (2%) do ciclo de vida das calças das empresas A e B, respectivamente. Esses resultados refletem uma realidade diferenciada no cenário brasileiro. Em áreas de cultivo onde as condições climáticas apresentam baixa precipitação pluviométrica, a irrigação é adotada, resultando no maior consumo de água, com impactos significativos na pegada de escassez hídrica (Luo *et al.*, 2022; Qian *et al.*, 2020; Qian *et al.*, 2021). O cultivo do algodão na região estudada (Centro-Oeste) adota o sistema não irrigado, que é predominante no Brasil, o que resulta em uma menor média de consumo de água em comparação a outras regiões do país (Chapagain *et al.*, 2006; EMBRAPA, 2004).

A produção e beneficiamento do algodão, o beneficiamento do jeans e a confecção destacaram-se nos resultados de EP. O impacto da calça da empresa A foi de 9,90E-03 kg PO_4^{3-} eq enquanto o da empresa B foi de 1,51E-02 kg PO_4^{3-} eq. Os impactos mais significativos foram gerados no processo de lavagem do jeans, com destaque para a calça da empresa B, que apresentou um impacto de 47,09% em comparação aos 29,98% da calça da Empresa A. Para a Empresa B, a variação de 52% em impacto em comparação com a Empresa A, pode ser explicada pelo fato de que a calça é submetida às etapas de clareamento, neutralização e alvejamento do jeans com uso de mais produtos químicos. A técnica específica de lavagem foi determinante para a discrepância no impacto entre as calças. Além disso, os efluentes gerados

pela indústria têxtil chamam atenção quanto aos impactos nos níveis de eutrofização, o que torna esse resultado justificável. Uma variedade de substâncias como corantes, solventes, metais pesados, detergentes, sais, óleos, surfactantes, enzimas, estabilizantes, entre outros produtos químicos colaboram para a eutrofização. Esses compostos são resultantes dos processos como desengomagem, branqueamento, mercerização, tingimento e lavagem (Louhichi *et al.*, 2022; Yaseen; Scholz, 2019). Apesar de menos expressivo, a tecelagem também gerou cargas ambientais para a eutrofização, com uma média de 11,6% para ambas as empresas, tendo sido influenciado pela geração de calor a lenha.

Os impactos da produção de algodão e seu beneficiamento para a EP corresponderam a uma média de 28,95% dos impactos para ambas as empresas. Os fertilizantes sulfato de potássio (K_2O), nitrogênio (N) e fosfato (P_2O_5) foram mais evidenciados, que conjuntamente apresentaram uma média de 12,5% de contribuição nesta categoria de impacto. O uso de fertilizantes, pesticidas e agroquímicos têm sido apontados como um dos maiores responsáveis por impactos na produção da fibra de algodão contribuindo para os níveis de eutrofização (Baydar; Ciliz; Mammadov, 2015; Bevilacqua *et al.*, 2014; Bongiovanni; Tuninetti, 2018; Morita, 2013).

O cultivo convencional de algodão no cenário estudado (Cerrado brasileiro) é caracterizado por ser uma região propícia ao cultivo do algodão por causa da topografia, boa qualidade física do solo e clima tropical úmido. No entanto, a qualidade química do solo é considerada deficiente, o que demanda o uso de corretores de solo, fazendo uso de produtos químicos que afetam a qualidade do solo e da água manifestando-se em categorias de impacto como eutrofização e acidificação (AMPA 2014; Carvalho, 2007; Dal Molin; Ernani; Gerber, 2020; Jonge; Elliot; Orive, 2002).

O uso de fertilizantes aumenta a concentração de nutrientes na água de escoamento. Um aumento na aplicação de fertilizantes ricos em nitrogênio (N) e fósforo (P) melhora significativamente a produtividade dos cultivos, porém, repercute de maneira negativa no ecossistema aquático, com sérios problemas de eutrofização e acidificação (Dal Molin; Ernani; Gerber, 2020; Huang *et al.*, 2017; Jonge; Elliot; Orive, 2002; Reddy; Cunha; Kurian, 2018). Carvalho e Ferreira (2006) ressaltam que o algodão cultivado no Cerrado brasileiro frequentemente envolve a aplicação de doses elevadas de fertilizantes, visando aumentar a produtividade. Essa prática pode resultar na liberação excessiva de nutrientes para o solo, que também pode ocorrer no processo de calagem, para correção da acidez do solo (Pádua; Silva; Dias, 2008). Portanto, esse resultado é coerente com a realidade brasileira para esse tipo de cultivo.

O consumo de energia e os transportes foram os principais impactos na fase de confecção para a EP. Na confecção, a contribuição da Empresa A foi de 27,7% e da Empresa B, 14,01%. A geração de energia hidrelétrica, predominante no Brasil, pode levar à eutrofização em regiões alagadas e vegetadas, uma vez que a decomposição da vegetação submersa libera N e P. Além disso, a dinâmica no fluxo de rios e lagos decorrente das alterações dos fluxos hidrológicos reduz a oxigenação da água, concentrando os nutrientes (Sperling, 2012). Portanto, os resultados do estudo de ACV refletem os impactos negativos da geração de energia hidrelétrica típicos do Brasil.

A análise dos impactos ambientais associado aos transportes de matéria-prima neste estudo de ACV destacou como o transporte rodoviário contribui para a EP, AT, FOF e AG. Resultados semelhantes podem ser observados em estudos sobre o modal rodoviário no cenário brasileiro como nos estudos de Grael *et al.* (2021) que mostram que o transporte de insumos são responsáveis por impactos relacionados à eutrofização e acidificação, sendo benéfico considerar o uso de combustíveis alternativos como gás natural e GLP. Silva *et al.* (2010) propõem o uso do transporte ferroviário e fluvial como opções viáveis para redução das emissões de gases de efeito estufa e uso de energia.

A AT evidenciou as mesmas fases de produção que a EP como pontos críticos de impactos ambientais. A AT resultou em 2,01E-02 kg SO_2 eq e 2,93E-02 kg SO_2 eq referente às calças das empresas A e B, respectivamente. Os números mais expressivos, no caso da calça da Empresa A, foram provenientes da confecção que foi responsável pela maior contribuição em 38,98%, seguido pelo cultivo e beneficiamento do algodão (27,28%), do beneficiamento do jeans (20,13%) e da tecelagem (13,55%). Na produção da calça da Empresa B, o beneficiamento do jeans contribuiu com 40,49% do impacto, seguido do cultivo do algodão (28,97%), da confecção (20,57%) e da tecelagem (9,90%).

O uso de eletricidade e o transporte dos insumos influenciaram os maiores valores na fase de confecção para a AT, correspondendo, respectivamente, a 27,06% e 11,14% da calça da Empresa A e 13,27% e 6,49% da Empresa B. Já o uso dos fertilizantes (K_2O, N, P_2O_5) e agrotóxicos (macozeb, glifosato) foram determinantes nos impactos do cultivo do algodão para a AT, os quais somados, contribuíram em média 16,9% de ambas as empresas. O consumo de energia destacou-se no beneficiamento do jeans, com contribuições para os níveis de AT de 10,43% e 15,79% das calças da Empresa A e B, respectivamente, representado pela produção de eletricidade de média voltagem brasileira. Ainda nessa fase, a calça da Empresa B teve percentual expressivo de AT em 19,82%, influenciado pela produção de água de torneira. A

tecelagem apresentou dados significativos na produção de calor, em média 8,65% de ambas as empresas.

Esses resultados evidenciam o consumo e geração de energia como fatores críticos que merecem maior enfoque das autoridades políticas no sentido de investir em medidas específicas de mitigação. Além de serem condizentes com o cenário brasileiro (Morita *et al.*, 2020).

Em relação à categoria de FOF, a fase de confecção foi a que mais contribuiu para seu indicador do produto A, representando 40,58%. Nessa fase, a FOF foi influenciada pelos transportes em 22,49% e pelo consumo de energia em 18,01%. Por sua vez, o produto B registrou valores de 14,92% referentes aos transportes e 9,53% ao consumo de energia. A fase de beneficiamento do jeans foi a mais impactante para o FOF no produto B, com 38,78% do impacto total. Nessa fase, houve influência nos valores decorrentes do consumo da água de torneira (21,87%), energia (11,66%) e transporte (3,52%). A tecelagem impactou na categoria 29,51% e 23,26%, respectivamente, para os produtos das empresas A e B, com influência maior da geração de calor (Empresa A: 27,09%; Empresa B: 21,36%).

Na categoria de Potencial de Aquecimento Global, os resultados mostram que a produção de algodão, o beneficiamento do jeans e a confecção foram responsáveis pelas maiores emissões de CO_2 na produção de calças jeans. As emissões de CO_2 foram evidenciadas nos processos que envolveram geração e uso de energia (fóssil e térmica). Vale ressaltar que o Brasil apresenta um cenário propício para medidas de mitigação de mudanças climáticas que podem ser viabilizadas com a expansão do uso de fontes de energia renováveis não combustíveis, como a eólica e solar (Portugal-Pereira *et al.*, 2018).

As contribuições que provêm da produção do algodão e seu beneficiamento representam 1,27 kg CO_2 eq (22,42%) da calça da Empresa A e 1,98 kg CO_2 eq (23,81%) da Empresa B, influenciados pelo uso de fertilizantes (N, K_2O, P_2O_5) e agrotóxicos (glicosato, mancozeb). Apesar desse resultado, no Relatório Anual do Programa Brasileiro GHG Protocol (Fundação Getúlio Vargas (FGV), 2023), as emissões de CO_2 de Escopo 1 das atividades agrícolas e mudança no uso do solo representam menos de 1% das emissões nacionais.

Estudos criticam o uso excessivo de herbicidas, pesticidas e fertilizantes no cultivo do algodão os quais são responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Baydar; Ciliz; Mammadov, 2015; Fidan; Aydoğan; Uzal, 2021; Zhang *et al.*, 2015). O cultivo do algodão no Brasil é caracterizado pelo uso aumentado na aplicação de produtos químicos com o objetivo de elevar a produtividade, o que resulta em efeitos negativos como as emissões de GEE. A pesquisa de Fidan, Aydoğan e Uzal (2021) mostrou que os efeitos do cultivo de algodão se estendem às etapas subsequentes à produção do jeans. Nos seus estudos, a produção do tecido

denim apresentou 53% de GWP, influenciado pelo cultivo do algodão. Seus métodos incluíram o ACV e método GWP (100a), segundo o IPPC (2013), tendo como referência um metro de tecido.

O beneficiamento do jeans também se destacou, contribuindo com 1,74 kg CO_2 eq (30,53%) e 4,14 kg CO_2 eq (49,72%) para as calças das empresas A e B, respectivamente, sendo influenciados de forma significativa pela produção de energia no consumo de água de torneira (Empresa A: 3,90E-01 kg CO_2 eq, 6,85%; Empresa B: 1,57 kg CO_2 eq, 18,81%) e consumo de energia (Empresa A: 6,19E-01 kg CO_2 eq, 10,87%; Empresa B: 1,37 kg CO_2 eq, 16,45%). A confecção das calças pela Empresa A contribuiu com 2,35 kg CO_2 eq (41,25%) dos impactos e a da Empresa B com 1,82 kg CO_2 eq (21,92%). Em ambas as calças, esses impactos foram influenciados pelo uso de energia (Empresa A: 1,53 kg CO_2 eq, 26,78%; Empresa B: 1,09 kg CO_2 eq, 13.13%) e pelo transporte dos insumos (Empresa A: 7,54E-01 kg CO_2 eq, 13.25%; Empresa B: 6,42E-01 kg CO_2 eq, 7,71%).

Quanto aos transportes, esse resultado é alinhado com a estatística do país que mostra que o modal rodoviário é responsável por 20,9% das emissões de CO_2 do setor, conforme a Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2024). Quanto ao setor de fornecimento de energia, estudos mostram que o seu consumo contribui para os maiores níveis de emissões de GEE (Kang *et al.*, 2020). Isso inclui a queima de combustíveis fósseis para geração de energia, que costuma ser uma das principais causas para o aquecimento global.

A emissão de calor, geralmente utilizado nas lavanderias, também contribui para o aquecimento global. Segundo Morita *et al.* (2020), que faz referência à realidade brasileira, o uso de madeira na produção de calor apresentou melhor indicador de impacto quanto à mudança climática. Neste estudo, foram considerados na ACV os materiais utilizados nos acessórios, como botões e zíperes, classificados como metais não ferrosos. Contudo, constatou-se que esses materiais não apresentaram impactos ambientais significativos.

Com base nos resultados obtidos pela ACV, foi possível identificar as fases que mais contribuem para o impacto ambiental na fabricação da calça jeans. Essa identificação foi utilizada para subsidiar a definição dos pesos diferenciados nos cálculos do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP. Isso permitiu levar em consideração fatores críticos dos impactos nas fases produtivas, dando um enfoque mais preciso e baseado na importância relativa dos processos do ciclo de vida do produto. Assim, as fases que foram avaliadas como críticas, portanto, com maior relevância para inclusão em uma DAP, foram a tecelagem, confecção e beneficiamento do jeans. Assim, a fase principal bem como seus respectivos processos foram considerados como os de maior importância para compor uma DAP.

O julgamento dos critérios, quando comparados, são realizados com base em uma análise de especialistas e seguem uma perspectiva lógica e fundamentada (Cheng; Li, 2003). Nesta pesquisa, o julgamento foi embasado nos resultados do estudo de ACV, que forneceu dados objetivos para a tomada de decisão. A aplicação desses resultados permitiu uma decisão criteriosa e robusta para atribuição dos pesos, especialmente, para os critérios de abrangência de escopo, abrangência de processos, da completeza, da precisão geral e da consistência.

Na fase principal, concentram-se as atividades que estão diretamente ligadas à produção de produtos de vestuário, e seu gerenciamento e responsabilidade recaem sobre produtores e fornecedores a partir dos quais é possível implementar medidas de mitigação de impactos ambientais, melhorando os processos. Dessa forma, há um controle mais efetivo de recursos, que podem ser administrados de modo a influenciar a DAP positivamente.

Além disso, os responsáveis pela declaração possuem maior controle dos dados que podem ser declarados, o que afeta a abrangência, precisão e consistência de uma DAP. As análises das calças jeans de ambas as empresas mostraram que a fase principal tende a ser mais intensiva em termos de energia, recursos, incluindo o consumo de água e emissões, justificando um peso maior.

Além disso, a fase de *upstream*, que inclui a produção da matéria-prima, também apresentou um impacto significativo, especialmente, nas categorias de EP, AT e AG, justificando um peso que atribui uma importância moderada. Embora a fase de *downstream* não tenha sido contemplada no estudo da ACV, estudos têm evidenciado sua importância quanto às medidas de mitigação das categorias de impactos de EP, AT, AG, FOF e escassez hídrica (Laitala, Klepp, 2015; Sohn *et al.*, 2021).

Por isso, um peso menor foi atribuído a essa fase. As tabelas 8 e 9 estão dispostas trazendo mais detalhes dos desempenhos ambientais das calças jeans estudadas, conforme se recomenda a RCP utilizada (PCR, 2021), para apresentação em uma DAP.

Tabela 8 - Desempenho ambiental da calça jeans da Empresa A

Impactos ambientais					
Parâmetro		**Unidade**	**Montante**	**Principal**	**Total**
Mudanças climáticas	Fósseis	kg CO_2 eq	6,96E-01	3,92	4,62
	Biogênicas	kg CO_2 eq	2,29	3,70E-01	2,66
	Uso e transformação da terra	kg CO_2 eq	5,79E-01	2,13E-01	7,92E-01
Total			**3,56**	**4,44**	**8,07**
Acidificação		kg SO_2 eq	5,47E-03	1,46E-02	2,01E-02
Eutrofização		kg PO_4^{3-} eq	2,84E-03	7,06E-03	9,90E-03
Oxidação Fotoquímica		kg NMVOC eq	1,97E-03	1,51E-02	1,71E-02
Escassez da água		m^3 eq	1,367	28,41	29,77
Uso dos recursos					

Parâmetro	**Unidade**	**Montante**	**Principal**	**Total**
Recursos renováveis:				
- materiais	MJ	-	-	-
- de energia	MJ	-	-	-
Total				
Recursos não renováveis:				
- materiais	MJ	-	-	-
- de energia	MJ	4,19	35,85	40,04
Total	**MJ**	**4,19**	**35,85**	**40,04**
Material secundário	kg	0	0	0
Fluxos de energia recuperado	kg	0	0	0
Uso da água	m^3	1,367	28,41	29,77
Produção de Resíduos				
Parâmetro	**Unidade**	**Montante**	**Principal**	**Total**
Resíduos perigosos	kg	-	-	-
Resíduos não perigosos	kg	-	5,00	5,00
Resíduos recicláveis	kg	-	-	-

Fonte: elaboração da autora.

