

Diagnóstico da Geração de Rejeitos e seus Impactos na Sustentabilidade de uma Cooperativa de Reciclagem

Franciely Belbit Machado, Engenharia de Produção Agroindustrial, UNESPAR, Brasil

Claudilaine Caldas de Oliveira, Engenharia de Produção Agroindustrial, UNESPAR, Brasil

Dirceu Scaldelai, Matemática, UNESPAR, Brasil

Solange Regina dos Santos, Matemática, UNESPAR, Brasil

Rafael Vinicius da Silva Inglez, Matemática, UNESPAR, Brasil

Gislaine Aparecida Perichero, Matemática, UNESPAR, Brasil

Juliano Fabiano da Mota, Matemática, UNESPAR, Brasil

Bruna Maria Gerônimo, Engenharia de Produção Agroindustrial, UNESPAR, Brasil

Márcia de Fátima Moraes, Engenharia de Produção Agroindustrial, UNESPAR, Brasil

Rubya Vieira de Mello Campos, Engenharia de Produção Agroindustrial, UNESPAR, Brasil

O presente estudo teve como objetivo analisar o desempenho operacional e econômico de uma cooperativa de reciclagem, estimando a perda monetária a partir da taxa de rejeito e analisando a relação entre a quantidade de material processado, a taxa de rejeito e o impacto econômico resultante. Trata-se de um estudo quantitativo-qualitativo, descritivo e exploratório, estudo de caso, pesquisa de campo e documental, pois analisou-se o histórico de vendas entre os anos de 2023 e 2024, variação de receitas e proporção de rejeitos, permitindo uma avaliação quantitativa da eficiência do processo. Os resultados evidenciaram variações significativas na quantidade de materiais comercializados e/ou na renda obtida, com destaque para as vendas dos meses de dezembro de 2023, fevereiro, agosto e dezembro de 2024. Observou-se ainda que a receita não apresentou relação linear com o volume vendido, indicando diferenças no valor agregado dos materiais. Além disso, verificou-se que o percentual de rejeitos variou entre 13% e 64%, com valor médio de 21,78%, impactando negativamente tanto o aproveitamento do material quanto a rentabilidade da cooperativa. Conclui-se que a redução do rejeito e a otimização da triagem são fatores determinantes para o aumento da eficiência e sustentabilidade econômica do processo de reciclagem.

Palavras-chave: Reciclagem. Rejeito. Eficiência Operacional. Rentabilidade. Sustentabilidade.

This study aimed to analyze the operational and economic performance of a recycling cooperative, estimating monetary losses resulting from the reject rate and examining the relationship between the amount of material processed, the reject rate, and the resulting economic impact. The research adopted a quantitative-qualitative, descriptive, and exploratory approach, characterized as a case study supported by field and documentary research. Sales data from 2023 and 2024 were analyzed to assess revenue variations and reject proportions, allowing a quantitative evaluation of process efficiency. The results revealed significant variations in the volume of

materials sold and the corresponding income, particularly in December 2023 and February, August, and December 2024. It was also observed that revenue did not show a linear relationship with sales volume, suggesting differences in the value added to materials. Furthermore, the reject rate ranged from 13% to 64%, with an average of 21.78%, negatively affecting both material recovery and the cooperative's profitability. It is concluded that reducing rejects and optimizing sorting are key factors for improving efficiency and ensuring the economic sustainability of the recycling process.

Keywords: Recycling. Rejects. Operational Efficiency. Profitability. Sustainability.

INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um dos principais desafios enfrentados pelas cidades brasileiras, especialmente no que se refere ao seu tratamento adequado e à destinação final ambientalmente correta. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (1), o país ainda destina aproximadamente 40% de seus resíduos a locais inadequados, como lixões e aterros controlados.

Nesse cenário, as cooperativas de catadores têm desempenhado um papel fundamental ao contribuir para a cadeia da reciclagem, promovendo inclusão social, geração de renda, sustentabilidade ambiental e redução da pressão a respeito dos sistemas públicos de coleta e disposição final (2, 3). Entretanto, essas organizações enfrentam muitos desafios como entraves estruturais e operacionais que reduzem sua eficiência, como a falta de infraestrutura, capacitação e apoio institucional (4) e a elevada quantidade de rejeitos gerados durante o processo de triagem.

Um dos principais problemas observados nas cooperativas é a alta taxa de rejeitos, pois são materiais sem viabilidade de reaproveitamento, muitas vezes descartados devido à contaminação, pois estão misturados ou em condições inadequadas, não possuem viabilidade técnica ou econômica para serem reciclados, sendo frequentemente encaminhados aos aterros sanitários (5).

