

A logística reversa do vidro: Estudo de caso na Zona da Mata Mineira
Reverse Logistics of Glass: A case study in the Zona da Mata Region of Minas Gerais

Betânia de Almeida Ribeiro

betania.ribeiro@engenharia.ufjf.br

Ana Beatriz Mascarenhas Pereira

tizamascarenhas@gmail.com

Samuel Rodrigues Castro

samuel.castro@ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – [01] Empreendedorismo e economia circular

Resumo

O vidro é um material totalmente reciclável e seu processamento resulta em novas embalagens, contribuindo para a sustentabilidade e reduzindo custos de coleta urbana e a pressão sobre aterros sanitários. O objetivo deste trabalho foi caracterizar e analisar a logística reversa, bem como, o potencial de reciclagem de vidro a partir de um estudo de caso baseado em dados operacionais de uma empresa de processamento e beneficiamento de vidros, situada em Juiz de Fora (MG). A metodologia permitiu identificar barreiras operacionais, logísticas e tecnológicas que prejudicam a eficácia dos sistemas de reciclagem, ao mesmo tempo em que possibilitou a análise prática dos processos de coleta, triagem e processamento do vidro ao longo do período de 2021 a 2024. Conclui-se que investimentos no gerenciamento, o fortalecimento das cooperativas de catadores e o aprimoramento das diretrizes regulamentares são fundamentais para viabilizar um sistema de logística reversa mais eficiente e sustentável.

Palavras-chave: Gerenciamento de resíduos, economia circular, coleta seletiva, entrega voluntária.

Abstract

Glass is a fully recyclable material, and its processing results in the production of new containers, contributing to sustainability while reducing urban collection costs and alleviating pressure on landfills. The objective of this study was to characterize and analyze reverse logistics systems, as well as to assess the glass recycling potential through a case study based on operational data from a glass processing and beneficiation company located in Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. The adopted methodology enabled the identification of operational, logistical, and technological barriers that hinder the effectiveness of recycling systems, while also allowing a practical analysis of glass collection, sorting, and processing stages over the period from 2021 to 2024. The findings indicate that investments in management practices, the strengthening of waste picker cooperatives, and the improvement of regulatory guidelines are essential to enable a more efficient and sustainable reverse logistics system.

Keywords: waste management; circular economy; selective collection; voluntary drop-off.

1. Introdução

A gestão de resíduos sólidos refere-se ao planejamento estratégico e à formulação de políticas públicas voltadas para o manejo adequado dos resíduos, incluindo a criação de normas e diretrizes para a coleta, tratamento e destinação final. Essa abordagem envolve principalmente ações governamentais e regulatórias, visando promover a sustentabilidade e reduzir os impactos ambientais. Em contrapartida, o gerenciamento de resíduos sólidos envolve a implementação prática dessas diretrizes no dia a dia, englobando atividades como coleta, transporte, reciclagem e destinação final. As operações de gerenciamento são realizadas por entidades públicas e privadas, que asseguram que os resíduos sejam tratados conforme as normas estabelecidas na gestão (Brasil, 2010). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece o marco legal que orienta tanto a gestão quanto o gerenciamento desses resíduos no Brasil, buscando minimizar os impactos ambientais negativos, como o aumento da poluição e o uso excessivo de recursos naturais, e promover práticas mais sustentáveis, como a logística reversa (Silva Filho; Soler, 2015).

Em 2023, o Brasil gerou aproximadamente 81 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, com uma média per capita de 382 kg por habitante (Abrema, 2024). Desse total, cerca de 8% foram reciclados, o que representa um aumento em relação aos 4% registrados em 2022 (Abrema, 2024). Esse avanço é atribuído, em grande parte, ao trabalho dos catadores informais, responsáveis por aproximadamente dois terços dos materiais reciclados que chegam à indústria, enquanto a coleta seletiva municipal contribui com um terço (IPEA, 2024). No entanto, 41% dos resíduos ainda têm destinação inadequada, sendo encaminhados para lixões, aterros irregulares e outros locais impróprios, evidenciando a necessidade de melhorias na gestão de resíduos no país (Abrema, 2024). Além disso, de acordo com dados do Panorama da Logística Reversa no Brasil, apresentado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2023, a massa de embalagens recuperada foi composta por 28% de papel, 23% de plástico, 34% de vidro, 13% de metal e 2% de outros materiais. Nos últimos dois anos, foram recuperadas cerca de 1,6 milhão de toneladas de embalagens em geral (MMA, 2024).