Tabela 9 - Desempenho ambiental da calça jeans da Empresa B

Impactos ambientais					
Parâmetro		**Unidade**	**Montante**	**Principal**	**Total**
Mudanças climáticas	Fósseis	kg CO_2 eq	1,08	5,72	6,80
	Biogênicas	kg CO_2 eq	2,89E-02	2,87	2,90
	Uso e transformação da terra	kg CO_2 eq	8,99E-01	2,51E-01	1,15
Total			**2,00**	**8,84**	**10,84**
Acidificação		kg SO_2 eq	8,49E-03	2,10E-02	2,93E-02
Eutrofização		kg PO_4^{3-} eq	4,40E-03	1,06E-02	1,51E-02
Oxidação Fotoquímica		kg NMVOC eq	3,06E-03	2,00E-02	2,31E-02
Escassez da água		m^3 eq.	2,12	104,04	106,16
Uso dos recursos					
Parâmetro		**Unidade**	**Montante**	**Principal**	**Total**
Recursos renováveis:					
- materiais		MJ	-	-	-
- de energia		MJ	-	-	-
Total					
Recursos não renováveis:					
- materiais		MJ	-	-	-
- de energia		MJ	6,51	45,4	51,91
Total		**MJ**	**6,51**	**45,4**	**51,91**
Material secundário		Kg	0	0	0
Fluxos de energia recuperado		Kg	0	0	0
Uso da água		m^3	2,12	104,04	106,16
Produção de Resíduos					
Parâmetro		**Unidade**	**Montante**	**Core**	**Total**
Resíduos perigosos		kg	-	-	-
Resíduos não perigosos		kg	-	5,00	5,00
Resíduos recicláveis		kg	-	-	-

Fonte: elaboração da autora.

As tabelas 8 e 9 permitem observar como os principais impactos se manifestam por fase de produção. Nelas, estão demonstrados de forma mais evidente que, no que diz respeito à mudança climática, as fontes fósseis e biogênicas na fase principal das calças jeans superam

aquelas na fase à montante. Além disso, o consumo de água e energia também foram maiores na fase principal. Essa forma de apresentação das tabelas, podem orientar estratégias de mitigação mais direcionadas às fases mais problemáticas.

5.3 VALIDAÇÃO DO INSTRUMENTO COM AS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO DE REFERÊNCIA

O conteúdo das DAPs das calças jeans fornecidas pelas empresas A e B teve como objetivo subsidiar a elaboração do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP, especialmente, em relação aos itens elencados no Instrumento, de acordo com os critérios de confiabilidade estabelecidos para análise de confiabilidade. A validação do Instrumento foi realizada por meio da aplicação dos conteúdos das DAPs, resultando nos índices apresentados na Tabela 10, sendo possível conferir a eficácia das equações elaboradas. Esta estrutura de DAP, especialmente apresentada na metodologia e nas subseções 4.1 e 4.2, procurou atender aos propósitos da pesquisa desta tese, e sua elaboração seguiu as regras definidas pelo RCP da EPD System International (PCR, 2021).

Tabela 10 – Resultados dos critérios de confiabilidade da DAP de referência

Critérios de Confiabilidade	**Índices**	**%**	**Classificação**	**Escala tonal**
Credibilidade normativa (CN)	0,474	47,4	Média	
Credibilidade técnica (CT)	0,231	23,1	Média-baixa	
Abrangência	0,584	58,4	Média	
Completeza	0,498	49,8	Média	
Precisão	0,587	58,7	Média	
Consistência	0,555	55,5	Média	

Fonte: resultados da pesquisa. Elaboração da autora.

O resultado da CN foi de 0,47 (47,4%) quanto ao conteúdo das DAPs das empresas A e B, sendo classificadas como média. Esse resultado é coerente uma vez que não todas as informações, consideradas obrigatórias, foram atendidas neste estudo. A razão disso recai sobre o fato de que algumas informações dependiam da existência e da validação de um operador de programa, um verificador independente e uma empresa que validasse os dados da ACV. Além disso, a declaração dos nomes dos fabricantes das calças jeans bem como suas respectivas declarações de responsabilidade e documentos internos não foi exposta por motivos de confidencialidade. Isso se refletiu na omissão da imagem da calça jeans que também é considerada obrigatória. A assertiva de comparação entre DAPs e informações de atualizações

também não foram contemplados no conteúdo das DAPs apresentados nesta tese, uma vez que o objetivo deste conteúdo colaborou apenas para subsidiar o Instrumento e avaliar a verificação de funcionamento das equações dos critérios.

O resultado da CT foi de 0,23 (23%), sendo classificado como muito baixo. Durante a elaboração das DAPs, não foram identificadas informações sobre as práticas de sustentabilidade ambiental das empresas A e B e incluídas as informações ambientais adicionais. Além disso, informações que pudessem expor a identidade das empresas também não foram consideradas no Instrumento, resultando em um baixo índice. Em relação à abrangência, o valor foi de 0,584 (58,4%), classificado como médio. Esse resultado se deve ao fato de a DAP abranger informações relevantes sobre o escopo, processos e requisitos de qualidade, porém, sem cobrir todas as fases do ciclo de vida do produto e seus respectivos processos.

A completeza apresentou um índice de 0,498 (49,8%). Esse valor intermediário foi influenciado pela CN, CT e Ab que teve restrições quanto à declaração de informações mais detalhadas das empresas de confecção. Esse valor é coerente com os índices precedentes, dado que a CN e Ab possuem maior peso no cálculo da completeza. Já a precisão geral teve como resultado 0,587 (58,7%), sendo classificado como médio. Esse índice pode ser considerado satisfatório visto que muitos itens exigidos no Instrumento, de acordo com a RCP, podem não ser aplicáveis aos produtos rotulados, como a declaração de resíduos radioativos descartados ou componentes para reutilização. P

Por fim, levando em conta os valores anteriores, a Consistência alcançou em um valor considerado médio, de 0,55 (55%). Isso indica que o conteúdo das DAPs das calças das empresas A e B são passíveis de uso, embora muitas lacunas tenham sido identificadas e são conhecidas a partir dos critérios precedentes. Isso permite considerar a complementação de dados para tornar a DAP mais confiável.

5.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE DAS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO

Para realização da validação empírica do Instrumento de Confiabilidade de DAPs, foram realizadas aplicações com as 23 DAPs obtidas no site institucional da The International EPD® System. Essas DAPs são de duas empresas declarantes. Uma das empresas disponibilizou 15 DAPs de produto único da calça jeans, correspondendo a aproximadamente 65,2% das DAPs analisadas enquanto a outra empresa apresentou 8 DAPs, o que equivale a 34,7%, cada qual composta por 2 produtos, sendo uma DAPs que incluiu uma calça jeans e uma bermuda jeans.

As DAPs são caracterizadas por um conteúdo extenso com informações qualitativas e quantitativas. As informações qualitativas giram em torno de informações empresariais descritivas, portanto, cada qual possui uma forma de abordar sobre a empresa. Esse conteúdo se apresentou de forma resumida, valorizando informações como as capacidades produtivas, história da empresa, foco de produção, valores organizacionais, tecnologias utilizadas no sistema produtivo. Em apenas uma das empresas, o valor relacionado à sustentabilidade ambiental foi mencionado, sendo agregado informações sobre sistemas de produção sustentável, obtenção de matérias-primas sustentáveis e certificações ambientais. Outra característica relevante está relacionada ao fato de que essas informações foram padronizadas, portanto, a diferença entre as DAPs da mesma empresa se concentrava no registro junto ao operador de programa, especificação do produto e seu respectivo desempenho ambiental.

As DAPs possuem informações objetivas, no entanto, a forma de apresentação se adequou ao design adotado por cada empresa, dificultando a localização, de maneira mais rápida, alguns dados para preenchimento no Instrumento. Inclusive, em uma das empresas, as práticas de responsabilidade social corporativa foram apenas mencionadas como existentes no final do rótulo e com uma fonte diminuída. As iniciativas sociais e ambientais podem valorizar o perfil da empresa em suas práticas em alinhamento com diretrizes nacionais e internacionais de responsabilidade social e ambiental. No entanto, essas informações foram subestimadas.

Quanto aos resultados do Instrumento, é possível observar a Tabela 11, que apresenta os índices e suas respectivas classificações.

Tabela 11 – Resultados dos critérios de confiabilidade de DAP

Critérios de Confiabilidade	**índice**	**%**	**Classificação**	**Escala tonal**
Credibilidade normativa (CN)	0,675	68	Médio-alto	
Credibilidade técnica (CT)	0,375	37,5	Médio-baixo	
Abrangência	0,607	61,0	Médio-alto	
Completeza	0,588	58,8	Médio	
Precisão	0,825	82,5	Alto	
Consistência	0,742	74,2	Médio-alto	

Fonte: resultados da pesquisa. Elaboração da autora.

O índice de CN foi de 0,675 (68%), sendo classificado como médio-alto dentro da escala de confiabilidade. Esse resultado indica que as DAPs analisadas apresentam um elevado nível de cumprimento dos requisitos obrigatórios da NBR ISO 14025 e no PCR (2021). No entanto, é importante observar quais requisitos não foram contemplados na DAP, pois isso pode

comprometer a qualidade e a utilidade desse tipo de rótulo em aplicações específicas. Além disso, é preciso garantir que os itens mínimos para a comparabilidade estejam presentes na DAP, considerando que uma de suas principais funções é permitir a comparação entre produtos. Assim, apesar do valor alto, o não atendimento integral dos requisitos demonstra que as DAP ainda apresentam deficiências quanto ao cumprimento das normas técnicas e do RCP, comprometendo a consistência de seu conteúdo. Nesse critério, o Instrumento pode ser adaptado para outros produtos sujeitos às regulamentações específicas, além das normas técnicas vigentes, tais como ABNT ou ISO.

Quanto à credibilidade técnica, o uso de pesos ponderados reflete a importância relativa de cada informação relacionada à produção da calça jeans. A ponderação foi estabelecida baseando-se nos níveis de relevância das informações de acordo com as leis ambientais nos âmbitos nacional, estadual e municipal. A adaptação do Instrumento para DAPs de outros produtos exigiria ajustes conforme as legislações aplicáveis ao contexto específico do produto rotulado.

O índice de CT foi de 0,375 (37,5%), classificado como um valor médio-baixo. Esse resultado pode ser avaliado como crítico em termos de transparência e flexibilidade. Neste caso, as DAPs apresentaram, de forma limitada, as informações pertinentes à gestão ambiental dos declarantes. Embora esse índice reflita o nível de envolvimento das empresas declarantes com as políticas ambientais e ofereça um maior detalhamento sobre o produto, o fato de essas informações serem apenas recomendadas, e não obrigatórias, permite que o declarante opte, conforme sua conveniência, divulgar ou não seus dados.

As informações consideradas altamente relevantes, cujos pesos são maiores, foram identificadas com menor frequência nas DAPs (29,1%), conforme observado na Tabela 12. A natureza desse tipo de informação indica o grau de cumprimento e alinhamento da empresa com as diretrizes das políticas ambientais, sejam elas voluntárias ou não. Essa informação valoriza a imagem da empresa além de demonstrar consistência quanto às práticas ambientais (Muñhoz-Torres *et al.*, 2021), incluindo a implementação de rótulos ambientais das calças jeans e sua comunicação pública. Uma das empresas declarantes informou não só uma certificação específica relacionada à produção do tecido denim, mas também deixou disponível um contato para obter informações adicionais sobre suas iniciativas de responsabilidade social corporativa. Contudo, nenhuma outra informação foi agregada para demonstrar uma gestão ambiental mais ampla.

Tabela 12 – Frequência percentual da credibilidade técnica

Credibilidade técnica	nAR	nMR	nLR
Total (quantidade)	3,5	3,5	7,5
%	29,16	87,5	62,5

Fonte: resultados da pesquisa. Elaboração da autora.

As informações classificadas como moderadamente relevantes apareceram com maior frequência (87,5%) nas DAPs (ver Tabela 12). Esse resultado pode ser atribuído à quantidade limitada de itens previstos no Instrumento, apenas quatro, e à natureza dessas informações, que detalham os recursos utilizados no estudo de ACV da calça jeans. Esses incluem, por exemplo, o nome do *software* de ACV utilizado para calcular o desempenho ambiental, as fontes de dados e as fases consideradas ou excluídas do estudo. De acordo com a ABNT (2009b), informações sobre detalhes do estudo de ACV, devem ser suficientes para que o usuário do rótulo possa compreender as complexidades e compromissos referentes à ACV, principalmente, na comunicação pública.

As informações consideradas menos relevantes representaram 62,5% dos dados da CT. Esses dados são mais informativos ou técnicos, como logotipos, websites e endereço do operador, notas específicas, declarações de responsabilidade do declarante, e registros e classificações das calças jeans. Apesar de serem classificadas como de menor importância em comparação às demais, é preciso ressaltar que essas informações qualitativas permitem que mais detalhes sobre a DAP sejam acessados, o que contribui para uma maior flexibilidade da DAP.

No geral, as DAPs avaliadas apresentaram uma falta de transparência significativa, evidenciando menor disponibilidade e acesso aos dados, principalmente, os mais relevantes. A pouca flexibilidade em dispor as informações pode indicar uma seletividade maior para preservar dados internos, resultando em uma consistência menor na DAP. Esse resultado indica que, devido à limitação das informações, as DAPs podem ser insuficientes como recurso único para a tomada de decisões do usuário em relação à calça jeans.

O critério abrangência resultou em um valor de 0,607 (61,0%), sendo classificado como médio-alto. Isso significa que as informações relativas à análise de fases, processos e atendimento aos requisitos de qualidade colocam as DAPs em uma posição intermediária. A abrangência dessas informações, neste nível, não compromete a qualidade do desempenho ambiental declarado, já que é prevista a flexibilidade de fases no estudo de ACV, conforme

escopo determinado. Entretanto, o cálculo da abrangência teve o valor reduzido pela ausência da fase "do portão ao túmulo" que apresentou valor de apenas 0,16 (16%). No Instrumento, o transporte das calças jeans até o mercado consumidor foi incluído nesta fase, justificando sua influência na avaliação da abrangência. Na Tabela 13, estão apresentados os valores médios que compõem a abrangência.

Tabela 13 – Cálculos médios do critério de abrangência

DAPs (qte.)	Ab_{Escopo}	$Ab_{processosBP}$	$Ab_{processosPP}$	$Ab_{processosPT}$	Abrangência $_{ProcessosTotal}$	$Ab_{ReqQual}$	Abrangência Total
15	0,9	0,818	0,666	0,166	-	0,3	-
8	0,9	0,636	0,333	0,166	-	0,5	-
23	**0,9**	**0,754**	**0,550**	**0,166**	**0,552**	**0,369**	**0,607**

Fonte: resultados da pesquisa. Elaboração da autora.

Os processos "do berço ao portão" e "do portão ao portão" apresentaram os valores de 0,75 (75%) e 0,55 (55%), respectivamente. Esses resultados indicam que as DAPs consideraram uma quantidade razoável de dados nas fases altamente e moderadamente relevantes para o estudo do ACV. As fases mais relevantes foram integradas no estudo de ACV, a saber, extração ou síntese de matérias-primas, cultivo do algodão incluindo colheita, produção dos principais materiais, incluindo produtos auxiliares, corantes e pigmentos, produtos químicos, além de consumo e produção de energia, combustíveis e embalagens, transporte, fabricação de produto final.

No total, 65% das DAPs, pertencentes à mesma empresa, abrangeram 81% dos processos "do berço ao portão", sendo um valor bastante satisfatório, útil como fonte secundária para outros estudos de ACV, considerando a dificuldade de acesso aos dados em campo. As demais DAPs (34,7%) apresentaram um índice de 0,63 (63%) dos processos a montante, o que também afere um valor bastante significativo, embora incompleto. Essas últimas DAPs não declararam processos considerados relevantes ao meio ambiente como os impactos referentes à produção de energia elétrica e combustíveis.

Quanto aos índices obtidos "do portão ao portão", a abrangência de 55% das informações para o estudo de ACV foi classificada como média. Essa fase é considerada como altamente relevante para avaliar o impacto ambiental da calça jeans, e os dados podem ser obtidos diretamente na própria indústria de confecção e seus fornecedores diretos, com os quais

há relações organizacionais estabelecidas. Portanto, a restrição de informações nessa fase produtiva acende um alerta sobre os motivos pelos quais esses processos não foram abrangidos.