Em muitos casos, esses materiais poderiam ser reaproveitados, mas são descartados por falhas na separação na origem, falta de conscientização da população ou ausência de estrutura adequada nas cooperativas (4). Além disso, representa perda econômica para os cooperados, o volume de rejeitos aumenta os custos com destinação final e gera impactos ambientais, como a emissão de gases e a sobrecarga dos aterros sanitários (1, 6).

Neste contexto, a adoção de ferramentas de gestão operacional, como checklists e planilhas de triagem, podem contribuir para reduzir perdas com os rejeitos e aprimorar o aproveitamento dos materiais recicláveis (6, 7). A aplicação contínua desses instrumentos pode gerar dados valiosos para a tomada de decisões, identificação de gargalos e proposição de melhorias nos processos internos (6).

Desta forma, esta pesquisa baseou-se na seguinte questão-problema: de que forma a taxa de rejeito impacta financeiramente a cooperativa estudada, considerando a relação entre a quantidade de material processado, o volume de

perdas geradas e o valor monetário associado a essas perdas? Tal análise é relevante, pois fornece subsídios para a gestão da cooperativa, permitindo identificar pontos críticos e propor estratégias que contribuam para a redução de perdas e o aumento da rentabilidade.

Diante disso, o objetivo desse estudo consistiu em analisar o desempenho operacional e econômico de uma cooperativa de reciclagem, estimando a perda monetária a partir da taxa de rejeito e analisando a relação entre a quantidade de material processado, a taxa de rejeito e o impacto econômico resultante.

A partir dessa abordagem, pretende-se oferecer uma avaliação prática e mensurável do impacto financeiro do rejeito, contribuindo para a melhoria da eficiência operacional e para o fortalecimento da sustentabilidade econômica da cooperativa.

MÉTODO

A presente pesquisa adotou uma abordagem mista, integrando métodos quantitativos e qualitativos.

Na abordagem quantitativa, a análise centra-se na taxa de rejeito e seus impactos econômicos para a cooperativa, considerando registros históricos de 52 vendas realizadas no período dos anos de 2023 a 2024, obtidos por meio de visitas técnicas e análise documental. Além disso, para verificar a taxa de rejeito atual, foi utilizada uma amostragem composta por oito caminhões monitorados entre abril e maio de 2025. Esses dados foram processados em planilhas eletrônicas e software estatísticos, permitindo a construção de gráficos e a estimação de parâmetros relevantes, como também a elaboração de um modelo matemático que representa a receita líquida obtida após considerar a taxa de rejeito cooperativa de resíduos sólidos (reciclagem) estudada (8).

Em relação a abordagem qualitativa, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com gestores e cooperados, de modo a captar suas percepções e desafios relacionados ao processo de rejeição. Segundo (9), esse tipo de entrevista favorece a flexibilidade na coleta de informações, possibilitando que o entrevistado exponha livremente suas opiniões, ao mesmo tempo em que o pesquisador mantém o foco no tema investigado. Complementarmente, foram realizadas observações diretas no ambiente da cooperativa, ampliando a compreensão do contexto prático da gestão de resíduos.

Quanto à classificação da pesquisa quanto aos fins, caracteriza-se como descritiva e exploratória. É descritiva pois buscou apresentar as características do fenômeno da rejeição e seus efeitos econômicos na cooperativa, e exploratória no sentido de compreender de forma mais aprofundada as causas e percepções dos envolvidos (9).

No que se refere à classificação quanto aos meios, a pesquisa é um estudo de caso, de campo e documental. O objeto de estudo foi uma cooperativa de

resíduos sólidos (reciclagem) localizada na cidade de Campo Mourão/PR. Pesquisa de campo, pois envolve a coleta de dados diretamente e *in loco* no ambiente da cooperativa, por meio de entrevistas e observações, e documental devido à análise dos registros históricos de vendas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 52 registros de vendas de materiais recicláveis (período dos anos de 2023 e 2024) realizados pela cooperativa. Esses registros possibilitaram a análise de dois aspectos principais: o peso total dos materiais vendidos (Figura 1) e o montante financeiro obtido com as vendas (Figura 2). Dessa forma, torna-se possível compreender tanto a dimensão física das transações quanto o retorno econômico associado, elementos fundamentais para avaliar a eficiência da comercialização de recicláveis no período analisado.