A gestão de resíduos sólidos no Brasil tem avançado por meio de normas que promovem a economia circular e incentivam práticas sustentáveis. Nesse sentido, cita-se a Lei nº 14.260/2021, regulamentada pelo Decreto nº 12.106/2024, que institui a Lei de Incentivo à Reciclagem (LIR); e o Decreto nº 11.300, de 21 de dezembro de 2022, que regulamenta o sistema de logística reversa de embalagens de vidro (Brasil; 2022, 2024).

Destacando-se, o vidro representa 2,7% do total de resíduos sólidos urbanos gerados e é um material totalmente reciclável, porém, o seu processo de reciclagem no Brasil enfrenta desafios significativos, apesar de ser uma opção altamente vantajosa para a reciclagem devido à sua capacidade de minimizar a extração de recursos naturais e reduzir as emissões de CO₂. Além disso, sua reciclagem resulta em novas embalagens sem perda de qualidade, contribuindo para a sustentabilidade e reduzindo custos de coleta urbana e a pressão sobre aterros sanitários, em contrapartida, apenas 300 mil toneladas (cerca de 25%) são recicladas em função de obstáculos como falta de coleta seletiva, descarte inadequado e desafios logísticos. (Abividro, 2022).

Apesar dos desafios regionais, há um potencial significativo para a expansão e fortalecimento da reciclagem de vidro no Brasil, especialmente com o apoio de políticas públicas que incentivem investimentos em tecnologia, infraestrutura e conscientização ambiental. Diante do exposto, o estudo objetiva realizar um estudo de caso sobre as práticas de reciclagem de vidro implementadas por uma empresa de processamento e beneficiamento de vidro, localizada em Juiz de Fora, Zona da Mata de Minas Gerais. A partir dessa abordagem, pretende-se explorar e compreender, em um contexto real, os métodos de coleta, processamento e destinação final do vidro reciclado, bem como avaliar a integração dessas práticas às diretrizes da logística reversa e à sustentabilidade ambiental e econômica no país.

2. Procedimentos Metodológicos

2.1 Caracterização da área de estudo

Juiz de Fora é um município situado na região da Zona da Mata Mineira, com uma extensão territorial de aproximadamente 1.437,749 km². De acordo com o Censo de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade possui uma população de cerca de 540.756 habitantes, com um cenário urbano de economia diversificada e desafios de gestão pública.

No que diz respeito à gestão de resíduos sólidos, Juiz de Fora tem uma cobertura de coleta domiciliar de 100% na área urbana, beneficiando mais de 530 mil habitantes, e alcançando 99,44% da população total. Apesar dessa alta cobertura, a coleta de resíduos em áreas rurais enfrenta desafios logísticos devido à dispersão geográfica dessas regiões (Água e Saneamento, 2023).

A geração de resíduos sólidos é uma preocupação crescente. A cidade produz cerca de 530 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, o que resulta em aproximadamente 190.800 toneladas ao ano. Em relação à coleta seletiva, em 2023, foram recolhidas 1.252 toneladas de materiais recicláveis, representando um aumento de cerca de 40% em comparação a 2022, quando foram coletadas 892 toneladas (Tribuna de Minas, 2024). Juiz de Fora dispõe de ecopontos destinados ao descarte de resíduos volumosos e recicláveis, como móveis e eletrônicos, bem como materiais da construção civil, e tem investido na ampliação da infraestrutura para o descarte adequado desses materiais, com a revitalização de ecopontos existentes e a criação de novos pontos em áreas estratégicas (Água e Saneamento, 2023).

A empresa objeto do estudo é de pequeno porte e foi fundada no final de 2020, localizada no Distrito Industrial de Juiz de Fora, Minas Gerais. A empresa atua principalmente na reciclagem de vidro, oferecendo serviços de coleta seletiva, triagem e encaminhamento do material para a fabricação de novas embalagens. Sua operação abrange a cidade de Juiz de Fora e uma ampla rede de mais de 50 cidades nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, totalizando cerca de 500 pontos de coleta, incluindo condomínios municipais, pontos de entrega voluntária em supermercados e vidraçarias.