Em uma análise mais detalhada das DAPs, observou-se que os processos omitidos não comprometem a qualidade geral das informações, pois muitos deles podem ser realizados de forma manual, como o transporte interno (almoxarifado) e a manutenção de máquinas, cuja inserção ao estudo de ACV é opcional. Processos como controle de qualidade de produto acabado podem envolver apenas atividades administrativas. No entanto, não foram encontradas justificativas para essas omissões nas DAPs. Diante disso, pode-se concluir que os processos considerados no estudo de ACV e declarados nas DAPs são adequados e contribuem para a consistência geral do rótulo.

A média de 0,66 (66%) relacionada à abrangência do escopo do estudo (Ab_{Escopo}) pode ser considerada pertinente, uma vez que a DAP foi elaborada para cobrir duas fases das três fases – jusante e principal – atendendo ao previsto no RCP utilizado pela empresa declarante. O valor da abrangência dos requisitos de qualidade (Ab_{ReQual}) foi de 0,369 (37%), sendo classificado como um valor médio-baixo. Esses requisitos devem ser especificados e são fundamentais para que o objetivo e escopo do estudo de ACV possam ser alcançados (ABNT, 2009b). Portanto, esse resultado torna-se preocupante, já que, para fins de comparabilidade entre produtos, os requisitos de qualidade devem estar devidamente declarados na DAP, conforme estabelecido pela ABNT (2015).

Na análise direta das DAPs, observou-se que 65% delas declararam de forma objetiva elementos como cobertura temporal, geográfica e fontes de dados. Além disso, quase 35% das DAPs incluíram, além desses elementos, a análise de representatividade e cobertura tecnológica. Esse resultado pode indicar que certos elementos relacionados à qualidade dos dados não foram considerados no estudo de ACV ou simplesmente não foram declarados na DAP. Isso sugere que o usuário da DAP deve buscar materiais complementares sobre a ACV junto aos responsáveis pela declaração para uma conferência mais detalhada e aprofundada antes de seu uso.

O critério de Completeza foi de 0,588 (58,8%), classificado como médio. Esse resultado indica que as DAPs contemplam parcialmente os elementos necessários para seu uso eficiente. O índice de CT influenciou negativamente esse critério, demonstrando que, para que a DAP seja considerada como uma fonte robusta e rica de informações, recomenda-se complementá-la com dados adicionais, o que aumentaria seu índice e classificação.

O critério de Precisão foi de 0,825 (82,5%), sendo classificado como alto. Um alto valor de precisão indica que a DAP apresenta dados bastante representativos do ciclo de vida do

produto rotulado, com um nível de detalhamentos que confere robustez científica ao estudo de ACV. Esse elevado valor era esperado, já que os dados detalhados foram obtidos diretamente das empresas fabricantes das calças jeans. Neste estudo, os dados primários, com medições diretas realizadas pelo fabricante, foram considerados como mais específicos e representativos do contexto de produção das calças. Além disso, esses tipos de dados são considerados como de alta precisão, com baixa incerteza (Jafari *et al.* 2023; Modahl *et al.* 2013; Zargar; Yao; Tu, 2022), portanto, com maior peso na avaliação da precisão.

Maior precisão também se deu nas informações de embalagem (P_{emb} = 1) e categorias de impactos ($P_{impactos}$ = 1), conforme Tabela 14. Quanto à embalagem, os dados foram específicos quanto ao tipo e uso. Conforme PCR (2021), a declaração da embalagem é obrigatória, e deve ser esclarecido se há uso de material reciclável em sua produção. Todas as categorias de impactos padrão, recomendadas no PCR (2021), foram declaradas na DAP, respeitando o formato de apresentação, isto é, por unidade declarada e por fase. Como a precisão está relacionada ao contexto do produto rotulado, as especificações dessas informações não só revelam o cumprimento às normas e ao RCP utilizado como também são suficientes e detalhadas para compreender plenamente os impactos ambientais. A precisão é particularmente importante para o nível de transparência da DAP.

Tabela 14 – Resultados dos índices do critério precisão

Análise da precisão por tipos de dados	**$P_{f.dados}$**	**P_{emb}**	**$P_{impactos}$**	**$P_{resíduos}$**	**$P_{recursos}$**	**$P_{f.saída}$**	**Precisão Final**
Resultados dos índices	0,975	1,00	1,00	0,66	0,58	0,20	**0,7091**

Fonte: resultados de pesquisa. Elaboração da autora.

Quanto aos resíduos ($P_{resíduos}$ = 0,66), foram declarados os tipos gerados na produção da calça jeans (perigosos e não-perigosos). O resíduo radioativo, embora mencionado na tabela, conforme a instrução do PCR (2021), não foi declarado ou é inexistente. Neste caso, uma explicação adicional às tabelas padronizadas na DAP, informando a ausência de geração de resíduos radioativos, tornaria essa informação mais precisa. Principalmente, porque os resíduos têxteis têm sido considerados agravantes à saúde humana e ao meio ambiente (Sirivam; Gopal; Barik, 2019).

O cálculo de uso dos recursos ($P_{recursos}$) foi de 0,58. Nas DAPs avaliadas, os recursos declarados foram as fontes de energia primária renovável e não renovável e o uso da água. E, os fluxos de saída resultaram em um baixo valor ($P_{f.saída}$ = 0,20), sendo apenas o item “material

para reciclagem" declarado nas DAPs. Assim como no caso dos resíduos, a ausência de dados sobre os fluxos de saída nas tabelas de desempenho ambiental das calças jeans na DAP levanta dúvidas sobre a existência ou não declaração de tais impactos.

Todos os aspectos elencados no Instrumento para avaliação do critério de precisão das DAPs possuem uma relação direta com os impactos ambientais típicos da produção da calça jeans, uma vez que todos foram baseados na RCP (PCR, 2021) e puderam ser confirmados pelos resultados dos estudos de ACV das calças jeans das empresas A e B. Com base nesses estudos, certos impactos ambientais da produção da calça jeans foram mais evidenciados e, portanto, considerados mais críticos, justificando, assim, pesos maiores às avaliações dos índices de precisão das categorias de impactos ($P_{impactos}$) e do uso de recursos ($P_{recursos}$).

Os resíduos (perigosos ou não), apesar de terem sido declarados de forma quantitativa nas DAPs, não foram fornecidos detalhes sobre a natureza específica desses resíduos nem sobre seu nível de periculosidade. Essa declaração genérica e, ao mesmo tempo, omissa em relação às especificidades dos resíduos, abre margem para subjetividade e imprecisão, o que enfraquece a consistência das informações presentes nas DAPs. Na RCP utilizada para elaboração das DAPs (PCR, 2021), recomenda-se que os resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva devem atender às especificações técnicas adequadas para os tratamentos e destinações finais, mas não é exigida a declaração dos tipos específicos de resíduos.

Com relação aos impactos das embalagens, apesar de suas características terem sido declaradas de forma mais específica na DAP, sendo classificadas como embalagens de distribuição para manuseio do produto, elas podem ser consideradas de menor relevância. Nesse contexto, as embalagens aparecem na fase principal como consumo por parte da empresa fabricante das calças jeans. Contudo, de acordo com as análises dos estudos de ACV das calças jeans das empresas A e B, as embalagens de distribuição não foram detectadas nas indústrias de confecção, mas sim no processo de venda ao consumidor, uma fase que ficou fora do escopo de estudo.

Em relação ao critério de consistência, o índice obtido é de 0,742 ou 74,2%, o que o classifica como médio-alto. Essa classificação indica que as DAPs apresentam um nível elevado de confiabilidade, tornando-se uma ferramenta valiosa para seu uso em diversas aplicações, incluindo comunicação ambiental. No entanto, é importante destacar que ainda existem lacunas a serem preenchidas. Recomenda-se um acompanhamento contínuo e um diálogo com os responsáveis pela elaboração da DAP ou pelo estudo de ACV, a fim de complementar essas informações e fortalecer ainda mais a consistência do documento.

Com base nos resultados da pesquisa, foi possível propor uma escala de confiabilidade combinando estimativas quantitativas e qualitativas, conforme pode ser observado na Tabela 15. Essa escala propõe as interpretações dos resultados do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP.

Tabela 15 – Proposta de interpretação dos resultados do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAP

Classificação de Confiabilidade da DAP	**Critérios**	**Interpretação**
Baixa (0 – 20%) a Média-baixa (21 – 40%)	Credibilidade normativa	A DAP possui deficiências no cumprimento dos requisitos mínimos obrigatórios das normas vigentes, não sendo recomendado seu uso, principalmente, como fonte de dados.
	Credibilidade técnica	A DAP demonstra baixo nível de transparência ao não fornecer informações organizacionais e ambientais adicionais que comprovem a conformidade da empresa com políticas ambientais nacionais e/ou internacionais. Isso indica uma baixa disponibilidade de informações, devendo ser observado o acesso aos dados por meio dos contatos. A baixa flexibilidade pode indicar que a empresa procura proteger informações internas, resultando em uma maior restrição no compartilhamento de dados. A combinação de baixa transparência e flexibilidade pode resultar em informações relevantes insuficientes, o que indica poucos recursos informativos para a tomada de decisão do usuário da DAP.
	Abrangência	A DAP abrange de forma limitada o sistema de produção e seus processos bem como os requisitos de qualidade. A abrangência baixa ou média-baixa indica que as informações qualitativas, os dados quantitativos e os requisitos de qualidade foram poucos explorados, o que pode prejudicar o uso da DAP para fins de comparação ou o uso de seus dados. O baixo índice de fases contempladas no sistema de produção pode indicar que apenas uma ou duas fases das disponíveis foram declaradas. Neste caso, a DAP é admissível, pois está em conformidade com as regras na RCP. Se a DAP não abrange adequadamente aos requisitos de qualidade, isso pode indicar que, embora obrigatórios, a qualidade das informações não pode ser avaliada.
	Completeza	A DAP carece de um conteúdo mais robusto para se tornar um documento de referência para outras aplicações que dependam de suas informações ou dados sobre desempenho ambiental. Neste caso, a DAP pode vista como um recurso insuficiente para uso na relação entre empresas e consumidores. Uma DAP com baixa classificação de completeza deve ser submetida a nova avaliação e verificação por terceira parte, com o propósito de qualificá-la dentro dos padrões esperados, especialmente nos critérios que apresentaram índices insatisfatórios.
	Precisão	A baixa precisão indica que as informações declaradas não refletem com precisão a realidade do produto rotulado, seja por omissão ou pelo uso de dados que não contextualizam adequadamente o ciclo de vida do produto rotulado. Isso implica que as informações de embalagem, categorias de impactos, especificações sobre os resíduos gerados, uso de recursos e fluxos de saída não foram adequadamente detalhados ou foram omitidos. Em relação às fontes de dados, a baixa precisão indica maior uso de fontes secundárias de dados para representar o ciclo de vida do produto, com baixa robustez científica. Sem informações detalhadas, não é possível compreender o impacto ambiental do produto rotulado.
	Consistência	O baixo nível de consistência indica que a DAP deve ser reconsiderada pelo usuário. A DAP apresenta limitações de uso em vista da baixa consistência.
Média (41 – 60%)	Credibilidade normativa	Existe observância, de forma parcial, quanto ao cumprimento das normas vigentes, o que prejudica a qualidade do rótulo em relação às informações que deveriam ser confiáveis e úteis para fins de comparabilidade. A depender da aplicação, a DAP pode ser usada para fins de projeto ou ao consumidor, desde que seja verificada e as informações não comprometam os requisitos mínimos para fins de comparação. Mesmo dentro de uma classificação intermediária, a DAP pode ser usada, mas com limitações que devem ser explícitas ao usuário pela empresa responsável pela DAP.
	Credibilidade técnica	A DAP apresenta um nível intermediário de transparência e flexibilidade, além de dados que indicam uma maior disponibilidade e reforçam a credibilidade das informações declaradas na DAP. Embora haja um nível razoável de dados declarados, incluindo as fases

		de ACV e informações ambientais adicionais, a DAP ainda apresenta indícios de que faltam elementos que poderiam proporcionar um nível superior de transparência e flexibilidade.
	Abrangência	A abrangência intermediária não compromete a qualidade das informações do estudo de ACV e declaradas na DAP, visto que é prevista a flexibilidade das fases do estudo conforme escopo e objetivo estabelecidos. Contudo, é necessário levar em conta que os resultados da ACV declarados podem ser limitados, sugerindo que a DAP focou apenas nas fases mais relevantes e conhecidas e/ou obrigatórias. Dependendo das etapas produtivas contempladas na DAP, os dados podem ser suficientes para uso pelo usuário para fins de projeto e/ou comparação com outras DAPs. Quantos aos requisitos de qualidade, a classificação intermediária sugere que o usuário da DAP deve buscar informações complementares e relacionadas à ACV fornecidas pelos responsáveis, para realizar uma conferência mais precisa e aprofundada. Isso não implica que a qualidade dos dados esteja comprometida, mas sim que ela pode ter sido considerada sem ter sido explicitamente declarada.
	Completeza	Essa classificação indica que a DAP contempla parcialmente os elementos que são necessários para seu uso. Neste caso, é importante avaliar qual critério influenciou na completeza, visto que o déficit precisa ser solucionado.
	Precisão	Essa classificação revela que existem informações e dados suficientes para compreender os detalhes do ciclo de vida do produto rotulado, embora não sejam completos. Em relação à fonte de dados, a média precisão indica um equilíbrio no uso de dados primários e secundários, incluindo a verificação de terceiros. Outros aspectos, como dados de embalagem, categorias de impactos, uso de recursos e fluxos de saída podem ser considerados satisfatórios, mas ainda apresentam incompletudes.
	Consistência	Esta classificação aponta para um nível intermediário de precisão e completeza de informação e dados. O nível de confiabilidade da DAP é considerado intermediário, com viabilidade de uso, porém, com restrições conhecidas a partir dos critérios que compõem seu cálculo. Neste caso, é preciso verificar qual lacunas foram evidenciadas para que seja avaliado a utilidade de uso da DAP.
Alta (61 – 80%) a Muito Alta (81 – 100%)	Credibilidade normativa	Quando um índice é elevado, isso indica que a DAP apresenta alta confiabilidade em relação ao cumprimento das normas e requisitos obrigatórios, tornando-se um recurso útil para servir como fonte de dados e para diversas aplicações. Assim como na classificação intermediária, é importante observar quais itens deixaram de ser contemplados na DAP e que não comprometam sua qualidade geral.
	Credibilidade técnica	A DAP possui um alto nível de transparência e flexibilidade pois oferece maior quantidade de informações que elucidam e detalham os processos de elaboração do rótulo e do desempenho ambiental do produto rotulado. Essa classificação indica que a DAP é fortemente recomendada para ser usada por compradores e/ou usuários, especialmente, em comparações entre produtos. Ao mesmo tempo, a DAP fornece informações que permite ao usuário sua melhor compreensão e adequada interpretação.
	Abrangência	A alta abrangência indica uma amplitude maior nas informações contempladas nos estudos de ACV e declarados na DAP, o que é um indicativo de que todas as fases do sistema de produção e processos do sistema foram considerados, não se limitando aquelas exigidas na RCP utilizada. Neste caso, o usuário já dispõe de informações com maior clareza, quantidade e alcance para uso da DAP como fonte de dados, incluindo informações do berço ao túmulo. Em relação aos requisitos de qualidade, um alto índice de abrangência nesse quesito, evidencia uma maior transparência na DAP, assegurando ao usuário informações detalhadas que fortalecem a integridade dos dados.
	Completeza	Essa classificação indica uma DAP quase completa a completa, com um conteúdo mais robusto em termos de riquezas de informações e dados ambientais, o que indica uma DAP adequada para ser usada com fontes de dados. Uma DAP com alto índice de completeza é caracterizada por atender às exigências normativas, além de assegurar transparência e uma variedade satisfatória de dados e informações ambientais, permitindo sua utilização diversos fins, incluindo comparações entre DAPs.
	Precisão	Um alto índice de precisão implica que a DAP fornece dados representativos do ciclo de vida do produto rotulado, sendo priorizados dados primários. A DAP que apresenta as informações com maior peso, incluindo as categorias de impactos e recursos, possui alto índice de precisão. A DAP que atende a todas às informações recomendadas pela RCP apresentam classificação muito alta.

Consistência	Essa classificação indica uma DAP com alto nível de confiabilidade, sendo indicada e recomendada para diversos fins. Embora possa haver algumas lacunas, há a possibilidade de supri-las por meio do contato com os responsáveis da elaboração da DAP ou ACV.

Fonte: elaboração da autora.