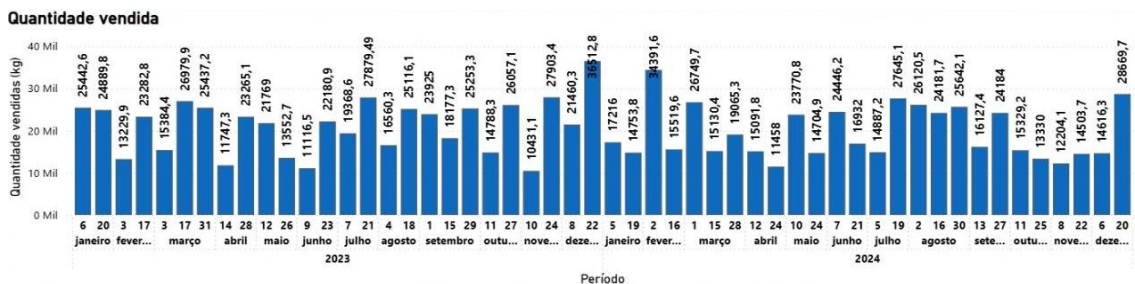


Figura 1 – Quantidade vendida

A Figura 1 evidencia uma variação significativa na quantidade de materiais vendidos, oscilando entre 10.431,1 e 36.512,8 quilogramas, com uma quantidade média de 20.353,5 por venda. Observa-se que as maiores vendas ocorreram em dezembro de 2023 (36.512,8 kg), fevereiro e dezembro de 2024 (34.391,6 kg e 28.669,7 kg, respectivamente), indicando picos sazonais possivelmente relacionados a maior geração de resíduos recicláveis ou a intensificação das atividades de coleta e triagem nesses períodos. Por outro lado, as menores vendas foram registradas em junho e novembro de 2023 (11.116,5 kg e 10.431,1 kg) e abril de 2024 (11.458 kg), o que pode refletir períodos de menor oferta de materiais ou limitações operacionais da cooperativa.

A Figura 2, por sua vez, demonstra o comportamento da renda obtida com as vendas, que acompanha, em parte, a tendência observada na quantidade vendida.

Renda

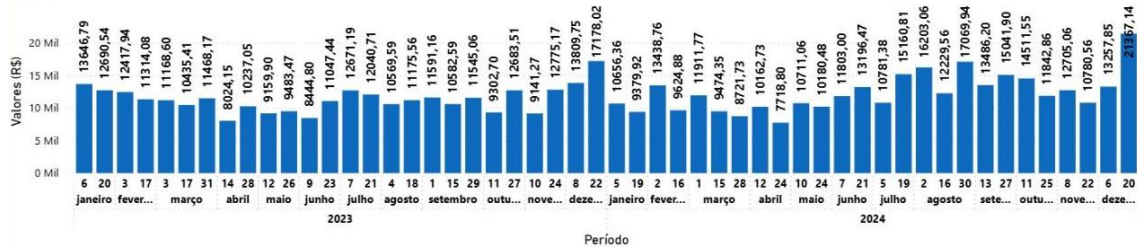


Figura 2 – Renda

Os valores variaram entre R\$ 7.718,80 e R\$ 21.367,14 por venda, com as maiores receitas no mês de dezembro de 2023 (R\$17.178,02) e nos meses de agosto e dezembro de 2024 (R\$17.069,94 e R\$21.367,14, respectivamente), corroborando com o volume comercializado.

No que se refere ao montante financeiro, conforme ilustrado na Figura 2, observa-se que a renda obtida não apresenta relação linear com a quantidade de materiais recicláveis vendidos (Figura 1). Com base no valor arrecadado em cada venda e no respectivo peso de material comercializado, foi possível calcular o valor médio de venda por unidade de peso, conforme apresentado na Figura 3. Esse indicador permite compreender de forma mais precisa a relação entre quantidade e receita, fornecendo um parâmetro econômico relevante para avaliar a eficiência da comercialização dos recicláveis.