2.2 Coleta e tratamento dos dados

Para este estudo, foram utilizados dados obtidos a partir das operações de coleta de vidro realizadas pela empresa de reciclagem em Juiz de Fora, MG, e em outras cidades onde a empresa atua. Os dados utilizados neste estudo foram extraídos dos registros internos da empresa, abrangendo aspectos essenciais do processo de coleta, triagem e destinação do vidro reciclado. As informações analisadas incluem a massa de vidro coletado e os pontos de coleta. O período de análise foi de janeiro de 2021 a dezembro de 2023, o que proporciona uma base temporal robusta para a comparação e interpretação dos dados ao longo do tempo.

Para facilitar a análise e a compreensão, os dados foram organizados em categorias específicas, evidenciadas no Quadro 1.

Quadro 1: Dados de coleta de vidro.

Origem	Descrição
Pontos de Entrega (Juiz de Fora/MG)	Massa de vidro coletada nos pontos de entrega voluntária espalhados pela cidade
Voluntária (PEVs)	Massa de vidro coletado pelas associações de catadores
Geral	Coleta de vidro em Juiz de Fora, incluindo tanto PEVs quanto catadores
Catadores Geral	Massa total de vidro coletado por todas as associações de catadores e as que foram destinadas as associações pela coleta seletiva da prefeitura
PEVs Geral	Massa total de vidro coletado nos PEVs em toda a cidade

Fonte: Os autores (2026).

Os dados coletados foram submetidos a testes estatísticos para verificar padrões e tendências ao longo do tempo. Tal análise desempenhou um papel essencial na interpretação dos dados de coleta de vidro ao longo do período de estudo, abrangendo os anos de 2021 a 2023, com foco na cidade de Juiz de Fora.

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados de coleta de vidro. Esse teste é amplamente empregado em estudos estatísticos devido à sua alta potência, especialmente para amostras pequenas (Shapiro e Wilk, 1965). No estudo em questão, os resultados indicaram que parte dos conjuntos de dados não atendia à suposição de normalidade, exigindo a aplicação de métodos alternativos, como testes não paramétricos.

Nos casos em que os dados apresentaram distribuição normal, foram aplicados testes paramétricos para garantir comparações robustas entre grupos. O teste de ANOVA foi utilizado para comparar a massa de vidro coletada entre os anos de 2021, 2022 e 2023, seguido do teste de Tukey, para comparações múltiplas. A ANOVA é amplamente empregada em estudos estatísticos para identificar diferenças significativas entre três ou mais grupos independentes (McDonald, 2014).

O teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis foi empregado para comparar as distribuições das massas de vidro coletado entre os anos, sendo uma alternativa não paramétrica à ANOVA (Hollander; Wolfe, 2013). Além disso, o teste de Mann-Whitney foi utilizado para realizar comparações pareadas entre dois grupos específicos, como catadores geral e PEVs geral, sendo uma alternativa ao teste t de Student para dados não paramétricos (Wilcox, 2017). Os testes estatísticos foram realizados a 95% de confiança, utilizando o software STATÍSTICA, versão 12 (StatSoft, 2013).

3. Resultados e discussão

O mapa da área de atuação da empresa - Figura 1, revela que a maior massa de vidro coletada está concentrada nas regiões mais próximas à sede. Nesse sentido, destaca-se o atendimento a 54 municípios, dos quais, 78% se concentram em Minas Gerais, 11% no Rio de Janeiro e 11% no Espírito Santo. Destaca-se que essa distribuição espacial é determinada pela facilidade logística, custos operacionais e tempos de deslocamento. A proximidade geográfica torna o processo de coleta e transporte mais eficiente e econômico.