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar a confiabilidade das DAPs de calça jeans, considerando critérios específicos, a saber, credibilidade normativa, credibilidade técnica, abrangência, completeza, precisão e consistência. Para isso, foram realizados estudos de ACV de calças jeans, estabelecidos critérios que qualificam uma DAP como confiável, fundamentados nas normas NBR ISO 14025 (2015), 14040 (2009) e 14044 (2009) e na revisão da literatura, além do desenvolvimento do Instrumento de Avaliação de Confiabilidade de DAPs. Por fim, foi feita a validação empírica desse Instrumento utilizando DAPs publicadas por um operador de programa atuante no Brasil e aquelas elaboradas a partir dos estudos de ACV.

Os resultados obtidos com a aplicação do Instrumento apontaram deficiências nas DAPs quanto à declaração dos requisitos obrigatórios, sendo esse um ponto crítico para a sua consistência. A inclusão dessas informações obrigatórias aumentaria a robustez e a credibilidade normativa das DAPs. No critério de credibilidade técnica, os resultados indicaram a ausência de informações sobre iniciativas ambientais das empresas, sugerindo falta de coerência entre a gestão ambiental das empresas e o uso da rotulagem ambiental. Também é possível que as empresas não divulguem essas práticas na DAP, resultando em um documento superficial. A omissão das informações relevantes, especialmente de impacto ambiental, prejudicou a avaliação da completeza e, consequentemente, sua confiabilidade.

A abrangência das DAPs, avaliada como mediana, revelou limitações em relação à amplitude das informações declaradas, influenciando negativamente sua confiabilidade. Por outro lado, o critério de precisão foi considerado satisfatório, reforçado pela qualidade das fontes de dados consideradas nos estudos de ACV, o que assegura robustez das informações ambientais declaradas. De modo geral, as DAPs apresentaram consistência alta, indicando que as principais informações necessárias para a tomada de decisão dos usuários estão disponíveis, embora ainda apresente lacunas, tais como omissões de informações. O Instrumento desenvolvido demonstrou ser uma ferramenta robusta para avaliar os critérios de confiabilidade das DAPs, o que contribui para orientar os usuários em sua utilização conforme a aplicação pretendida.

O uso dos estudos de ACV permitiu identificar fatores críticos e justificar os pesos diferenciados nos critérios do Instrumento, garantindo uma análise mais precisa e condizente com os impactos ambientais das calças jeans. Esse procedimento fortaleceu a base científica do Instrumento e assegurou uma validação empírica consistente. Além disso, mostrou-se eficaz

para orientar melhorias na comunicação das DAPs, destacando insuficiências para o uso adequado.

Embora o Instrumento tenha sido aplicado especificamente para a calça jeans, sua estrutura pode ser adaptada para outros produtos. Ajustes nos pesos dos critérios são recomendáveis em novos contextos geográficos, produtos ou marcos regulatórios, para refletir a relevância das informações no cenário analisado. A avaliação da abrangência, por exemplo, pode ser estendida para produtos similares, como short jeans, com os devidos ajustes. Já os cálculos de credibilidade normativa e credibilidade técnica podem ser aplicados a outros produtos rotulados no Brasil, visto que a análise dos requisitos obrigatórios e recomendações foram baseados nas normas nacionais vigentes.

Entre as limitações da pesquisa, destaca-se o desafio no acesso a informações de campo durante os estudos de ACV, devido às restrições de dados por parte das empresas visitadas. Para preencher essas lacunas, foram utilizados dados secundários, conforme permitido nas NBR 14025, 14040 e 14044. A identificação de um estudo de ACV de calça jeans no cenário brasileiro contribuiu para a consistência dos dados, refletindo a realidade geográfica local. Outra limitação do estudo foi o número reduzido de DAPs de calças jeans disponíveis para análise, restritas a duas empresas, o que resultou em pouca variação nos dados. O Instrumento, no entanto, pode ser ampliado para avaliar DAPs de produtos similares.

Adicionalmente, a questão do idioma das DAPs pode ser uma barreira para alguns usuários, embora o inglês seja amplamente utilizado nesses documentos. A falta de padronização na organização gráfica das informações dificultou a identificação dos dados, reforçando a necessidade de uma linguagem mais estruturada e padronizada para facilitar sua interpretação.

REFERÊNCIAS

ABREU, M.; BARLOW, C.; FILHO, J.; SOARES, F. Structural reform and environmental PROACTIVITY: the case of Brazilian companies. **RAM - Revista de Administração Mackenzie**, São Paulo, v. 11, p. 154-177, Aug. 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-69712010000400007.

ALMEIDA, A. T. de. **Processo de decisão nas organizações**: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.

ANDERSON, J.; MONCASTER, A. Embodied carbon of concrete in buildings, Part 1: analysis of published EPD. **Buildings and Cities**, v.1, n.1, p. 198–217, 2020. DOI: https://doi.org/10.5334/bc.59.

ANDERSON, J.; RONNING, A. Using standards to maximise the benefit of digitisation of construction product Environmental Product Declaration (EPD) to reduce Building Life Cycle Impacts. *In:* E3S WEB OF CONFERENCES, 10, 2022. **Digital Solutions for Sustainable Building and Construction,** v. 349, n. 10003, may. 2022. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234910003 .

ANDRÉ, H.; BJÖRKLUND, A. A framework to open the black box of the use phase in circular economy life cycle assessments: the case of shell jacket reuse**. Journal of Industrial Ecology,** v. 27, p. 1137–1150, May. 2023. DOI: https://doi.org/10.1111/jiec.13408.

ANTERO, S. A. Articulação de políticas públicas a partir dos fóruns de competitividade setoriais: a experiência recente da cadeia produtiva têxtil e de confecções. **Revista de Administração Pública**, São Paulo, v. 40, n.1, Fev. 2006. DOI: https://doi.org/10.1590/S0034-76122006000100004.

ANNAPOORANI, S. G. Introduction to denim. *In*: SUBRAMANIAN, S. M. (Editor), **The Textile Institute Book Series**: sustainability in denim**.** p. 1–26, United Kingdom: Elsevier, 2017. ISBN 9780081020432. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102043-2.00001-0.

ARDUIN, R. H. **Avaliação do ciclo de vida de produtos têxteis: implicações da alocação**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2013.

ARVIZU-PIÑA, V.A.; CUCHÍ-BURGOS, A. Promoting sustainability in Mexico's building sector via environmental product declarations. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, p. 1744–1759, Feb. 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-017-1269-z.

ASMI, F. *et al.* Ecological footprint of your denim jeans: production knowledge and green consumerism. **Sustainability Science**, v. 17, p. 1781–1798, Apr. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11625-022-01131-0.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Cartilha o poder da moda**: cenários, desafios, perspectivas. Agenda de competitividade da indústria têxtil e de confecção brasileira 2015 a 2018. [2018]. Disponível em: http://abit-files.abit.org.br/site/publicacoes/Poder_moda-cartilhabx.pdf. Acesso em: 16 jan. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Perfil do setor**: dados gerais do setor referentes a 2022 (atualizados até janeiro de 2023), 2022. Disponível em: https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor. Acesso em: 16 jan. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14025**: rótulos e declarações ambientais: declarações ambientais de Tipo III: princípios e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14027**: rótulos e declarações ambientais: desenvolvimento de regras de categoria de produto. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040***:* Gestão ambiental. Avaliação do ciclo de vida. Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental. Avaliação do ciclo de vida. Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **Algodão no Brasil**, 2022. Disponível em: https://www.abrapa.com.br/ . Acesso em: 16 jan.2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **Programa algodão brasileiro responsáve**l: guia técnico. Brasília – DF: IBA, 2013. 110f.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **Beneficiamento**, Minas Gerais, 2022. Disponível em: https://amipa.com.br/ . Acesso em: 16 jan.2025.

ASSOCIAÇÃO MATO-GROSSENSE DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **Manual de Beneficiamento do Algodão.** 85f. IMAmt: Cuiabá – MT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DEFENSIVOS PÓS-PATENTE. **Top 10 de agroquímicos mais vendidos no Brasil**, [2023]. Disponível em: https://www.aenda.org.br/noticia_imprensa/top-10-de-agroquimicos-mais-vendidos-no-brasil/ . Acesso em: 16 jan. 2025.

AZEVEDO, D. M. P. de; CORTEZ, J. R. B.; BRANDÃO, Z. N. Uso de desfolhantes, maturadores e dessecantes na cultura do algodoeiro irrigado. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Circular Técnica 78**, Campina Grande, PB, ago.2004.

BANCO NACIONAL DE INVENTÁRIOS DO CICLO DE VIDA (SICV BRASIL). Disponível em: https://sicv.acv.ibict.br/. Acesso em: 16 jan. 2025.

BARNES, E. *et al.* A life cycle assessment of the cotton textile chain. North Carolina, USA: Cotton Incorporated, 2010. Disponível em: https://baumwollboerse.de/wp-content/uploads/vortraege/Vortrag-OLeary_2012.pdf. Acesso em: 16 jan. 2025.

BARRETO, F. A.; MARINHO, E. L. L.; SOUZA, S. A. de. Impacto das políticas públicas sobre a produtividade da indústria de transformação do Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 34, n. 4, p. 513- 531, out-dez. 2003. DOI: https://doi.org/10.61673/ren.2003.838.

BARROS, M. V. *et al.* An analysis of Brazilian raw cow milk production systems and environmental product declarations of whole Milk. **Journal of Cleaner Production**, v. 367, n.133067, Set. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133067.

BASTIAN, E. Y. O.; ROCCO, J. L. S. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. São Paulo: CETESB; SINDITÊXTIL, 2009. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/guia_textil.pdf. Acesso em: 16 jan.2025.

BAYDAR, G; CILIZ, N.; MAMMADOV, A. Life cycle assessment of cotton textile products in Turkey. **Resources, Conservation and Recycling**, v.104, Part A, p. 213-223, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.08.007.

BELTRÃO, N. E. de M. *et al.* **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de herbicidas, desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão**. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Campina Grande – PB: EMBRAPA – CNPA, 1997.

BEVILACQUA, M. *et al.* Environmental analysis of a cotton yarn supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 82, p.154-165, Nov. 2014.DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.082.

BEZERRA, F. J. A. *et al.*(org.) **Perfil socioeconômico do Piauí**. Fortaleza-CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2015. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1731/1/2015_SPS_PI.pdf . Acesso em: 07 nov.2024.

BISWAS, W. K. *et al.* Life cycle assessment for environmental product declaration of concrete in the Gulf States. **Sustainable Cities and Society,** v. 35, p.36-46, Nov. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.07.011

BLATT, E. F. *et al.* Evaluating producers as resource consumers and alternative consumption patterns: Outcomes from emergy synthesis of the jeans supply chain. **Cleaner and Responsible Consumption**, v. 1, n. 100002, p. 1-7, Dec.2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clrc.2020.100002.

BONGIOVANNI, R. G.; TUNINETTI, L. Análisis del Ciclo de Vida de un jean producido en Argentina. **LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, Córdoba, v. 2, n.1, p. 9–34, Out. 2018. DOI: https://doi.org/10.18225/lalca.v2i1.3942.

BORIN, N.; CERF, D.C.; KRISHNAN, R. Consumer effects of environmental impact in product labeling. **Journal of Consumer Marketing**, v. 28, n.1, p. 76-86, Jan. 2011. DOI: https://doi.org/10.1108/07363761111101976

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia de Assuntos Jurídicos**.** Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção 1, p.16509.
Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 07 nov.2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO. Resolução n. 04, de 15 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Aprovação do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 4, Brasília, DF, p. 139-141, 04 jan.2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-Inmetro. Portaria n. 100, de 07 de março de 2016. Aprovar os Requisitos Gerais do Programa de Rotulagem Ambiental Tipo III -Declaração Ambiental de Produto (DAP). **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 8 mar. 2016. Seção 1, p.54.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia de Assuntos Jurídicos**.** Lei Complementar n. 123, de 14 de dezembro de 2006. Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte; altera dispositivos das Leis n. 8.212 e 8.213, ambas de 24 de julho de 1991, da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei n. 5.452, de 1o de maio de 1943, da Lei n. 10.189, de 14 de fevereiro de 2001, da Lei Complementar n. 63, de 11 de janeiro de 1990; e revoga as Leis n. 9.317, de 5 de dezembro de 1996, e 9.841, de 5 de outubro de 1999. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 15 dez. 2006. Seção 1, p.1.

BRASIL, M. V. de O. *et al.* Relationship between eco-innovations and the impact on business performance: an empirical survey research on the Brazilian textile industry. **Revista de Administração**, São Paulo, v.51, n.3, p.216-287, set. 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.rausp.2016.06.003 .

BREVE, D. G.; GONZAGA, L. DA S.; MENDES, F. D. Sustentabilidade como uma tendência no mercado da moda. **Modapalavra e-periódico**, Florianópolis, v.11, n. 22, p. 311-331, jul. 2018. DOI: https://doi.org/10.5965/1982615x11222018311 .

BRINKMANN, T.; METZGER, L. Ecological Assessment Based on Environmental Product Declarations. *In*: TEUTEBERG, F.; HEMPEL, M.; SCHEBEK, L. (ed.) Progress in Life Cycle Assessment 2018. **Sustainable Production, Life Cycle Engineering and**

Management. Springer,Cham, p. 21-31, Fev. 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-12266-9_2.

BRITO, M.A. L de; SILVA, E. A., Environmental Product Declaration approaches on the Brazilian experiences: a review. **Environmental Management and Sustainable Development**, v. 12, n. 2, 2023. DOI: https://doi.org/10.5296/emsd.v12i2.20787

BURKE, R. D; PARRISH, K.; ASMAR, M. E. Environmental Product Declarations: use in the architectural and Engineering Design Process to Support Sustainable Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 5, Mar. 2018. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001481

BUSATO, J. C. Brasil será o maior fornecedor mundial de algodão até 2030. **Revista Globo Rural**. Seção Vozes do agro. 12.jul.2021. Disponível em: https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Opiniao/Vozes-do-Agro/noticia/2021/07/brasil-sera-o-maior-fornecedor-mundial-de-algodao-ate-2030.html. Acesso em: 16 jan. 2025.

CAI, Y. J.; CHOI, T. M. A United Nations' Sustainable Development Goals perspective for sustainable textile and apparel supply chain management. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 141, n. 102010, Set.2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102010

CALDAS, R. de M.; LIMA, J. P. R. Análise das microrregiões nordestinas com sinais potenciais de aglomerações produtivas. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 2, n. 2, p. 130-154, jan. 2009. Disponível em: https://www.revistaaber.org.br/rberu/article/view/24. Acesso em: 16 jan. 2025.

CARTAXO, W. V.; PEREIRA, S. R. de P.; SILVA, O. R. R. F. da. **Embrapa Algodão** (Campina Grande, PB). Informações Técnicas sobre o Cultivo do Algodoeiro na Agricultura Familiar de Goiás. Goiás, 2002. Documento 101.

CARVALHO, J. D. V. **Dossiê técnico**: cultivo do algodão. Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2007.

CARVALHO, M. da C. S.; FERREIRA, G. B. Calagem e adubação do algodoeiro no Cerrado. **Circular Técnica 92**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Campina Grande-PB, ago. 2006.

CASTRO, A.L.A. *et al.* Escassez hídrica. *In*: UGAYA, C.M.L.; ALMEIDA NETO, J.A.; FIGUEIREDO, M.C.B. **Rede de pesquisa de avaliação do impacto do ciclo de vida**: recomendação de modelos de avaliação de impacto do ciclo de vida para o contexto brasileiro, IBICT, Brasília – DF, p. 89-122, 2019.

CASTRO, A. L. *et al.* Análise da viabilidade técnica da adaptação de dados internacionais de inventário de ciclo de vida para o contexto brasileiro: um estudo de caso do concreto para paredes moldadas no local. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 57, Bonito, MS, **Anais[...]**, Ibracon, 2015. ISSN 2175-8182.

CAVALCANTI JÚNIOR, C. A; LIMA, J. P. R. O semiárido nordestino: evolução recente da economia e do setor industrial. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 50, n.3, p. 69-88, jul./set. 2019. DOI: https://doi.org/10.61673/ren.2019.863.

CERUTTI, A. K. *et al.* Life cycle assessment application in the fruit sector: State of the art and recommendations for environmental declarations of fruit products**. Journal of Cleaner Production**, v. 73, p. 125-135, Jun. 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.017.

CHAPAING. A. K. *et al.* The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. **Ecological Economics**, v. 60, n. 1, p. 186-203, Nov. 2006, DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.027.

CHEN, S. *et al.* A systematic review of the life cycle environmental performance of cotton textile products. **Science of the Total Environment,** v. 883, n. 163659, Jul. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163659.

CHENG, E. W. L.; LI, H. Utility of consistency measure in the analytic hierarchy process. **Construction Innovation**,v. 3, n. 4, p. 231–247, Dec. 2003. DOI: https://doi.org/10.1108/14714170310814954 .

