



ESTUDO DA RECICLAGEM DE EPIS TÊXTEIS DE PÓS-USO EM UNIDADES DE RECOLHIMENTO DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS

Marina Proença Dantas¹, Paula Polastri², Rúbia Carvalho Gomes Corrêa²

¹Mestranda do Curso de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. marina.dantas@unicesumar.edu.br

²Docente do Curso de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. paula.polastri@unicesumar.edu.br; rubia.correa@unicesumar.edu.br

RESUMO

Este projeto propõe avaliar a viabilidade da reciclagem de EPIs têxteis utilizados por trabalhadores em unidades de recolhimento de embalagens de agrotóxicos na cidade de Maringá-PR, com foco na análise de contaminação por resíduos de agrotóxicos. A pesquisa envolve a coleta sistemática de uniformes descartados após aproximadamente 30 ciclos de lavagem, seguida de análise química por técnicas de QuEChERS e LC-MS/MS para identificar possíveis resíduos tóxicos. A quantificação do volume de resíduos gerados será realizada por meio de cálculos baseados em dados de uso, número de funcionários e peso dos uniformes. Caso seja constatada contaminação relevante, serão propostas estratégias de manejo adequado, enquanto a ausência de contaminantes permitirá explorar possibilidades de reaproveitamento têxtil, alinhado aos princípios da economia circular. A investigação também visa contribuir para o desenvolvimento de diretrizes normativas específicas para resíduos têxteis contaminados por agrotóxicos, promovendo a gestão ambientalmente responsável desses materiais. Os resultados esperados incluem a geração de dados inéditos sobre a quantidade, composição e grau de contaminação dos resíduos, além de subsidiar ações de políticas públicas, inovação tecnológica e sustentabilidade no setor agroindustrial e têxtil. A pesquisa fortalecerá a produção acadêmica, com a elaboração de artigos científicos e trabalhos de divulgação, além de promover a capacitação de estudantes e profissionais envolvidos. Assim, o estudo representa uma contribuição relevante para a gestão sustentável de resíduos têxteis potencialmente contaminados, alinhando-se às metas de redução de resíduos sólidos e proteção ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento sustentável; Economia circular; Equipamento de Proteção Individual.

1 INTRODUÇÃO

A intensificação do uso de agrotóxicos no Brasil tem provocado amplas discussões quanto aos riscos ocupacionais e ambientais associados às atividades agrícolas (Pignati *et al.*, 2017). Em resposta aos perigos da exposição direta a esses insumos, o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é obrigatório conforme regulamentações do Ministério do Trabalho e Emprego (Veiga *et al.*, 2007), sendo os uniformes têxteis parte essencial dessa proteção. No entanto, após aproximadamente 30 ciclos de lavagem, esses tecidos perdem suas propriedades hidrorrepelentes, tornando-se inaptos para o uso como EPI, conforme especificações técnicas de fabricantes como a AZR Indústria e Comércio de Confecções Ltda. (2025).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, promovendo a logística reversa e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos. Contudo, os resíduos têxteis oriundos de EPIs pós-uso ainda carecem de diretrizes específicas no Brasil, em especial quanto à classificação, triagem e possíveis formas de reaproveitamento. A norma ABNT NBR 10004-1:2024 define critérios para a classificação de resíduos sólidos, mas não contempla, de forma detalhada, os resíduos têxteis com possível contaminação por agrotóxicos (ABNT, 2024).

No caso de unidades de recolhimento de embalagens de agrotóxicos, como aquelas inseridas no Sistema Campo Limpo (AZR, 2025; Instituto Nacional De Processamento De Embalagens Vazias, 2019), os uniformes utilizados por operadores são submetidos a



condições de trabalho potencialmente contaminantes. A Resolução CONAMA nº 465/2014 estabelece requisitos técnicos para o licenciamento ambiental desses estabelecimentos, mas não prevê protocolos específicos para a triagem ou análise dos EPIs descartados (Brasil, 2014). A ausência de monitoramento quanto à presença de resíduos tóxicos nestes materiais, somada ao descarte direto em aterros ou incineração, representa um desafio para a gestão ambientalmente segura desses resíduos.

Estudos recentes têm apontado a crescente preocupação com microplásticos têxteis e a liberação de contaminantes ao meio ambiente em decorrência da degradação de fibras sintéticas (Oliveira *et al.*, 2023; Leonard *et al.*, 2024). Nesse cenário, a reciclagem dos uniformes de proteção pode contribuir para a redução de resíduos sólidos e para a mitigação de riscos ambientais, desde que a ausência de contaminação seja previamente verificada.