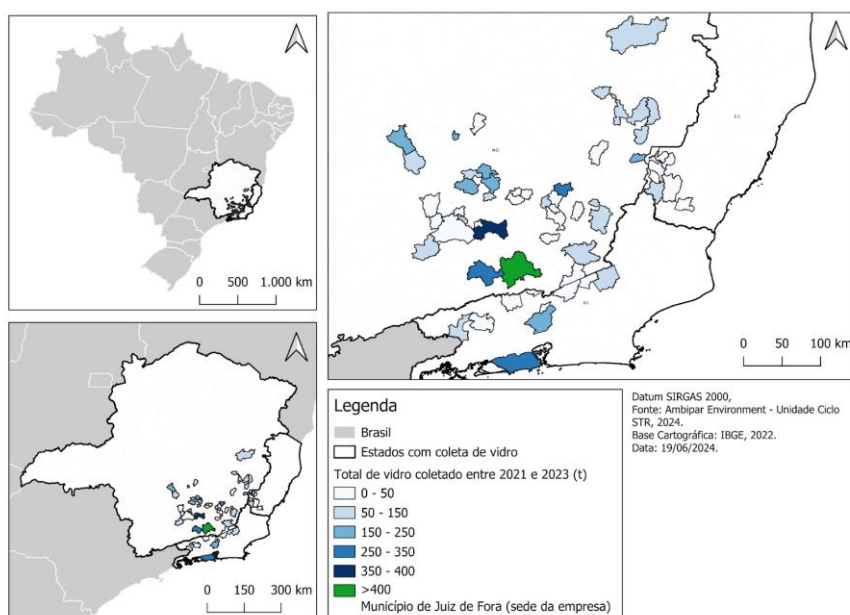


Figura 1: Mapa da área de atuação da empresa de acordo com a quantidade de vidro coletada.

Fonte: Os autores (2026).

Entretanto, ao tentar expandir suas operações para cidades mais distantes, a empresa se deparou com desafios substanciais. As tentativas de coletar vidro em áreas mais afastadas resultaram em custos elevados com combustível, manutenção de veículos e contratação de mão de obra adicional. Além disso, a complexidade da logística reversa e a necessidade de transporte adequado para evitar perdas por quebra tornaram as operações nessas localidades menos vantajosas financeiramente. Por conta disso, a coleta de vidro em regiões mais distantes tornou-se inviável, especialmente devido à baixa relação custo-benefício. A estratégia mais eficiente para a empresa, portanto, é concentrar suas operações nas áreas

mais próximas a empresa, onde a logística é otimizada e o custo por tonelada coletada se torna mais viável.

Após o processamento do vidro, o material é encaminhado para uma empresa localizada na cidade do Rio de Janeiro que é responsável pela reciclagem do vidro, transformando-o em novos produtos, como garrafas e frascos. Essa parceria é essencial para garantir que o vidro reciclado seja corretamente reaproveitado, contribuindo para a economia circular e para a sustentabilidade ambiental.

Para viabilizar uma possível expansão futura, a empresa poderia considerar a implantação de pontos intermediários de coleta ou parcerias com empresas locais. Essas iniciativas ajudariam a reduzir os desafios financeiros e operacionais, tornando a expansão mais rentável e sustentável, além de ampliar a capacidade de coleta sem comprometer a qualidade e a eficiência do processo.

As etapas de processamento do vidro na empresa, desde a coleta até a destinação final consistem: (i) coleta do vidro; (ii) transporte para a sede; (iii) pré-triagem; (iv) triagem manual; (v) armazenamento e envio para a reciclagem. Esse processo de reciclagem contribui para a redução do consumo de matéria-prima virgem e para a promoção da sustentabilidade ambiental, incentivando a economia circular e reduzindo o impacto ambiental do descarte inadequado de vidro.

3.1 Coleta do vidro: Origem

O teste de Mann-Whitney realizado com os dados fornecidos pela empresa de reciclagem de vidro revelou uma diferença estatisticamente significativa entre a quantidade de vidro coletada pelos Pontos de Entrega Voluntária (PEV) e pelas Associações de Catadores. Os resultados indicam que as quantidades recolhidas por meio de PEVs são significativamente superiores às recolhidas por associações de catadores. Esta disparidade pode ser explicada pela maior infraestrutura e visibilidade dos PEVs, que facilitam o acesso da população ao descarte adequado de materiais recicláveis. Em comparação, as Associações de Catadores, por terem recursos limitados, enfrentam restrições que limitam sua capacidade de coleta. É possível verificar o resultado do teste na Figura 2.

Os PEVs, estrategicamente localizados em pontos de fácil acesso como supermercados e condomínios da cidade, oferecem à população locais convenientes para o descarte de materiais recicláveis, como o vidro. A visibilidade e a acessibilidade desses pontos incentivam os cidadãos a participarem ativamente do processo de reciclagem, o que resulta em um aumento significativo na quantidade de materiais coletados. A organização e a facilidade de uso desses pontos ajudam a solidificar a participação da comunidade em práticas sustentáveis e em conformidade com os objetivos de políticas públicas de gestão de resíduos.