CHICO, D.; ALDAYA, M. M. GARRIDO, A. A water footprint assessment of a pair of jeans: the influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products, **Journal of Cleaner Production**. v. 57, p. 238-248, Oct. 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.001.

CIROTH, A. *et al.* Empirically based uncertainty factors for the pedigree matrix in ecoinvent. **The International Journal of Life Cycle Assessment,** v. 21, p. 1338–1348, 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-013-0670-5

CLAVREUL, J.; GUYONNET, D.; CHRISTENSEN, T. H. Quantifying uncertainty in LCA-modelling of waste management systems, **Waste Management**, v. 32, n. 12, p. 2482-2495, Dec. 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.008 .

COLUCI, M. Z. O.; ALEXANDRE, N. M. C.; MILANI, D. Construção de instrumentos de medida na área da saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, Mar. 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1413-81232015203.04332013 .

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Análise dos mercados agropecuário e extrativista, out. 2022 Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista. Acesso em: 16 jan. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade.** Confederação Nacional da Indústria, Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção – Brasília: CNI, 2017.

Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf. Acesso em: 16 jan. 2025.

COSTA, A. C. R; ROCHA, E. R. P. Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 159-202, mar. 2009. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1964. Acesso em: 16 jan. 2025.

COURTAT, M. *et al.* Towards credible, evidence-based environmental rating ecolabels for consumer products: a proposed framework. **Journal of Environmental Management**, v. 336, n. 117684, Jun. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117684.

CRIPPA, J.; SCHEER, S.; UGAYA, C. Aplicação de Declarações Ambientais de Produto (DAP) na Modelagem da Informação da Construção (BIM). *In:* CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 7, 2020, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: 2020.

CUNDUBEY, F.S.; AZGIN, S. T. Comparative life cycle assessment of denim manufacturing: evaluating conventional vs. recycled cotton in the context of renewable energy. **Journal of Cleaner Production**, v. 434, n. 140117, Jan. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140117 .

DAL MOLIN, S.J.; ERNANI, P.R.; GERBER, J.M. Acidificação do solo e liberação de nitrogênio após aplicação de fertilizantes de nitrogênio. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** , v. 51, n. 20, p. 2551–2558, 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1845347.

DEL BORGHI, A. LCA and communication: Environmental Product Declaration. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, p. 293–295, Fev. 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-012-0513-9.

DEL BORGHI, A.; MORESCHI, L.; GALLO, M. Communication through ecolabels: how discrepancies between the EU PEF and EPD schemes could affect outcome consistency. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, p. 905–920, Mar. 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-019-01609-7.

DEL ROSARIO, P.; PALUMBO, E.; TRAVERSO, M. Environmental Product Declarations as data source for the environmental assessment of buildings in the context of level (s) and DGNB: how feasible is their adoption? **Sustainability**, v. 13, n. 11, May. 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13116143.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS. BRADESCO. **Têxtil e Confecção**. 2017. Disponível em: https://febraec.org.br/pt-br/desempenho-producao-textil-2017.html. Acesso em: 16 jan.2025.

DIEKEL, F. *et al.* Life cycle based comparison of textile ecolabels. **Sustainability**, *v.* 13, n.1751, Feb. 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/su13041751.

DONKE, A. C. G. *et al.* Life cycle assessment of cotton production in the Brazilian Savanna. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT, 5, 2013, Buenos Aires. **Anais [...]**, Mendoza: 2013, p. 189-195.

DÓREA, R. J. S.; ALMEIDA, J. A. A. N.; RODRIGUES, L. B. Revisão sistemática da rotulagem ambiental da última década. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6., 2018, Brasília, DF. **Anais […]**. Brasília, DF: 2018.

DÓREA, R.J.dos S. *et al*. Environmental labeling: an analysis of the past 22 years of research. **Journal of International Consumer Marketing**, v. 34, n. 2, p. 184-200, Aug. 2021. DOI: https://doi.org/10.1080/08961530.2021.1951918 .

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. A new textiles economy: Redesigning fashion's future, 2017. Disponível em: http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications. Acesso em: 16 jan.2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Algodão**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília – DF, 2004.

ESTEVE-TURRILLAS, F.A.; GUARDIA, M. de la. Environmental impact of recover cotton in textile industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 116, p. 107-115, Jan. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.034.

FCEM. **Confecção de jeans**: confira o panorama atual no Brasil. Febratex Group. 2019a. Disponível em: https://fcem.com.br/noticias/confeccao-de-*jeans*-confira-o-panorama-atual-no-brasil/. Acesso em: 16 jan.2025.

FCEM. **O cenário da produção de vestuário e o papel do Brasil no setor**. Febratex Group. 2019b. Disponível em: https://fcem.com.br/noticias/o-cenario-da-producao-de-vestuario-e-o-papel-do-brasil-no-setor/#.XO_hoY9v_tQ. Acesso em: 16 jan.2025.

FERNANDES, M. G. S; SILVA FILHO, L. A.da. Espacialização industrial brasileira e nordestina: retratos e retalhos da fragmentação de um território. **DRd – Desenvolvimento Regional em debate,** v. 7, n. 1, p. 95-114, mai. 2017. DOI: https://doi.org/10.24302/drd.v1i1.1302 .

FIDAN, F.Ş; AYDOĞAN, E.K. UZAL, N. An integrated life cycle assessment approach for denim fabric production using recycled cotton fibers and combined heat and power plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 287, n. 125439, Mar. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125439.

FRISCHKNECHT, R. *et al.* The ecoinvent Database: overview and methodological framework. **The International Journal of Life Cycle Assessmen**t, v. 10, n. 1, p. 3-9, Oct. 2005. DOI: https://doi.org/10.1065/lca2004.10.181.1.

FUJITA, R. M. L.; JORENTE, M. J. A Indústria têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultura. **ModaPalavra e-Periódico**, Florianópolis, v.8, n.15, p. 153-174, jan./jul., 2015. DOI: https://doi.org/10.5965/1982615x08152015153 .

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Relatório anual do Programa Brasileiro GHG Protocol**. São Paulo – SP: FGV, 2023.

GALINDRO, B. M. *et al.* Making use of life cycle assessment and environmental product declarations: a survey with practitioners. **Journal of Industrial Ecology**, v. 24, n. 5, p. 965-975, May. 2020. DOI: https://doi.org/10.1111/jiec.13007.

GALINDRO, B. M.; FRIES, C. E.; SOARES, S. R. Simplificando a comunicação das declarações ambientais de produto. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6, 2018, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: 2018.

GELOWITZ, M.D.C.; MCARTHUR, J.J. Comparison of type III environmental product declarations for construction products: Material sourcing and harmonization evaluation. **Journal of Cleaner Production**, v. 157, p. 125-133, Jul. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.133.

GELOWITZ, M.D.C., MCARTHUR, J.J., Insights on environmental product declaration use from Canada's first LEED® v4 platinum commercial project. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 436-444, Set. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.008

GOMES, N. S.; CASAGRANDE JÚNIOR, E. F. O conhecimento e o ponto de vista de consumidores a respeito da rotulagem ambiental de produtos. **Sustainability in Debate**, v. 7, n. 3, p. 79–90, Dez. 2016. DOI: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v7n3.2016.19273.

GOMES, N. S.; CASAGRANDE JÚNIOR, E. F. Rotulagem ambiental de produtos: uma análise de 14 programas do mercado brasileiro, sob o olhar do consumidor. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 614-642, Fev. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018614-642.

GRADIN, K.; BJÖRKLUND, A. The common understanding of simplification approaches in published LCA studies: a review and mapping. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.26, n.1, p.50-63, Jan. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-020-01843-4.

GRAEL, P.F.F. *et al.* Life cycle inventory and impact assessment for an asphalt pavement road construction – a case study in Brazil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 26, p. 402–416, Jan. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-020-01842-5.

GRUÈRE, G. A characterization of environmental labeling and information schemes. **OECD Environment Working Papers**, Paris, n. 62, 2013. DOI: https://doi.org/10.1787/5k3z11hpdgq2-en .

HOE, V. M. H; PIRES, A. C. A construção do sistema brasileiro de declaração ambiental de produto. **Sustainability in Debate**, v. 8, n.2, p. 44–59, Set. 2017. DOI: https://doi.org/10.18472/SustDeb.v8n2.2017.23738.

HOEKSTRA, A. Y. The sustainability of a single activity, production process or product. **Ecological Indicators,** v.57, p.82-84, Oct. 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.04.022.

HOLE, G.; HOLE, A. Recycling as the way to greener production: a mini review. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 910-915, Mar. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.080.

HUANG, J. Nitrogen and phosphorus losses and eutrophication potential associated with fertilizer application to cropland in China**. Journal of Cleaner Production**, v. 159, p. 171-179, Aug. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.008.

HUNG, C. R.; ELLINGSEN, L. A.; MAJEAU-BETTEZ, G. LiSET: a framework for early-stage life cycle screening of emerging technologies. **Journal of Industrial Ecology**, v. 24, n.1, p.26-37, Feb. 2020. DOI: https://doi.org/10.1111/jiec.12807.

HUNSAGER, E.A.; BACH, M.; BREUER, L. An institutional analysis of EPD programs and a global PCR registry. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, p. 786–795, Feb. 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-014-0711-8.

HUSSAIN, T.; WAHAB, A. A critical review of the current water conservation practices in textile wet processing. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 806-819, Oct. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.051.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2020. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado. Acesso em: 16 jan.2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Desenvolvimento sustentável e avaliação do ciclo de vida**. Brasília: IBICT: CNI, 2014. Disponível em: https://acv.ibict.br/documentos/publicacoes/283-desenvolvimento-sustentavel-e-avaliacao-do-ciclo-de-vida/. Acesso em: 16 jan.2025.

INGWERSEN, W. W.; STEVENSON, M. J., Can we compare the environmental performance of this product to that one? An update on the development of product category rules and future challenges toward alignment. **Journal of Cleaner Production**, v. 24, p.102-108, Mar. 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.040.

INGWERSEN, W.; SUBRAMANIAN. V. Guidance for product category rule development: process, outcome, and next steps. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, p. 532-537, Mar. 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-013-0659-0.

INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. **O Consumo de Jeanswear no Brasil**. Jul. 2021. Disponível em: https://www.iemi.com.br/a-quem-pertence-o-jeanswear/. Acesso em: 16 jan. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2013, p. 1535.

IRALDO, F.; GRIESSHAMMER, R.; KAHLENBORN, W. The future of ecolabels. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, p. 833-839, Mar. 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-020-01741-9 .

JAFARI, H.A. *et al.* Suitability of EPDs for supporting life cycle and comparative analysis of concrete mixtures. **Environmental Science & Technology**, v. 57, n. 19, p. 7321-7327, Mai. 2023. DOI:https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05697 .

JONGE, V.; ELLIOTT, M.; ORIVE, E. Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. **Hydrobiologia**, v.475, p.1-19, Mai. 2002. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1020366418295.

JOUNG, H.; PARK-POAPS, H. Factors motivating and influencing clothing. **International Journal of Consumer Studies**. v.37, n.1, p.105-111, 2013. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2011.01048.x .

JULIANI, A. J.; RODRIGUES, T. O. Uso de ferramentas da ACV no comércio internacional: estudo de caso sobre rotulagem ambiental. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6, 2018, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: 2018.

KANG, J. *et al.* Energy systems for climate change mitigation: a systematic review. **Applied Energy**, v. 263, n. 114602, Apr. 2020, DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114602.

KIM, S. J.; KARA, S.; KAYIS, B. Economic and environmental assessment of product life cycle design: volume and technology perspective, **Journal of Cleaner Production**, v.75, p.75-85, Jul. 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.094.

KISS, B. *et al.* Panorama de selos de sustentabilidade que demandam rotulagem tipo III no Brasil. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 6, 2018, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: 2018.

KJAER, L. E. *et al.* Guidelines for evaluating the environmental performance of Product/Service-Systems through life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 190, p. 666-678, Jul. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.108.

KLINTMAN, M. A Review of Public Policies related to the Use of Environmental Labelling and Information Schemes (ELIS). **OCDE Environment Working Papers,** Paris, n. 105, Apr. 2016. DOI: https://doi.org /10.1787/5jm0p34bk7hb-en.

KREMER, G. M. **Declarações ambientais de produtos lácteos:** análise e recomendações para aplicação. 2020. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção). Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2020.

LA ROSA. A. D; GRAMMATIKOS, S. A. Comparative life cycle assessment of cotton and other natural fibers for textile applications. **Fibers,** v. 7, n.12, p. 101, Nov. 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/fib7120101.

LAITALA, K. Consumers' clothing disposal behavior: a synthesis of research results. **International Journal of Consumer Studies**, v. 38, n.5, p.444-457, Set. 2014. DOI: https://doi.org/10.1111/ijcs.12088.

LAITALA, K; KLEPP, I.G. Clothing disposal habits and consequences for life cycle assessment (LCA), Editor(s): SUBRAMANIAN, S. M. *In*: **Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing**, Woodhead Publishing, 2015, p. 345-365. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100169-1.00016-2.

LAMAS, F. M.; FERREIRA, A. C. de B. Reguladores de crescimento na cultura do algodoeiro. **Comunicado Técnico 121**, Dourado, MS: EMBRAPA, jul. 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24412/1/COT2006121.pdf. Acesso em: 16 jan.2025.

LASVAUX *et al.* Influence of simplification of life cycle inventories on the accuracy of impact assessment: application to construction products. **Journal of Cleaner Production**, v. 79, p. 142-151, Set. 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.003.

LIDÓRIO, C.F. **Tecnologia da confecção**. Curso Técnico de Moda e Estilo: módulo 1. Araranguá, SC: CEFET, 2008. 57p.

LOUHICHI, B. *et al.* Treatment of textile industry effluents by Electro-Coagulation and Electro-Fenton processes using solar energy: a comparative study, **Chemical Engineering Journal**, v. 427, n. 131735, Jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131735.

LUO, Y.*et al.* Environmental sustainability of textiles and apparel: A review of evaluation methods. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 86, n. 106497, Jan. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106497.

MAEDA, N. **Processo:** beneficiamento do algodão. O algodoeiro: informativo técnico da AMIPA, n. 5, set.-out. 2010.

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, Out. 2015. ISSN 0921-3449. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.010.

MENDES JUNIOR, B. de E. Setor Têxtil. **Caderno Setorial ETENE**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Banco do Nordeste, a.2, n. 16, set.2017.

MENDES JUNIOR, B. de E. Têxtil. **Caderno Setorial ETENE**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Banco do Nordeste, a.9, n. 329, mar.2024.

MENDES, N.C.; OMETTO, A.R. Acidificação terrestre. *In*: UGAYA, C.M.L.; ALMEIDA NETO, J.A.; FIGUEIREDO, M.C.B. **Rede de pesquisa de avaliação do impacto do ciclo de vida**: recomendação de modelos de avaliação de impacto do ciclo de Vida para o contexto brasileiro / RAICV organização. Brasília, DF: IBICT, 2019. 165 p.

MENEGON, E. M. P; POLI, O. L.; MAZZIONI, S. Inovação na indústria do segmento têxtil: um estudo sobre o perfil da produção científica nacional e internacional. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n.4, p. 1093-1115, 2018. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv4n4-159.

MINKOV, N. *et al.* Type III Environmental Declaration Programmes and harmonization of product category rules: status quo and practical challenges, **Journal of Cleaner Production**, v. 94, p. 235-246, May 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.012.

MOAZZEM, S *et al.* Assessing environmental impact reduction opportunities through life cycle assessment of apparel products. **Sustainable Production and Consumption**, v. 28, p. 663-674, Oct. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.015.

MODAHL, I.S. *et al.* Comparison of two versions of an EPD, using generic and specific data for the foreground system, and some methodological implications**. The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 1, p. 241–251, Jan. 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-012-0449-0.

MORÉ, F. B. Avaliação do grau de comparabilidade entre DAPs. 2021. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2021.

MORÉ, F. B.; GALINDRO, B. M.; SOARES, S. R. Assessing the completeness and comparability of environmental product declarations. **Journal of Cleaner Production**, v. 375, n.133999, Nov. 2022. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133999

MORITA, A. M. *et al.* Assessment of potential alternatives for improving environmental trouser jeans manufacturing performance in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, n.119156, Fev. 2020, DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119156.

MORITA, A. M. *et al.* Avaliação do ciclo de vida da produção de calça jeans. *In:* INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 6, 2017, São Paulo, SP. **Anais[...].** São Paulo, SP, 2017.