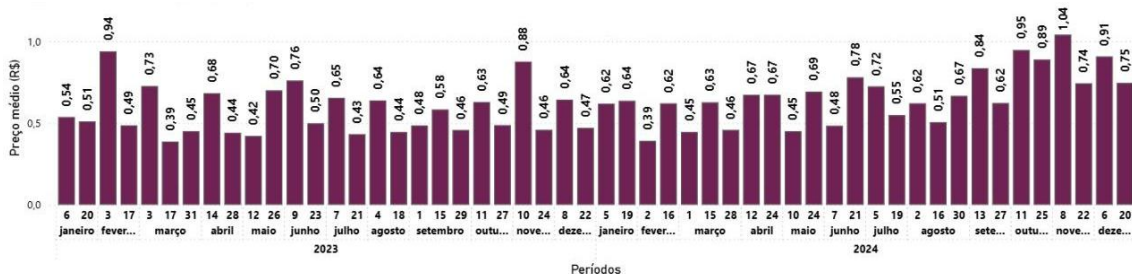


Figura 3 – Preço médio de venda por quilograma

Conforme apresentado na Figura 3, o valor médio de venda indica diferenças nos valores de mercado dos materiais recicláveis, que influenciam diretamente o retorno financeiro da cooperativa. Em alguns registros de vendas, mesmo com menor volume comercializado, verificou-se receita mais elevada, o que demonstra que determinados materiais possuem maior valor agregado.

A partir da média das 52 razões expressas na Figura 3, obteve-se um valor médio de R\$ 0,62 por quilograma de material vendido no período analisado (2023–2024). Esse resultado evidencia que, independentemente das variações mensais observadas na quantidade e na renda total, o valor unitário médio manteve-se relativamente estável, servindo como uma importante referência de precificação e análise de rentabilidade para a cooperativa.

Com a relação entre a quantidade de material recebido pela cooperativa e o respectivo valor de venda, torna-se possível estabelecer um modelo matemático

que representa a receita líquida obtida após considerar a taxa de rejeito. Sabe-se que nem todo o material coletado pode ser comercializado, uma vez que parte dele é descartada por não atender aos critérios de qualidade.

Assim, considera-se que a quantidade efetivamente aproveitada corresponde ao total recebido descontado da fração rejeitada, ou seja, $(1 - Tr)$ em que Tr representa a taxa de rejeito (fração não aproveitada) e x corresponde à quantidade total de material recebido (kg). Como o valor médio de venda por quilograma de material reciclável foi estimado em R\$ 0,62, a receita líquida pode ser expressa pela seguinte equação:

$$R(x) = (1 - Tr) \cdot 0,62x \quad (1)$$

Onde:

Tr = taxa de rejeito (fração não aproveitada)

x = quantidade de material recebido (kg)

0,62 = valor de venda por kg de material reciclável (R\$/kg)

Com a equação 1, foi possível calcular a receita líquida esperada em função da quantidade de material recebido e da taxa de rejeito observada no processo. Aplicando os dados coletados, identificou-se à estimativa da taxa de rejeito efetiva da cooperativa, indicador essencial para mensurar a eficiência operacional e os impactos econômicos associados às perdas.

A Figura 4 apresenta a relação entre a quantidade total de material recebido e a fração correspondente de rejeito ao longo dos períodos de abril e maio de 2025.



Figura 4 – Quantidade de material reciclável e rejeito.

Observa-se (Figura 4) que, em todos os casos, uma parcela significativa do material coletado não pôde ser aproveitada, variando entre aproximadamente 13% e 64% da carga total, com uma taxa de rejeito média de 21,78%, indicando que, aproximadamente, um quinto de todo material recebido não gera receita. Esse resultado demonstra que a presença do rejeito exerce influência direta sobre o

volume efetivamente destinado à comercialização, reduzindo a eficiência do processo de reciclagem.

Complementarmente, a Figura 5 ilustra o impacto econômico da taxa de rejeito, comparando a receita obtida considerando-se apenas o material reciclável (linha inferior) com a receita potencial que seria alcançada caso não houvesse perdas (linha superior).

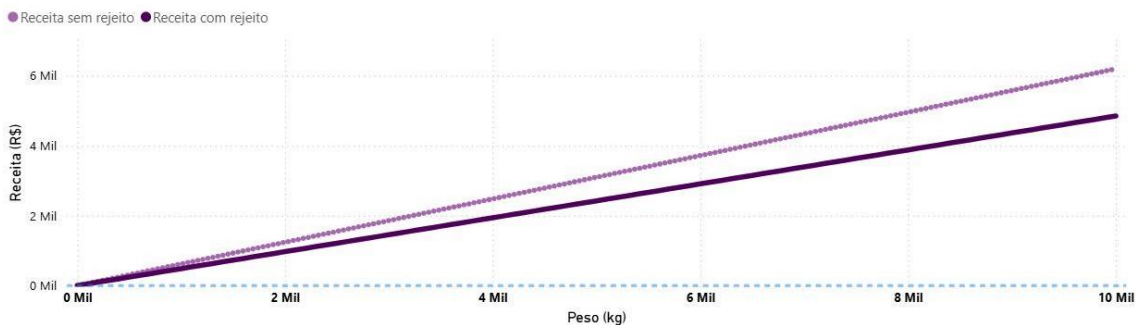


Figura 5 – Comparativo da receita entre reciclagem com e sem rejeito

Nota-se (Figura 5), que a diferença entre as duas curvas aumenta proporcionalmente ao peso processado, evidenciando que, quanto maior o volume coletado, maior também o prejuízo financeiro decorrente da presença de rejeitos.