Simultaneamente, as Associações de Catadores desempenham um papel essencial na coleta e triagem de materiais recicláveis. No entanto, essas associações enfrentam desafios significativos que limitam sua capacidade de expandir suas operações. A falta de infraestrutura adequada, a escassez de recursos financeiros e a necessidade de maior reconhecimento institucional são obstáculos recorrentes (Silva e Pereira, 2020).

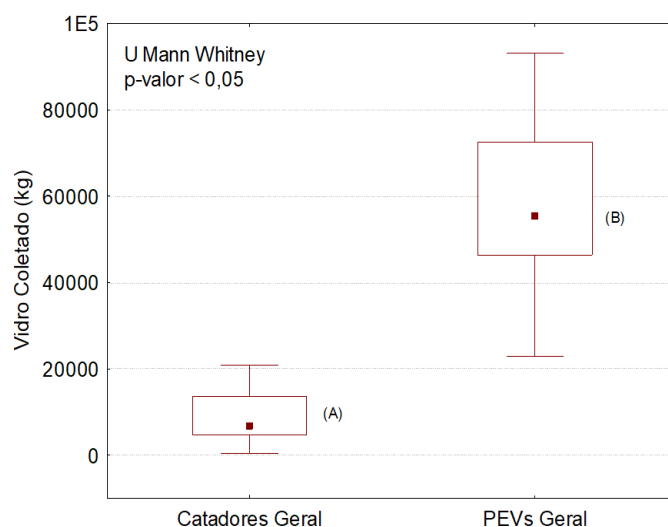


Figura 2 – Comparação entre a quantidade de vidro coletada de 2021 a 2023 pelos Pontos de Entrega Voluntária (PEV) e pelas Associações de Catadores. Fonte: Os autores (2026).

Esses resultados reforçam a literatura sobre a maior eficácia de sistemas de coleta estruturados, como os PEVs, em comparação com os modelos das associações de catadores. A Política Nacional de Resíduos Sólidos reconhece o papel crucial dos catadores na gestão de resíduos, mas também destaca a necessidade de sua inclusão em sistemas formais de coleta para melhorar a eficiência e a sustentabilidade da reciclagem no Brasil (Brasil, 2010). O estado de Minas Gerais, por exemplo, implementou o Programa Bolsa Reciclagem, que visa apoiar cooperativas de catadores, fornecendo incentivos financeiros e melhorando as condições de trabalho dos catadores, o que contribui para a melhoria da coleta seletiva e a inclusão social (Sturzenegger, 2013).

Além disso, estudos de caso, como o realizado em Belo Horizonte, demonstraram que a integração de catadores em sistemas formais de coleta seletiva, com o suporte de programas como os PEVs, pode melhorar significativamente a adesão da população e a qualidade dos materiais recicláveis coletados (Campos, 2020). A colaboração entre catadores e sistemas estruturados de coleta não só otimiza o processo de reciclagem, como também fortalece o desenvolvimento social e econômico dos catadores, promovendo a inclusão e a valorização desse segmento da sociedade.

No entanto, um aspecto importante a ser considerado na análise é a questão da segurança no descarte do vidro, especialmente devido à periculosidade desse material. Por ser cortante e potencialmente perigoso, o vidro pode gerar receio na população, que teme que seu descarte inadequado cause acidentes, especialmente para aqueles que realizam a coleta seletiva. Esse fator de risco pode levar os cidadãos a evitarem depositar vidro diretamente na coleta seletiva convencional, optando pelos PEVs, que são percebidos como pontos mais seguros, tanto pela acessibilidade quanto pela estrutura adequada para conter o material e minimizar riscos. Esse receio histórico, aliado à ausência de uma cultura consolidada de separação do vidro para a coleta seletiva, pode explicar a maior adesão aos PEVs em comparação com outras formas de coleta, como a realizada pelas associações de catadores.