A economia circular, fundamentada na reintrodução de materiais no ciclo produtivo, tem se consolidado como estratégia de sustentabilidade e inovação (Jugend; Bezerra; Souza, 2022; Sinha *et al.*, 2022). No setor têxtil, a adoção de práticas de reciclagem pós-consumo enfrenta barreiras técnicas, logísticas e sanitárias, especialmente quando os resíduos apresentam risco potencial à saúde humana (Patnaik; Tshifularo, 2021).

Neste cenário, é de grande importância avaliar a viabilidade técnica e ambiental da reciclagem de uniformes EPI utilizados em unidades de recolhimento de embalagens de agrotóxicos, como a localizada na cidade de Maringá-PR, em operação sob regulamentação da Lei nº 9.974/2000 e do Decreto nº 4.074/2002 (Brasil, 2000; 2002). A ausência de dados sobre o volume de resíduos têxteis gerados e seu grau de contaminação é um gargalo para a formulação de políticas públicas assertivas e ações empresariais voltadas à destinação sustentável desses materiais (Abrema, 2025; Couto; Lange, 2017).

A proposta de avaliar a viabilidade de reciclagem de EPIs têxteis pós-uso, com base na caracterização do material coletado em uma unidade de recolhimento de embalagens de agrotóxicos localizada em Maringá-PR, representa uma ação inovadora e necessária. A cidade, polo regional agroindustrial, abriga operações que lidam com altos volumes de embalagens de defensivos agrícolas (Adita, 2019), o que potencializa a geração de resíduos secundários, como os uniformes contaminados. Além disso, a iniciativa está em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (Organização Das Nações Unidas, 2025), especialmente os ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), 6 (Água Potável e Saneamento), 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima).

A pesquisa visa avaliar não apenas a segurança do reaproveitamento dos EPIs, como também propor alternativas de valorização material, contribuindo assim, para a redução da carga ambiental desses resíduos e para a promoção de cadeias produtivas mais sustentáveis

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa tem como objeto de estudo resíduos têxteis gerados a partir dos uniformes (Equipamentos de Proteção Individual - EPIs) (Figura 1b) utilizados pelos trabalhadores de uma unidade recolhadora de embalagens de agrotóxicos da região de Maringá-PR. Após 30 lavagens, estes uniformes deixam de ser apropriados para o uso como EPIs, devido à perda das suas propriedades hidrorrepelentes, sendo atualmente encaminhados para descarte (Figura 1a).



Figura 1 - Equipamento de Proteção Individual: (a) uniforme destinado como resíduo comum após o uso; (b) uniforme da empresa fabricante.
Fonte: As autoras (2025) e AZR (2025).

A Figura 2 mostra um fluxograma com todas as etapas experimentais a serem realizadas nesta investigação.

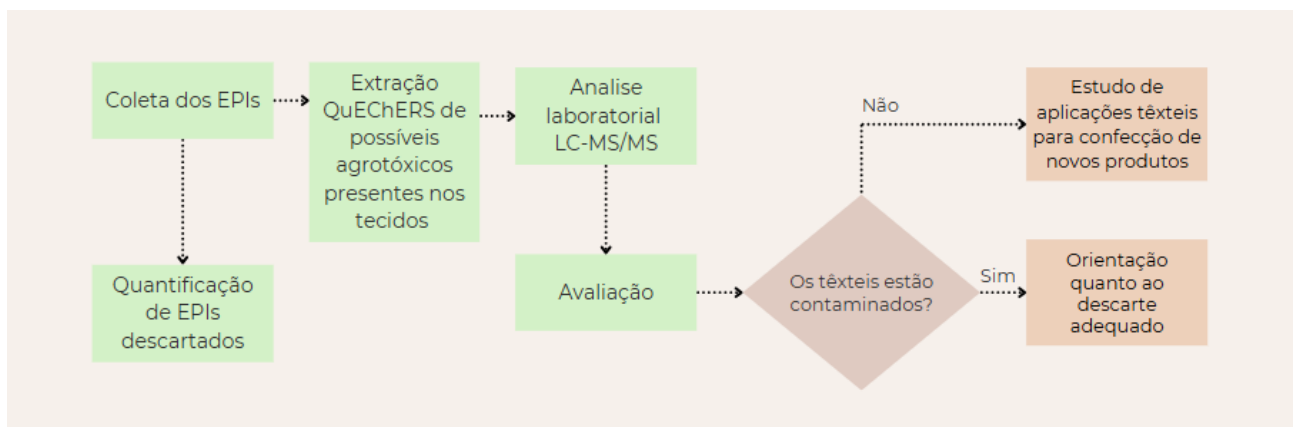


Figura 2 - Fluxograma de metodologia
Fonte: As autoras (2025).

A primeira etapa experimental consistirá na coleta e amostragem adequada dos EPIs têxteis descartados. A quantificação dos resíduos têxteis oriundos de EPIs gerados anualmente pela empresa será feita por meio do cálculo de peso, volume, quantidade de funcionários e tempo de uso da vestimenta do kit.