MORITA, A.M. Avaliação de impactos ambientais do setor têxtil por meio da ACV (Avaliação do ciclo de vida): estudo de caso calça jeans. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Maringá, 2013.

MOURA, I. E. M. O. de; MOITA NETO, J. M.; SILVA, E. A. da. Environmental performance of a household laundry cycle**. The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 29, p. 1765–1778, Jun. 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-024-02339-1.

MUÑOZ-TORRES, M.J. *et al.* Sustainable supply chain management in a global context: a consistency analysis in the textile industry between environmental management practices at company level and sectoral and global environmental challenges. **Environment Development and Sustainability**, v. 23, p. 3883–3916, Mar. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s10668-020-00748-4.

MUTHUKUMARANA, T. T. *et al.* Life cycle environmental impacts of the apparel industry in Sri Lanka: Analysis of the energy sources. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 1346-1357, Jan. 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.261.

NIINIMÄKI, K. *et al.* The environmental price of fast fashion. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, p. 189–200, Apr. 2020. DOI: https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9.

NOORARI, Z. A. *et al.* Comparison of natural and synthetic anti migrants in continuous dyeing of 100% polyester. International Journal of Technical Research and Applications, v. 2, n. 3, p.6-17, May/Jun. 2014.

OJALA, E. *et al.* Assessing product environmental performance with PEF methodology: reliability, comparability, and cost concerns. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, p. 1092–1105, Mar. 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-016-1090-0.

OLIVEIRA NETO, G. C. de *et al.* Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 1514-1525, Aug. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.334.

OLIVEIRA, O.; SERRA, J.; SALGADO, M. Does ISO 14001 work in Brazil? **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 18, p. 1797-1806, Dec. 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2010.08.004.

OLSON, D. L. **Decision aids for selection problems**. USA: Springer, 1996. Chapter 5.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Environmental labelling and information schemes: policy perspectives. 2016. Disponível em: https://web-archive.oecd.org/2017-02-14/413679-labelling-and-information-schemes.htm. Acesso em: 16 jan. 2025.

OTAZU, R. L. de L. D. de *et al.* Ecodesign coupled with Life Cycle Assessment to reduce the environmental impacts of an industrial enzymatic cleaner. **Sustainable Production and Consumption**, v. 29, p. 718-729, Jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.016.

PÁDUA, T. R. P. de; SILVA, C. A.; DIAS, B. de O. Nutrição e crescimento do algodoeiro em latossolo sob diferentes coberturas vegetais e manejo de calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1481-1490, out., 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500019.

PASSER, A. *et al.* Environmental product declarations entering the building sector: critical reflections based on 5 to 10 years experience in different European countries. **International Journal of Life Cycle Assessment,** v. 20, p. 1199–1212, Jul. 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-015-0926-3.

PEREIRA, G. de S. **Materiais e processos têxteis**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Santa Catarina. Apostila. 2009. 94f. Disponível em: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/temp/0/07/20090218180450!MPTEX6.pdf. Acesso em: 16.jan.2025.

PERIYASAMY, A.P.; WIENER, J.; MILITKY, J. Life-cycle assessment of denim. *In*: SUBRAMANIAN, S. M. (ed.), **The Textile Institute Book Series**: sustainability in denim. Elsevier, 2017, p. 83-110, DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102043-2.00004-6 .

PERIYASAMY, A.P.; PERIYASAMI, S. Critical review on sustainability in denim: a step toward sustainable production and consumption of denim. **ACS Omega**, v. 8, n. 5, p. 4472–4490, Jan. 2023. DOI: https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06374.

PIAUÍ. Governo do Estado do Piauí. **Nova estrutura do Polo Têxtil de Piripiri vai fortalecer economia da região**. Imprensa. Economia. Jan.2020. Disponível em: https://www.pi.gov.br/noticias/nova-estrutura-do-polo-textil-de-piripiri-vai-fortalecer-economia-da-regiao/. Acesso em: 16 jan.2025.

PIAUÍ. Lei n. 4.854, de 10 de julho 1996. Dispõe sobre a política de meio ambiente do Estado do Piauí, e dá outras providências. Disponível em: https://www.leisdopiaui.com/leg-ambiental. Acesso em: 16 jan.2025.

PORTELA, C. S. P. Qualidade na tecnologia do vestuário: análise de pequenas e médias empresas no estado do Piauí. 2017. 99p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2017.

PORTUGAL-PEREIRA, J. *et al.* Interactions between global climate change strategies and local air pollution: lessons learnt from the expansion of the power sector in Brazil. **Climatic Change**, v. 148, p. 293–309, May 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s10584-018-2193-3 .

PRADO, M. V.; SUZUKI, H. O. E-Commerce também avança na indústria de moda. Caderno Oferta e Demanda. **Revista Costura Perfeita**. Ed. XXIII, n.120, p.14-15, mar./abr., 2021.

Disponível em: https://iemi.com.br/o-e-commerce-tambem-avanca-na-industria-de-moda/. Acesso em: 16 jan. 2025.

PRAG, A.; LYON, T.; RUSSILLO, A. Multiplication of environmental labeling and information schemes (ELIS): implications for environment and trade. **OECD Environment Working Papers,** n. 106. 2016. DOI: https://doi.org/10.1787/5jm0p33z27wf-en.

PRODUCT CATEGORY RULES. **Trousers, shorts and slacks and similar garments.** Product category classification: UN CPC 282. Version 1.03, 2021.

PROTO, M.; MALANDRINO, O.; SUPINO, S. Eco-labels: a sustainability performance in benchmarking? **Management of Environmental Quality**, v. 18, n. 6, p. 669-683, Oct. 2007. DOI: https://doi.org/10.1108/14777830710826702 .

QIAN, J. *et al.* Ecotoxicological impact assessment of the production of cotton fabric. **AATCC Journal of Research**.v. 7, n. 6, p. 23-32, nov. 2020. DOI: https://doi.org/10.14504/ajr.7.6.4 .

QIAN, W. *et al.* Water footprint assessment of viscose staple fiber garments. **Water Supply,** v. 21, n. 5, p. 2217 – 2232, Fev. 2021. DOI: https://doi.org/10.2166/ws.2021.040.

QIN, Y.; CUCURACHI, S.; SUH, S. Incertezas percebidas de caracterização em ACV: uma pesquisa. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, p. 1846–1858, Aug. 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-020-01787-9

RAJU, N. Methodology review: estimation of population validity and cross-validity, and the use of equal weights in prediction. **Applied Psychological Measurement**, v. 21, n.4, p. 291 – 305, Dec. 1997. DOI: https://doi.org/10.1177/01466216970214001.

RASMUSSEN, F. N. *et al.* Environmental Product Declarations of structural wood: a review of impacts and potential pitfalls for practice. **Buildings,** v. 11, n.8, p. 362, Aug. 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings11080362.

REDDY, V.; CUNHA, D.; KURIAN, M. A water–energy–food nexus perspective on the challenge of eutrophication. **Water**, v. 10, n. 2, p. 101, Jan. 2018. https://doi.org/10.3390/W10020101.

ROBERT, N. F. **Produtos químicos utilizados em lavanderias**: características e identificação dos riscos de produtos químicos utilizados em lavanderias. Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ: REDETEC, 2021.

ROCHA, M. S. R.; CALDEIRA-PIRES, A. Environmental product declaration promotion in Brazil: SWOT analysis and strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 1061-1072, Oct. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.266.

RODRIGUES, J.P.B. *et al* Simulação do processo produtivo de uma confecção utilizando o software arena: um estudo de caso. **Perspectivas On Line**, v.17, n.7, p. 88-97, Mar. 2017. DOI: https://doi.org/10.25242/885X71720171075.

RÜZGAR, A. *et al.* Life cycle assessment of a cotton t-shirt. *In*: INTERNATIONAL IZMIR TEXTILE AND APPAREL SYMPOSIUM, 14, 2017, Izmir, Turkey. **Annals[...]**, İzmir, Ekim, Oct. 2017.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p.9-26, Set. 1990. DOI: https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I .

SAATY, T. L. Perspectives on the theory and practice of decision making with the analytic hierarchy process. **Creative Decisions Foundation**. 1994. DOI: https://doi.org/10.13033/isahp.y1994.036.

SENSENEY, C. T. *et al* Recommendations for cradle-to-gate environmental product declarations (EPD) in 'Buy Clean' procurement based on CDOT's experience. **Environmental. Research: Infrastructure and Sustainability**, v.3, n. 035004, Set. 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.1088/2634-4505/acf06d.

SEVIGNÉ-ITOIZ, E. Life cycle assessment (LCA): informing the development of a sustainable circular bioeconomy? **Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical, Physical and Engineering Sciences,** v. 20, n. 2206, Aug. 2021. DOI: https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0352.

SHEPHERD, D. D. Environmental product declarations: transparency reporting for sustainability. IEEE-IAS/PCA CEMENT INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, Dallas, TX, USA, 2016, p. 1-5. DOI: https://doi.org/10.1109/CITCON.2016.7742664.

SILVA, V. P. da *et al.* Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 9, p. 1831-1839, Set. 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.04.001.

SILVA FILHO, A. R. A. da *et al.* Classificação, caracterização e diagnóstico das Lavanderias de Beneficiamento de Jeans na Cidade de Caruaru-PE, no Agreste Pernambucano. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.12186.

SILVA, R. H. C. Segmento de têxtil, confecções e calçados se beneficia da demanda doméstica robusta, mas a indústria sofre os efeitos do câmbio apreciado e da concorrência asiática. **Destaque Setorial Bradesco** – Têxteis, Confecções e Calçados. DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos: Set. 2011.

SILVA, F. O. da; SANTOS, A. V. dos. Economia criativa no mercado da moda e sua influência no desenvolvimento da indústria têxtil no Nordeste. **Revista de Economia**

Regional, Urbana e do Trabalho, v. 9, n. 2, p. 124 – 137, 2020. DOI: https://doi.org/10.21680/2316-5235.2020v9n2ID23906.

SILVA, O. R. R. F. da; SANTANA, J. C. F. de. Beneficiamento do Algodão. *In*: BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E. de (ed.). **Algodão**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa Algodão. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p.165-175.

SILVA, D. A. L.; CHABRAWI, A. M. R. O.; OLIVEIRA, J. A. de. Perspectivas do setor empresarial brasileiro quanto ao uso da ACV e a colaboração para o fortalecimento do SICV Brasil. **LALCA: Revista Latino Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, v. 1, n.1, p. 112-137, Ago. 2017. DOI: https://doi.org/10.18225/lalca.v1i1.3038

SIRAJ, S.; MIKHAILOV, L.; KEANE, J.A. PriEsT: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments. **International Transactions in Operational Research**, v. 22, n.2, p. 217-235, Mar. 2015. DOI: https://doi.org/10.1111/itor.12054.

SIVARAM, N.; GOPAL, P. M.; BARIK, D. Toxic waste from textile industries. *In*: BARIK, D. **Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation**. Woodhead Publishing, 2019. p.43-54. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00004-3.

SKAAR, C.; FET, A.M. Accountability in the value chain: from Environmental Product Declaration (EPD) to CSR product declaration. **Corporate Social Responsibility & Environmental Management**, v. 19, n. 4, p. 228-239, Jul./Aug. 2012. DOI: https://doi.org/10.1002/csr.275.

SOBREIRA, E. M. C.; SILVA, C. R. M. da; ROMERO, C. B. A. Consumo colaborativo de moda e *slow fashion*: percursos para uma moda sustentável. **Modapalavra e-periódico,** Florianópolis, v. 14, n. 34, p. 35–60, 2021. DOI: https://doi.org/10.5965/1982615x14342021035.

SOHN, J. *et al.* The environmental impacts of clothing: evidence from United States and three European countries. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 2153-2164, Jul. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.05.013.

SORRENTINO, P. di; WOELBERT, E.; SALA, S. Consumers and their behavior: state of the art in behavioral science supporting use phase modeling in LCA and ecodesign. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, p. 237–251, Feb. 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-015-1016-2.

SOUST-VERDAGUER, B *et al.* The use of Environmental Product Declarations of constructions products as a data source to conduct a Building Life-Cycle Assessment in Spain. **Sustainability**, v. 15, n. 2, p. 1284, Jan. 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/su15021284.

SPERLING, E. von. Hydropower in Brazil: overview of positive and negative environmental aspects. **Energy Procedia**, v. 18, p. 110-118, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.023.

SPÍNOLA, V.; XAVIER, M. Desafios ao Fortalecimento da cadeia do algodão: o caso da Região Oeste. 2020. Disponível em: https://www.desenbahia.ba.gov.br/wp-content/uploads/2020/10/b1879eb7c9c64b7bbcdc5f2342c62cde.pdf. Acesso em: 16 jan.2025.

STAPEL, E. *et al.* Environmental Product Declarations: an extensive collection of availability, EN15804 revision and the ILCD+EPD format. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1078, n. 012108, 2022. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012108.

STEINGRUBER, E., Indigo and indigo colorants. Frankenthal, Germany. **Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry**. v. 19, p. 55-63, 2012. DOI: https://doi.org/10.1002/14356007.a14_149.pub2.

STRAZZA, C. *et al.* Using environmental product declaration as source of data for life cycle assessment: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, Part 1, p. 333-342, Jan. 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.058 .

SUBRAMANIAN, V. *et al.* Comparing product category rules from different programs: learned outcomes towards global alignment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, p. 892–903, Apr. 2012. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-012-0419-6.

TERESINA. Lei Municipal n. 2.475, de 04 de julho de 1996. Dispõe sobre a política de proteção, conservação, recuperação e desenvolvimento do meio ambiente, e dá outras providencias. *In*: SOARES, N. da S. **Leis básicas do município de Teresina**: coletânea. Teresina: Jolenne, 2001.

TIMM, J. F. G.; PASSUELLO, A. C. B. Potencial de uso de Declaração Ambiental de Produto para auxiliar em compras públicas verdes na construção civil. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 2, p. 263-276, Apr./Jun. 2021. DOI: https://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200525.

TIMM, J. F.G; MACIEL, V.G.; PASSUELLO, A. C. B. Green public procurement model for environmental assessment of constructive systems. **International Journal of Construction Management**, v. 23, n. 4, p. 718-728, May 2021. DOI: https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1920162.

TONIOLO, S. *et al.* Mapping diffusion of Environmental Product Declarations released by European program operators, **Sustainable Production and Consumption**, v. 17, p. 85-94, Jan. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.09.004.

UGAYA, C. M. L.; ALMEIDA NETO, J. A. de; FIGUEIREDO, M. C. B. de. **Rede de Pesquisa de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida**: recomendação de modelos de

Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida para o contexto brasileiro, RAICV organização. Brasília, DF: IBICT, 2019. 165 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Chemicals Branch. **The Chemicals in Products Project**: Case Study of the Textiles Sector, 2011. 48p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Guidelines for Providing Product Sustainability Information: global guidance on making effective environmental, social and economic claims, to empower and enable consumer choice. ISBN: 978-92-807-3672-4, 2017.

URBAN, M. L. de P. e*t al.* Desenvolvimento da produção de têxteis de algodão no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 25, n.12, dez. 1995. Disponível em: http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/tec1-1295.pdf. Acesso em: 16 jan.2025.

FANTIN, V. *et al.* Life cycle assessment of Italian high quality milk production. A comparison with an EPD study. **Journal of Cleaner Production**, v. 28, p. 150-159, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.017.

VEHMAS *et al.* Consumer attitudes and communication in circular fashion. **Journal of Fashion Marketing and Management**, v. 22, n. 3, p. 286-300, 2018. DOI: https://doi.org/10.1108/JFMM-08-2017-0079.

VIANA, F. L. E. A indústria têxtil e de confecções no Nordeste: características, desafios e oportunidades. **Série Documentos do ETENE**, n. 6, 2005. Fortaleza - CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2005. 66p. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/186. Acesso em: 16 jan.2025.

WANDERLEY, M. J. R; LIMA, M. do S. N. Fiação do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E. de (ed.). **Algodão**: o produtor pergunta, a Embrapa responde, Embrapa Algodão. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 265 p., p.222-226.

WHARTA, E. J.; SANTANA, D. A. S. de; Construção e validação de instrumento de coleta de dados na pesquisa em Ensino de Ciências. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v.16, n. 36, p. 39-52, jul. 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v16i36.7109 .

WEIDEMA *et al.* Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3. Ecoinvent Report 1(v3). St. Gallen: The ecoinvent Centre, 2013. Disponível em: https://lca-net.com/publications/show/overview-methodology-data-quality-guideline-ecoinvent-database-version-3/. Acesso em: 16 jan. 2025.

WEIDEMA, B.P. Multi-user test of the data quality matrix for product life cycle inventory data. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 3, p. 259–265, Set. 1998. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02979832.