Portanto, para aprimorar ainda mais a eficiência do sistema de reciclagem em Juiz de Fora, é essencial promover a integração entre os PEVs e as Associações de Catadores. Essa

colaboração pode potencializar a coleta seletiva, garantindo não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também o desenvolvimento socioeconômico dos catadores, que desempenham um papel vital na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

3.2 Análise temporal

A quantidade total de vidro coletada pela empresa em Juiz de Fora, MG, nos anos de 2021, 2022 e 2023 foi analisada por meio do teste ANOVA, que revelou uma diferença estatisticamente significativa entre os anos ($p < 0,05$). O pós-teste de Tukey indicou que essa diferença ocorreu entre 2022 e 2023, evidenciando um aumento expressivo na coleta em 2023. No entanto, não foram encontradas variações significativas entre 2021 e 2022, e entre 2021 e 2023, sugerindo estabilidade nesses períodos. Assim, os resultados indicam que a quantidade de vidro coletada em 2023 foi significativamente maior do que nos anos anteriores. A análise completa pode ser visualizada na Figura 3.

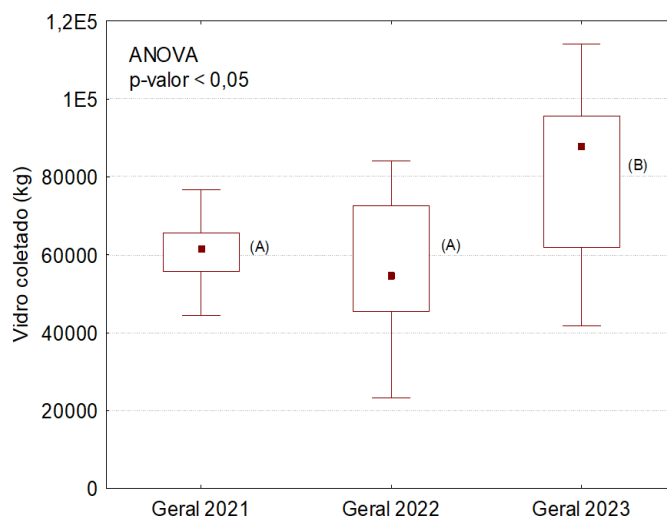


Figura 3 – Pós teste de Tukey para comparação da quantidade total de vidro coletado entre 2021 e 2023.
Fonte: Os autores (2026).

Esse crescimento em 2023 pode ser atribuído a diversos fatores. A melhoria na infraestrutura de coleta, incluindo a ampliação da cobertura dos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e a maior acessibilidade aos pontos de descarte, pode ter contribuído para o aumento do volume de material reciclado. Além disso, a intensificação das campanhas educativas, aliada à maior conscientização ambiental, tende a incentivar a adesão da população à reciclagem. Estudos apontam que a conscientização ambiental é fundamental para a promoção de práticas sustentáveis, como a reciclagem (ISBET, 2024).

Outro fator que pode ter influenciado o aumento da coleta é a implementação de políticas públicas voltadas para a reciclagem e a economia circular. O Governo Federal, por meio do Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, aperfeiçoou a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e criou o Programa Nacional de Logística Reversa, visando fortalecer a coleta seletiva em todo o país (Brasil, 2022).

A diferença significativa observada entre os volumes de 2022 e 2023 sugere uma melhoria no engajamento da população e na adaptação dos programas de coleta. Esse aumento pode

refletir o impacto positivo das ações voltadas para a melhoria da infraestrutura de coleta, bem como a crescente conscientização da sociedade sobre a importância da reciclagem.

Além da análise do volume total de vidro coletado, foi realizada uma segunda ANOVA para investigar possíveis diferenças significativas nos volumes coletados especificamente pelos PEVs nos anos de 2021, 2022 e 2023. Os resultados indicaram a existência de uma diferença estatisticamente significativa entre os anos ($p < 0,05$), sugerindo que as médias anuais de massa coletada não são iguais.

A análise dos dados da empresa sobre a quantidade de vidro coletada nos pontos de entrega voluntária em Juiz de Fora (MG) entre 2021 e 2023 revelou mudanças significativas ao longo do período. O pós-teste de Tukey indicou estabilidade na coleta entre 2021 e 2022, o que pode estar associado à manutenção das condições operacionais, políticas públicas e ao nível de conscientização ambiental da população. Segundo Silva e Andrade (2020), a regularidade na coleta de materiais recicláveis tende a refletir uma infraestrutura consolidada e a adesão contínua a práticas de descarte seletivo. Para identificar entre quais anos essa diferença ocorre, foi aplicado o pós-teste de Tukey, cujos resultados podem ser observados no gráfico – Figura 4.