Em seguida, o material têxtil será analisado para identificar possíveis contaminações advindas das embalagens de agrotóxicos. A análise começa pela identificação dos potenciais contaminantes (tipos de agrotóxicos) manuseados pelos indivíduos que utilizam os EPIs, conforme informações fornecidas pela empresa. Após esta etapa, a avaliação química será realizada no Laboratório Interdisciplinar de Análises Biológicas e Químicas (LIABQ) da Universidade Cesumar – UniCesumar (Figura 2). A extração irá seguir o método QuEChERS (*Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe*) visando a viabilidade e eficiência da análise. Os extratos obtidos serão avaliados via Cromatografia Líquida acoplada à Espectrometria de Massas (LC-MS/MS), para identificar e quantificar os possíveis resíduos de agrotóxicos, seguindo protocolo de Veiga et al. (2007).

Caso seja identificada contaminação importante nos resíduos têxteis, será elaborada uma orientação à empresa quanto ao descarte adequado de materiais contaminantes.



Entretanto, se comprovada a ausência de contaminantes nos materiais têxteis, uma revisão de literatura será conduzida com o objetivo de identificar e discutir possibilidades de aproveitamento deste para a confecção de novos produtos.

3 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que o estudo produza dados inéditos sobre a quantidade, composição e grau de contaminação dos resíduos têxteis oriundos de EPIs utilizados em unidades de recolhimento de embalagens de agrotóxicos. Espera-se (a) avaliar a viabilidade da reciclagem de EPI têxtil oriundo de uma unidade recolhadora de embalagens de agrotóxicos; (b) coletar os EPIs destinados ao descarte; (c) verificar a ausência de contaminantes (agrotóxicos) nesses resíduos têxteis; (d) quantificar o resíduo têxtil gerado pela empresa; (e) propor aplicações têxteis para a reciclagem do material e (f) propor o manejo adequado dos resíduos têxteis, em caso de contaminação verificada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além de contribuir para a gestão segura desses resíduos, os resultados poderão fundamentar a criação de diretrizes normativas específicas, estimular inovações no setor têxtil e agroindustrial e fortalecer políticas públicas de sustentabilidade. Não menos importante, espera-se colaborar com a empresa analisada e com a redução na produção de resíduos têxteis.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004-1: resíduos sólidos: classificação: Parte 1: requisitos de classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024**. São Paulo: ABREMA, 2025. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 12 maio 2025.

AZR INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE CONFECÇÕES LTDA. **Sistema Campo Limpo Tradicional**. 2025. Disponível em: <http://www.azr.com.br/produto.php?prod=70&produto=SITEMA+CAMPO+LIMPO+TRADICIONAL>. Acesso em: 18 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.974, de 6 de junho de 2000. Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989** [...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 jun. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9974.htm. Acesso em: 16 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos** [...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 16 maio 2025.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 [...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm. Acesso em: 16 maio 2025.



BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 465, de 5 de dezembro de 2014**. Dispõe sobre os requisitos e critérios técnicos mínimos necessários para o licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens de agrotóxicos [...]. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=710>. Acesso em: 16 maio 2025.

COUTO, M. C. L.; LANGE, L. C. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 889–898, set./out. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v22n5/1809-4457-esa-22-05-00889.pdf>. Acesso em: 16 maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Relatório de sustentabilidade 2018**. 2019. Disponível em: https://www.inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/InPev_RA2018.pdf. Acesso em: 16 maio 2025.

JUGEND, D.; BEZERRA, B. S.; SOUZA, R. G. **Economia circular: uma rota para a sustentabilidade**. São Paulo: Almedina, 2022.

LEONARD, S. V. L. et al. Microplastics in human blood: polymer types, concentrations and characterization using μ FTIR. **Environment International**, v. 188, p. 108751, 2024.

OLIVEIRA, C. R. S. et al. Fibrous microplastics released from textiles: occurrence, fate, and remediation strategies. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 256, p. 104169, 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável no Brasil. **ONU**, 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 08 agosto 2025.

PATNAIK, S.; TSHIFULARO, C. A. Management of wastes in garment manufacturing. In: **Waste management in the fashion and textile industries**. p. 83–97, 2021.

PIGNATI, W. A. et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v22n10/1413-8123-csc-22-10-3281.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2019.

SINHA, P. et al. Addressing post-consumer textile waste in developing economies. **The Journal of The Textile Institute**, v. 113, n. 9, p. 1887–1907, 2022.

VEIGA, M. M. da et al. Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e exposição a agrotóxicos em trabalhadores rurais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 32, n. 115, p. 45–56, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/b7ykZGV8W4MStxNT9hhsCMq>. Acesso em: 19 maio 2025.