WEIDEMA, B. P.; WESNÆS, M. S. Data quality management for life cycle inventories: an example of using data quality indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 4, n. 3–4, p. 167-174, 1996. DOI: https://doi.org/10.1016/S0959-6526(96)00043-1.

WERNET, G. *et al.* The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, p. 1218–1230, Apr. 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8.

WIEDEMANN, S. G. *et al.* Environmental impacts associated with the production, use, and end-of-life of a woollen garment. **The International Journal of Life Cycle Assessmen**t, v.25, p. 1486–1499, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-020-01766-0.

YAN, M.J.; HUMPHREYS, J.; HOLDEN, N.M. An evaluation of life cycle assessment of European milk production. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 3, p.372-379, Mar. 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.025.

YASEEN, D.A.; SCHOLZ, M. Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review. Int. J. Environ. Sci. Technol. v. 16, p. 1193–1226, Nov. 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s13762-018-2130-z.

YOUNG, C. E. F. Sustentabilidade e competitividade: o papel das empresas. **Revista de Economia Mackenzie,** v. 5, n. 5, p. 87-101, 2007. Disponível em: https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rem/article/view/797. Acesso em: 16 jan. 2025.

ZARGAR, S.; YAO, Y.; TU, Q. A review of inventory modeling methods for missing data in life cycle assessment. **Journal of Industrial Ecology**, v. 26, n. 5, p. 1676–1689, Oct. 2022. DOI: https://doi.org/10.1111/jiec.13305.

ZHANG, Y. *et al.* Life cycle assessment of cotton T-shirts in China. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 7, p. 994–1004, Jul. 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-015-0889-4.

APÊNDICE A - FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS ACV NA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO

EMPRESA	
Razão Social	
Natureza Jurídica	( ) EIRELI ( ) MEI ( ) LTDA ( ) S/A
Ano de Abertura da empresa	
Classificação CNAE	
Atividade Principal	
Público-alvo	( ) % adulto masculino ( ) % adulto feminino ( ) % infantil ( ) % outro:
Número de Funcionários	
Regime de trabalho dos funcionários e carga horária	
Classificação porte da empresa	
Capacidade Produtiva (por mês/ano)	
Endereço	
Destinação dos produtos	
Modal de distribuição	Tipo: ( ) Frota própria ( ) Terceirizado ( ) Outro
Descrição do modelo do produto para estudo	
Área de ocupação da empresa (m^2)	

COMPOSIÇÃO DA CALÇA JEANS

Composição da Calça Jeans	Especificação	Tamanho	Composição do material	Fornecedor	Localização
Tecido Denim					
Tecido Forro					
Linhas					

COMPOSIÇÃO DOS AVIAMENTOS/ACESSÓRIOS DA CALÇA JEANS

Aviamentos/Acessórios	Especificação	Tamanho	Composição	Fornecedor	Localizaçã
Zíper					
Botão					
Etiqueta externa					
Etiqueta de composição					
Tag					
Lacre de autenticidade					
Rebite					
Outros					

DADOS PARA CÁLCULO DO TRANSPORTE DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Entradas	Localização	Modal	Distância (km)	Tempo médio até indústria (h)	Peso (kg)

DADOS DOS PROCESSOS PRODUTIVOS

PROCESSO PRODUTIVO	
Setor de Operação:	( ) Design ( ) Modelagem ( ) Corte ( ) Costura ( ) Acabamento ( ) Estoque

Descrição do setor:	
Operadores (qte.)	
Etapa (s)	
Descrição da etapa	
Tempo de execução da etapa	
Máquina	
Marca/Modelo da Máquina	
Especificações/Foto	
Potência da Máquina	
Tempo de uso da máquina	
Outros consumos de energia	( ) Ventilador. Quantidade ( ) Marca (s): ( ) Ar condicionado. Quantidade: ( ) Marca (s): ( ) Climatizador. Quantidade ( ) Marca (s): ( ) Lâmpadas. Quantidade ( ) Tipo:___Marca (s): ( ) Outro:___Quantidade ( ). Marca (s):
Saídas	Resíduos? Quais tipos?
Manutenção	Tipo de manutenção: Período de realização:

DADOS PARA CÁLCULO DO CONSUMO DE ENERGIA

Operação	**Tempo**	**Máquina utilizada**	**Marca**	**Potência**

APÊNDICE B - FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS ACV PARA LAVANDERIA

EMPRESA:	
Razão Social	
Natureza Jurídica	( ) EIRELI ( ) MEI ( ) LTDA ( ) S/A
Ano de Abertura da empresa	
Classificação CNAE	
Atividade Principal	
Público-alvo (empresas/tipos de produtos)	
Número de Funcionários	
Regime de trabalho dos funcionários e carga horária	
Classificação porte da empresa	( ) pequena ( ) média ( ) grande
Capacidade Produtiva (volume de peças lavadas por mês)	
Quantas máquinas de lavagem?	
Endereço (cidade)	
Destinação dos produtos (cidades/empresas)	
Forma de distribuição utilizada	Modal: ( ) Frota própria ( ) Terceirizado.
Modelo do produto de análise	
Área de ocupação da empresa (m²)	

MATÉRIAS-PRIMAS PARA LAVAGEM DA CALÇA JEANS

Matéria-prima	Especificação	Quantidade	Composição do material	Fornecedor	Localização

PROCESSO PRODUTIVO DA LAVANDERIA

Setor de Operação	
Descrição do setor:	
Operadores (qte.)	
Tempo de execução	
Máquina (s) utilizadas/ especificação	
Capacidades das máquinas	
Resíduos (tipos e quantidades)	

DADOS PARA CÁLCULO DO TRANSPORTE DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Matéria-prima	Localização	Modal	Distância (km)	Tempo médio até indústria (h)	Peso total/unitário (kg)

DADOS PARA CÁLCULO DOS CONSUMOS DE ENERGIA E ÁGUA

Máquinas utilizadas (especificação/marca)	Quantidade de Máquina	Potência	Tempo de Uso	Espaço Ocupado	Volume de Água

Outros consumos de energia	( ) Ventilador. Quantidade:_____. Marca (s): ( ) Ar condicionado. Quantidade:_____. Marca (s): ( ) Climatizador. Quantidade:_____. Marca (s): ( ) Lâmpadas. Qual tipo:_____ Quantidade:_____.Marca (s): ( ) Outro. Qual:_____ Quantidade:_____. Marca (s):

APÊNDICE C - DADOS DE INVENTÁRIO NA PRODUÇÃO DA CALÇA JEANS

Produção do Algodão	Dados	Qt.	Unidade	Processo no Ecoinvent Database	Fonte dos dados
Entradas	Água	1610	m^3	Water, well, BR	Morita (2013), Cartaxo *et al.* (2002). Lamas e Ferreira (2006), Azevedo *et al.* (2004), Carvalho e Ferreira (2006), Associação Brasileira de Defensivos Pós-patente (2022), Beltrão *et al.* (1997)
	Fertilizante (N)	108,7	kg	Nitrogen fertiliser, as N {GLO}| market for	
	Fertilizante (P_2O_5)	85,26	kg	Phosphate fertiliser, as P_2O_5 {GLO}| market for	
	Fertilizante (K_2O)	440,77	kg	Potassium sulfate, as K_2O {GLO}| market for	
	Calcário	1,93	kg	Lime {GLO}| market for	
	Regulador de crescimento	0,07	kg	Mepiquat chloride	
	Desfolhante	0,02	kg	S,S,S-tributyl phosphorotrithioate	
	Semente	14,46	kg	Cotton seed {GLO}| market for	
	Herbicida	2,48	kg	Glyphosate {GLO}| market for	
	Fungicida	1,42	kg	Mancozeb {GLO}| market for	
	Inseticida	6,4	kg	Imidacloprid	
	Óleo mineral	6,43	kg	Paraffin {GLO}| market for	
	Transporte	200	t*km	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {GLO}| market for	
	Colheita	1	t*km	Transport, tractor and trailer, agricultural {GLO}| market for	
	Energia elétrica	198,52	kWh	Electricity, medium voltage {BR}| market for (EPE)	
	Terra uso	1	ha	Occupation, annual crop, non-irrigated, intensive	
Saídas	Fibra de algodão	1000	kg		Morita (2013)
	Emissões para o ar				
	Ammonia	3,72	kg	Ammonia	
	Carbon dioxide	7,15	kg	Carbon dioxide	
	Carbon dioxide, fossil	235,4	kg	Carbon dioxide, fossil	
	Carbon dioxide, land transformation	2085,02	kg	Carbon dioxide, land transformation	
	Dinitrogen monoxide	1,09	kg	Dinitrogen monoxide	
	Nitrogen oxides	0,76	kg	Nitrogen oxides	
	Descargas para o solo				
	Glyphosate	0,30	kg	Glyphosate	
	Mepiquat chloride	0,532	kg	Mepiquat chloride	
	Pesticides, unspecified	30,3	kg	Pesticides, unspecified	
	Descargas para a água				
	Nitrate	4,721	kg	Nitrate	
	Pesticides, unspecified	0,15	kg	Pesticides, unspecified	
	Phosphate	3,534	kg	Phosphate	
Fiação					
Entradas	Fibra de algodão em pluma	1000	kg		
	Energia	2449,21	kWh	Electricity, high voltage hydro, reservoir, tropical region {BR}| electricity production	
	Fios	900	kg		
Saídas	Waste (solid)	75,26	kg		
Tecelagem					
Entradas	Corante	3,28E-02	kg	2-(1,3-Dihydro-3-oxo-2h-indol-2-ylidene)-1,2-di*	Morita (2013), Moura, Moita Neto e Silva (2024) (amaciante, surfactante)
	Amido	2,3E-02	kg	Maize starch {GLO}| market for	
	Cloro	9,12E-03	kg	Sodium chloride, powder {GLO}| market for	
	Ácido acético	1,56E-03	kg	Acetic acid, without water, in 98% solution state {GLO}| market for	
	Amaciante	2,77E-03	kg		
	Soda cáustica (NaOH)	7,3E-03	Kg	Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {GLO}| market for	
	Hidrossulfito de sódio	3,65E-03	kg	Sodium hydrogen sulfite {GLO}| market for	
	Sequestrante	1,46E-03	kg		

	Surfactante	1,82E-03	kg		
	Enzimas	2,55E-03		Enzymes {GLO}| market for	
	Antimigrante	1,02E-03	kg	Carboxymethyl cellulose, powder {GLO}| market for	
	Energia térmica	13,72	MJ	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}| heat production, hardwood chips from forest, at furnace 1000kW	
	Energia elétrica	4,42E-04	kWh	Electricity, medium voltage {BR}| market for	
	Energia à gás	63,56	kcal	Heat, central or small-scale, natural gas {GLO}| market group for	
	Água	1,12	l	Tap water {RoW}| market for	
	Tecido denim	1	m		
	Resíduos sólidos	2,0E-02	m	Waste for recovery (unspecific)	
Saídas	Efluentes	9,63E-03	m^3	Emission, unspecified	
Confecção Empresa A					
Entradas	Tecido denim	1,17	m		
	Botão	0,01	kg	Non-ferrous metals	
	Ttransporte (insumos)	14,64	kg*km	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 {GLO}| market for	
	Transporte (distribuição)	23,268	kg*km	Transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market group for transport, freight, light commercial vehicle	Dados primários
	Energia elétrica	5,37	kWh	Electricity, low voltage {BR}| market for	
Saídas	Calça jeans	0,277	kg		
	Waste solid	5,0	kg		
Lavanderia Empresa A					
Entradas	Amaciante	8,1	g		
	Antimigrante	3	g	Carboxymethyl cellulose, powder {GLO}| market for	
	Enzimas	5	g	Enzymes {GLO}| market for	Dados primários Moura , Moita Neto e Silva (2024) (amaciante) Morita (2013) (energia térmica)
	Sequestrante	10	g	Sodium tripolyphosphate {GLO}| market for	
	Água	58	l	Tap water {RoW}| market for	
	Energia elétrica	8,97	kWh	Electricity, medium voltage {BR}| market for	
	Energia térmica	1,97E-05	MJ	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}| heat production, wood chips from industry, at furnace 300kW	
	Transporte	168	kg*km	Transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market group	
Saídas	Carbon dioxide	2,19	kg		
	Dinitrogen monoxide	7,85E-05	kg		
	Methane	5,89E-04	kg		
	BOD5, Biological Oxygen Demand	0,15	kg		Morita (2013)
	COD, Chemical Oxygen Demand	0,21	kg		
	Sludge	0,084	kg		
	Waste water untreated	58	l		
Confecção Empresa B					
Entradas	Tecido denim	1,25	m		
	Botão	0,01	kg	Non-ferrous metals	
	Transporte (insumos)	1246,57	kg*km	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 {GLO}| market for	Dados primários
	Transporte (distribuição)	36,12	kg*km	Transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market group for transport, freight, light commercial vehicle	
	Energia elétrica	3,85	kWh	Electricity, low voltage {BR}| market for	
Saídas	Calça jeans	0,430	kg		

	Waste solid	5,0	kg		
Lavanderia Empresa B					
Entradas	Amaciante	12,9	g		
	Branqueador	2	g	C.I. Fluorescent brightener 260	
	Antimigrante	3	g	Carboxymethyl cellulose, powder {GLO}| market for	
	Cloro	30	g	Chlorine, liquid {RoW}| market for	
	Enzimas	5	g	Enzymes {GLO}| market for	
	Peróxido de hidrogênio	10	g	Hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state {GLO}| market for	Dados primários Moura, Moita Neto e Silva (2024) (amaciante) Morita (2013) (energia térmica)
	Permanganato de potássio	30	g	Potassium permanganate {GLO}| market for	
	Neutralizante	25	g	Sodium hydrogen sulfite {GLO}| market for	
	Sequestrante	15	g	Sodium tripolyphosphate {GLO}| market for	
	Água	150	l	Tap water {RoW}| market for	
	Transporte	168	kg*km	Transport, freight, light commercial vehicle {GLO}| market group	
	Energia elétrica	12,79	kWh	Electricity, medium voltage {BR}| market for	
	Energia térmica	1,97E-05	MJ	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}| heat production, wood chips from industry, at furnace 300kW (morita)	
Saídas	Carbon dioxide	2,19	kg		
	Dinitrogen monoxide	7,85E-05	kg		
	Methane	5,89E-04	kg		
	BOD5, Biological Oxygen Demand	0,15	kg		Morita (2013)
	COD, Chemical Oxygen Demand	0,21	kg		
	Sludge	8,4E-02	kg		
	Waste water untreated	150	l		

APÊNDICE D - *CHECK LIST* PARA ANÁLISE DOS ITENS DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO

NOME DA EPD A SER AVALIADA
( ) DAP de produto único
( ) DAP de dois produtos
( ) Identificação da RCP

1 GENERALIDADES
1.1 INFORMAÇÕES GERAIS QUE TODA DAP DEVE POSSUIR
( ) Nome e imagem do produto
( ) Nome e logotipo do proprietário
( ) Texto "declaração ambiental de produto"
( ) Nome do operador do programa
( ) Logotipo do operador de programa, se relevante
( ) Web site do operador de programa, se relevante
( ) Número de registro da DAP
( ) Indicação da versão da DAP.
( ) Nota de que a DAP está em conformidade com a NBR ISO 14025
( ) Nota de que as informações podem ser atualizadas se as condições mudarem
( ) Declaração obrigatória de que DAP de programas diferentes podem não ser comparáveis
( ) Declaração de que o proprietário da DAP tem a propriedade e responsabilidade exclusivas
( ) Identificação da RCP.
( ) Nome de quem conduziu a RCP
( ) Indicativo de verificação independente. Foi verificado? S/N
( ) Nome dos certificadores ou verificadores
( ) Informações do operador de programa: endereço, site, contato, email, etc. Qual tipo?
( ) Data de publicação da DAP. Qual?
( ) Prazo de validade da DAP. Qual?
( ) Data de revisão da DAP (quando aplicável). Quantas? Em quais datas/ano?