Aplicando a Equação 1 com a taxa média de rejeito de 21,78% e considerando-se uma carga de 10.000 kg de material recebido, é possível estimar o impacto financeiro dessa perda. No cenário sem rejeito, a receita esperada seria de R\$ 6.200,00, enquanto, ao se aplicar a taxa de rejeito observada, a receita efetiva cai para R\$ 4.849,64.

Esse resultado evidencia que a cooperativa deixa de arrecadar aproximadamente R\$ 1.350,00 por cada 10 toneladas de material recebido, unicamente em função da presença de rejeitos. Dessa forma, o modelo matemático confirma a relevância do controle dessa variável, pois mesmo pequenas variações na taxa de rejeito impactam significativamente a rentabilidade final da atividade de reciclagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou a análise da taxa de rejeito em uma cooperativa de resíduos sólidos (reciclagem) e seus impactos econômicos sobre a renda obtida com a comercialização de materiais recicláveis nos anos de 2023 e 2024, complementada por amostragem prática realizada em abril e maio de 2025.

Os resultados demonstraram que a taxa média de rejeito foi de 21,78%, indicando que aproximadamente um quinto do material coletado não gera receita para a cooperativa.

A principal contribuição deste estudo está em quantificar de forma objetiva o impacto econômico do rejeito e demonstrar como a adoção de indicadores matemáticos pode apoiar a gestão de cooperativas de reciclagem. Além disso, os resultados fornecem um referencial prático para a tomada de decisão sobre investimentos em melhorias na triagem, capacitação de cooperados e sensibilização de fornecedores de resíduos.

Entretanto, a pesquisa apresenta limitações relacionadas ao curto período da amostragem prática (apenas dois meses) e ao foco em uma única cooperativa, o que restringe a generalização dos resultados.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação da coleta de dados em períodos mais longos e em diferentes cooperativas, bem como a análise comparativa de estratégias de redução de rejeitos, de modo a identificar práticas mais eficientes e replicáveis em diferentes contextos.

AGRADECIMENTOS

Os autores manifestam seus agradecimentos à Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI), à Fundação Araucária, à Secretaria da Inovação, Modernização e Transformação Digital (SEI), ao Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Paraná (SEBRAE/PR), ao Sistema Estadual de Parques Tecnológicos (SEPARTEC), à Agência de Inovação Tecnológica AGITEC/UNESPAR e ao Núcleo de Inovação e Pesquisa em Matemática Aplicada e Engenharia (NUMENG), do qual os docentes e bolsistas autores deste trabalho são membros efetivos, desempenhando atividades essenciais para o fomento da pesquisa aplicada, da inovação e da excelência científica no estado do Paraná.

REFERÊNCIAS

- (1) Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. São Paulo: ABRELPE, 2023. Disponível em: <https://abrelpe.org.br>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- (2) Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: CEMPRE, 2021. Disponível em: <https://cempre.org.br>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- (3) OLIVEIRA, C.S.; SILVA, M.J. A contribuição das cooperativas de catadores para a gestão de resíduos sólidos no Brasil: uma análise crítica. **Revista de Políticas Públicas Ambientais**, v. 5, n. 3, p. 45-58, 2020.

- (4) MARQUES, D.F.; LOPES, L.F. O desafio dos rejeitos em cooperativas de reciclagem: entraves operacionais e caminhos possíveis. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 121-136, 2021.
- (5) SANTOS, R.T. et al. Geração de rejeitos em cooperativas de reciclagem: análise e estratégias de redução. **Revista Interdisciplinar de Meio Ambiente**, v. 16, n. 1, p. 25-39, 2019.
- (6) COSTA, T.M.; GONÇALVES, E.A. Ferramentas de gestão aplicadas às cooperativas de resíduos sólidos: uma abordagem prática. **Revista Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, p. 88-101, 2017.
- (7) SILVA, T.M.; OLIVEIRA, L.S. Ferramentas de gestão aplicadas à triagem de resíduos em cooperativas. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 95-108, 2020.
- (8) LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- (9) GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.