1.2 INFORMAÇÕES DO PRODUTO
( ) Dados de endereço e contato do proprietário da DAP
( ) Descrição da organização
( ) Nome e localização de produção
( ) Indicação se a declaração se aplica ao produto, ou somente a uma parte de um produto ou embalagem, ou a um elemento de um serviço
( ) Identificação do produto pelo nome
( ) Identificação única por padrões (p. Ex. Modelo)
( ) Identificação do produto de acordo com algum sistema de classificação de produto
( ) Vocabulário comum de compras
( ) Descrição do produto com aplicação e /uso pretendido
( ) Descrição do produto com definição da categoria do produto
( ) Funções técnicas do produto (p. Ex., tempo de vida útil esperado)
( ) Escopo geográfico da EPD, ou seja, para qual(is) localização(ões) geográfica(s) de uso e fim de vida o desempenho do produto foi calculado
( ) Unidade funcional ou unidade declarada,
( ) Vida útil de referência (RSL), se aplicável

2 INFORMAÇÕES SOBRE A CONDUÇÃO DA ACV

( ) Declaração do(s) ano(s) abrangido(s) pelos dados utilizados para o cálculo da ACV e outros anos de referência relevantes.
Quais anos?
( ) Referência à(s) base(s) principal(is) para dados genéricos.
Se sim, Qual: ( ) Ecoinvent/Gabi/Outro
( ) Indicativo do S*oftware* LCA utilizado.
Se sim, Qual: ( ) OpenLCA /SimaPro/Outro
( ) Diagrama do sistema dos processos incluídos na ACV, divididos nas etapas do ciclo de vida (representação gráfica)
( ) Descrição se o limite do sistema DAP for "do berço ao portão", "do berço ao portão com opções" ou "do berço ao túmulo"
( ) Informações sobre quais fases do ciclo de vida não são consideradas (se houver),
( ) Justificativa da omissão das fases não consideradas
( ) Indicação de contatos para mais informações ou materiais explicativos
( ) Nome e/ou informações de contato da organização que realiza o estudo de ACV subjacente
( ) Regras de corte para estudo de ACV. Qual?
( ) Informações sobre a qualidade dos dados com especificações no estudo de ACV.
Foram indicados?
( ) Sistema de alocação adotado no estudo de ACV. Qual?

3 ESCOPO DO ESTUDO
3.1 Quanto ao sistema de produto e fronteira do sistema, esta DAP abrange:
( ) Abrangência do sistema de produto do "do berço ao portão"
( ) Abrangência do sistema de produto "do berço ao portão com opções"
( ) Abrangência do sistema de produto "do portão ao portão"
( ) Abrangência do sistema de produto "do berço ao túmulo"
( ) Outro:

3.2 Quanto a descrição das funções do sistema de produto "do berço ao portão" (*upstream processes*), esta DAP abrange:
( ) Extração crescente ou síntese das matérias-primas
( ) Atividades de cultivo de fibras naturais, incluindo a colheita
( ) Produção dos principais materiais
( ) Produção e aplicação de auxiliares usados nos processos upstream e principal,
( ) Produção de pigmentos e corantes usados nos processos upstream e principal
( ) Produção de produtos químicos usados nos processos a upstream e principal
( ) Impactos devido à produção de energia elétrica e combustíveis utilizados no módulo upstream
( ) Fabricação de embalagens primárias e secundárias
( ) Tratamento de resíduos em fim de vida, se relevante
( ) Tratamento de águas residuais, se for o caso
( ) outro (s):

3.3 Quanto a descrição das funções do sistema de produto "do portão ao portão" (*core processes*), esta DAP abrange:
( ) Transporte de materiais, auxiliares, pigmentos, produtos químicos e corantes para o núcleo
( ) Fabricação do produto final (incluindo preparação de fios, urdidura de bolas, tingimento, branqueamento, rebrota, colagem, tecelagem, tricô, crochê e processos de acabamento)
( ) Transporte interno de tecido para almoxarifado ou armazém
( ) Impactos devido à produção de energia elétrica e combustíveis utilizados no módulo núcleo

( ) Manutenção (por exemplo, das máquinas); se relevante
( ) Consumo de água
( ) Tratamento de água poluída; se relevante
( ) Controle de qualidade do produto acabado
( ) Embalagem do produto acabado
( ) outro (s):

3.4 Quanto a descrição das funções do sistema de produto "do portão ao túmulo" (*downstream processes*), esta DAP abrange:
( ) Transporte da preparação para uma plataforma de varejo/distribuição média
( ) A fase de uso (ou uso do tecido: confecção de vestuário)
( ) O uso do produto pelo consumidor (lavar, secar, engomar)
( ) Reciclagem ou manuseio de resíduos/materiais de embalagem após o uso
( ) Fim da vida útil dos produtos
( ) Indicativo de controle ou não da empresa sobre a produção da embalagem de consumo (embalagem do produto para entrega ao cliente)

3.5 Quanto aos requisitos de qualidade dos dados com especificações no estudo de ACV, foram indicados na DAP:
( ) Cobertura temporal. Qual?
( ) Cobertura geográfica. Qual?
( ) Cobertura tecnológica. Qual?
( ) Completeza. Qual?
( ) Representatividade. Qual?
( ) Precisão. Qual?
( ) Consistência. Qual?
( ) Reprodutibilidade. Qual?
( ) Fonte dos dados. Qual?
( ) Incertezas de informações. Qual?

4 DECLARAÇÃO DE CONTEÚDO
4.1 Informações gerais
( ) Lista de materiais e substâncias químicas, incluindo informações sobre suas propriedades ambientais e perigosas (conteúdo do produto com % do material por peso)
( ) Indicação da procedência de uso de materiais recicláveis na produção do produto declarado
( ) Informações sobre a embalagem (de distribuição ou de consumo), quando aplicável
( ) Indicadores das fonte dos dados (específicos, genéricos ou mistos)
( ) Os indicadores relacionados ao potencial impacto ambiental estão declarados por unidade funcional ou unidade declarada e por etapa do ciclo de vida
( ) Os indicadores de uso de recursos baseados no Inventário do Ciclo de Vida (ICV) estão declarados por unidade funcional ou unidade declarada e por estágio do ciclo de vida
( ) Os resíduos estão declarados por unidade funcional ou unidade declarada e por estágio do ciclo de vida
( ) Informações adicionais não derivadas dos cálculos baseados em ACV. Quais?
( ) Atualização das versões da DAP com apresentação das diferenças entre cada uma delas
( ) Referências (ACV subjacente, RCP utilizado, outros documentos que verificam ou complementam a DAP, instruções para reciclagem, instruções do programa, fontes de informações adicionais)
( ) Outro:

4.2 Quanto a fonte de dados:
- Abrangência do sistema de produto do “do berço ao portão”
( )Fontes primárias ( ) Fontes secundárias ( ) Fonte mista ( ) *outro*
- Abrangência do sistema de produto “do berço ao portão com opções”
( )Fontes primárias ( ) Fontes secundárias ( ) Fonte mista ( ) *outro*
- Abrangência do sistema de produto “do portão ao portão”
( )Fontes primárias ( ) Fontes secundárias ( ) Fonte mista ( ) *outro*
- Abrangência do sistema de produto “do berço ao túmulo”
( )Fontes primárias ( ) Fontes secundárias ( ) Fonte mista ( ) *outro*
- Outro
( )Fontes primárias ( ) Fontes secundárias ( ) Fonte mista ( ) *outro*

4.3 Quanto à embalagem:
A DAP indica existência de embalagem:
( ) A organização declara a embalagem de distribuição
( ) A organização declara a embalagem de consumo
( ) Existem informações sobre tipo e função da embalagem (s) declarada (s)
( ) Informações quando a embalagem é produzida com material reciclável

4.4 Quanto aos indicadores relacionados ao potencial impacto ambiental (categorias de impacto da AICV):
( ) Emissão de gases de efeito estufa de fontes fósseis (expressas como a soma do potencial de aquecimento global fóssil, GWP, 100 anos, em equivalentes de dióxido de carbono, CO2 eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Emissão de gases de efeito estufa de fontes biogênicas (expressas como a soma do potencial biogênico de aquecimento global, GWP, 100 anos, em equivalentes de dióxido de carbono, CO2 eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Emissão de gases de efeito estufa do uso da terra e transformação da terra (expressa como a soma do potencial de aquecimento global causado pelo uso da terra e transformação da terra, GWP, 100 anos, em equivalentes de dióxido de carbono, CO2 eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Emissão de gases acidificantes (expressa como a soma do potencial acidificante em equivalentes de dióxido de enxofre, SO2 eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Emissão de substâncias para a água que contribuem para a depleção de oxigênio (eutrofização) ” (expressa em equivalentes de fosfato, PO4 eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Emissão de gases que contribuem para a criação de ozônio troposférico, “potencial fotoquímico de criação de oxigênio” (expresso em kg NMVOC eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Esgotamento de recursos abióticos fósseis (expresso como MJ, valor calorífico líquido),
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Esgotamento de recursos abióticos - elementos (expressos em kg Sb eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Escassez de água (expressa em m3 eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Absorção de carbono (expressa como CO2 que é armazenado em plantas e árvores à medida que crescem, CO2 eq.).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?

5 INFORMAÇÕES AMBIENTAIS ADICIONAIS

5.1 Outros indicadores ambientais adicionais

( ) Emissões tóxicas, ecotoxicidade de água doce (expressa como PAF.m3 .dia).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Toxicidade humana câncer e não câncer (expresso como casos).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Uso da Terra (expresso como m2a eq de cultura.
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) A depleção da camada de ozônio (expressa em kg CFC-11 eq).
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?
( ) Outro:
Qual fator de caracterização? Qual unidade de medida?

5.2 Quanto aos indicadores de uso de recursos:

( ) Recursos de energia primária (renovável).Quais?
( ) Recursos de energia primária (não-renovável). Quais?
( ) Material secundário
( ) Combustíveis secundários renováveis
( ) Combustíveis secundários não renováveis
( ) Uso da água
( ) Outro:

5.3 Quanto aos indicadores de produção de resíduos, foram relatadas na DAP:

( ) Resíduos perigosos descartados
( ) Resíduos não perigosos descartados
( ) Resíduos radioativos descartados
( ) Outro:

5.4 Quanto aos fluxos de saída, foram relatadas na DAP:

- Componentes para reutilização
- Material para reciclagem
- Materiais para recuperação de energia
- Energia exportada, eletricidade
- Energia exportada, térmica

5.5 Quanto às informações adicionais (opcional), foram relatadas na DAP:

( ) As emissões tóxicas considerando ar, solo e água
( ) Instruções para o uso adequado do produto
( ) Instruções para manutenção e serviço adequados do produto
( ) Informações sobre peças-chave do produto que determinam sua durabilidade
( ) Informações sobre reciclagem, incluindo, por exemplo, procedimentos adequados para reciclar todo o produto ou partes selecionadas e os potenciais benefícios ambientais obtidos
( ) Informações sobre um método adequado de reutilização do produto (ou partes dos produtos) e procedimentos para eliminação como resíduo no final do seu ciclo de vida,
( ) Informações sobre o descarte do produto, ou materiais inerentes, e qualquer outra informação considerada necessária para minimizar os impactos de fim de vida do produto
( ) Impacto na biodiversidade
( ) Impacto na saúde
( ) Vida útil técnica do produto

( ) Avaliação de perigos e riscos
( ) Outra:

Quanto a uma descrição mais detalhada, foram relatadas na DAP:
( ) A existência de um sistema de gestão da qualidade ou ambiental ou qualquer tipo de atividade ambiental organizada
( ) Qualquer atividade relacionada à gestão da cadeia de suprimentos, responsabilidade social, etc., e
( ) Informações sobre onde as partes interessadas podem encontrar mais detalhes sobre o trabalho ambiental da organização

Tipos de Referências incluídas na DAP:

APÊNDICE E - LEIS AMBIENTAIS DO PIAUÍ PARA DEFINIÇÃO DE PESO DE CREDIBILIDADE TÉCNICA

Lei	Artigos
Lei Municipal nº2.475/1996, que dispõe sobre a política de proteção, conservação, recuperação e desenvolvimento do meio ambiente	Art.3º - Para o cumprimento do disposto no art. 30 da Constituição Federal, no que concerne ao meio ambiente, considera-se como de Interesse local: Art.22 - 0 lançamento no meio ambiente de qualquer forma de matéria, energia, substância ou mista de substâncias, em qualquer estado físico, prejudiciais ao ar, ao solo, à arborização ao subsolo, às águas, à fauna e à flora em geral, deverá obedecer às normas estabelecidas visando reduzir previamente os efeitos: I - Impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde; II - Inconvenientes, inoportunos ou incômodos ao bem-estar público; III - Danosos aos materiais prejudiciais ao uso, gozo e segurança da propriedade bem como ao funcionamento normal das atividades da coletividade; Art. 23 - As empresas indústrias que consumirem grandes quantidades de matéria-prima florestal ficam obrigadas a manter dentro de um raio em que a exploração e o transporte sejam julgados econômicos, serviço organizado, que assegure o plantio de novas áreas em terras próprias ou de terceiros, cuja produção, sob exploração racional, seja equivalente ao seu consumo. Art. 24 - As empresas que recebem madeira, lenha ou outros produtos procedentes de florestas ficam obrigadas a exigir do vendedor cópia autêntica de autorização fornecida por órgão ambiental competente. Art. 25 - Fica proibida a exploração ou a supressão de vegetação que tenha função de proteger espécie da flora e fauna silvestres ameaçadas de extinção, de formar corredores entre remanescentes de vegetação primária ou em estágio avançado e médio de regeneração ou proteção em torno de unidades de conservação. Art. 30 - A qualidade do ar deverá ser mantida em conformidade com os padrões e normas de emissão definidas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - **CONAMA,** os padrões e às normas estaduais e municipais, notadamente desta Lei. § 1° - São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que ultrapassadas poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, ocasionar danos à flora e à fauna. aos materiais e ao meio ambiente em geral. § *T* - As normas de emissão estabelecem quantidades máximas de poluentes, cujo lançamento no ar é permitido, não gerando qualquer direito adquirido, nem conferindo isenção da obrigação de indenizar ou reparar os danos causados às pessoas e ao meio ambiente. Art. 32 - É proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em concentrações perceptíveis ao nível da aglomeração urbana. Art. 33 - 0 armazenamento de material fragmentado ou particulado deverá ser feito em silos vedados ou dotados de outros sistemas que controlem a poluição com eficiência de forma que impeça o arraste do respectivo material pela ação dos ventos. Art. 35 - Toda fonte de poluição atmosférica deverá ser provida de sistema de ventilação exaustor ou outros sistemas de controle de poluentes de eficiência igual ou superior ao apontado. Art. 50 - A coleta, transporte, tratamento e disposição final do lixo urbano de qualquer espécie ou natureza, processar-se-á em condições que não tragam malefícios ou inconvenientes à saúde, ao bem-estar público ou ao meio ambiente.
Lei 4.854/1996, que trata da política ambiental do Estado do Piauí	Art.10 - Os planos públicos ou privados, de uso de recursos naturais do Piauí bem como os de uso, ocupação e parcelamento do solo, devem respeitar as necessidades de equilíbrio ecológico e as diretrizes e normas de proteção ambiental. Art.13 - É vedado o lançamento no meio ambiente de qualquer forma de matéria, energia, substância ou mistura de substância, em qualquer estado físico prejudiciais ao ar atmosférico, ao solo, ao subsolo, às águas, à fauna, à flora, ou que possam torná-los: I - Impróprio, nocivo ou incômodo ou ofensivo à saúde; II - Inconveniente, inoportuno ou incômodo ao bem estar público;

	III - Danosos aos materiais, prejudicial ao uso, gozo e segurança da propriedade, bem como, ao funcionamento normal das atividades da coletividade. Art.16 - A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como, os empreendimentos capazes sob qualquer forma de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. Art.17 - Os estabelecimentos e todos os responsáveis pelas atividades previstas no artigo anterior são obrigados a implantar sistema de tratamento de efluentes e a promover todas as demais medidas necessárias para prevenir ou corrigir os inconvenientes e danos decorrentes da poluição. Art.20 - A promoção de medidas de saneamento básico e domiciliar residencial, comercial e industrial, essenciais à proteção do meio ambiente, constitui obrigação estatal, da coletividade e do indivíduo que para tanto, no uso da propriedade no manejo dos meios de produção e no exercício, ficam restritos a cumprir determinações legais, regulamentares e a recomendações, vedações e interdições ditadas pelas autoridades ambientais, sanitárias e outras competentes. Art. 29 - A coleta, transporte, tratamento e disposição final do lixo processar-se-ão em condições que não tragam malefícios ou inconvenientes à saúde, ao bem-estar público ou ao meio ambiente. Art.30 - As edificações deverão obedecer aos requisitos sanitários de higiene e segurança, indispensáveis à proteção da saúde e ao bem-estar do trabalhador e das pessoas em geral, a serem estabelecidas no regulamento desta lei, e em normas técnicas elaboradas pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos.
Política Nacional do Meio Ambiental (PNMA), instituída pela Lei 6.938/1981	Art 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: I - Ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo; II - Racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; IV - Proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; V - Controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; VI - Incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental; VIII - recuperação de áreas degradadas; IX - Proteção de áreas ameaçadas de degradação; X - Educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.