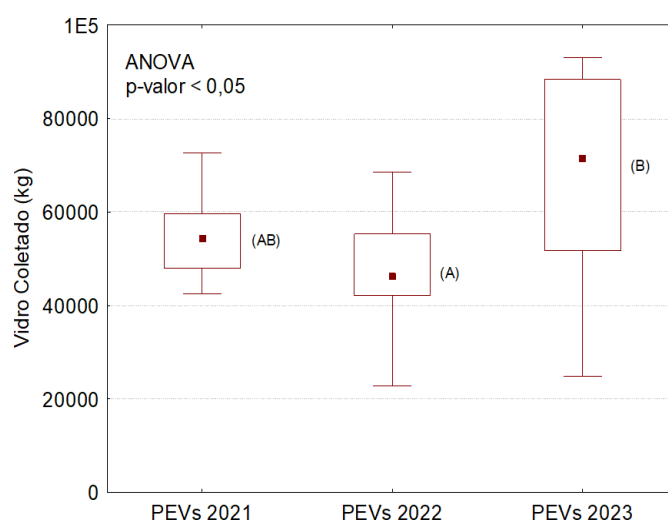


Figura 4 – Pós teste de Tukey para análise dos pontos de entrega voluntária. Fonte: Os autores (2026).

Por outro lado, a comparação entre 2021 e 2023 revelou um aumento significativo na massa coletada, reforçado pela diferença também observada entre 2022 e 2023. Esse crescimento pode ser atribuído à ampliação da rede de coleta, maior participação da população e otimizações operacionais, como melhoria nas rotas e campanhas de incentivo à reciclagem. Chaves, Siman e Chang (2021) apontam que o fortalecimento da coleta seletiva está diretamente ligado a investimentos em infraestrutura, ações educativas e parcerias estratégicas.

A valorização da economia circular e o aumento da preocupação com práticas sustentáveis também podem ter impulsionado esse avanço. Oliveira e Santos (2022) destacam que políticas de incentivo à reciclagem, aliadas à conscientização ambiental, impactam positivamente a quantidade de resíduos recicláveis coletados.

Além disso, a implementação de novos pontos de entrega voluntária e aprimoramentos na logística de transporte podem ter contribuído para a expansão da coleta. Segundo Ribeiro et al. (2021), a eficiência da logística reversa é fundamental para direcionar um maior volume de materiais à reciclagem.

Outro fator relevante para o aumento da coleta em 2023 foi apontado pelo diretor da empresa, que destacou a influência das ações em redes sociais. A divulgação maciça pode ter incentivado um maior número de pessoas a utilizá-los, contribuindo diretamente para o crescimento da quantidade de vidro reciclado no ano. Esse fenômeno reforça a importância das estratégias de comunicação e educação ambiental para estimular a participação popular na reciclagem, conforme apontado por pesquisas que analisam o impacto das mídias sociais na mudança de comportamento ambiental (Silva, 2021). Dessa forma, a estabilidade entre 2021 e 2022 sugere um cenário consolidado, enquanto o crescimento registrado em 2023 indica avanços estruturais e comportamentais que fortalecem a reciclagem.

Dando continuidade às análises, também foi realizado o teste de Kruskal-Wallis para avaliar se houve diferenças significativas na quantidade de vidro coletado pelas Associações de Catadores nos anos de 2021, 2022 e 2023. Os resultados não indicaram diferenças estatisticamente significativas entre os anos, evidenciando que as quantidades coletadas permaneceram estáveis ao longo do período. Esse resultado sugere que, independentemente das variações observadas nas coletas totais ou nos PEVs, o desempenho das Associações de Catadores manteve-se relativamente constante em termos de massa de vidro coletada.

As limitações enfrentadas por esses grupos, como a escassez de recursos financeiros, infraestrutura inadequada e a informalidade das operações, podem ter favorecido os resultados. Isso é corroborado por Galdino et al. (2024), que ressaltam a necessidade de apoio institucional e de parcerias estratégicas para que as Associações possam expandir suas atividades de forma mais eficaz. Ademais, estudos como o de Richer (2014) destacam que as campanhas educativas e a conscientização são essenciais para engajar a população nas práticas de reciclagem.

4. Conclusão

Diante do estudo realizado, conclui-se: (i) houve um aumento significativo na quantidade de vidro coletado em 2023, impulsionado pela ampliação dos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e campanhas educativas; (ii) os PEVs demonstraram maior eficiência na coleta devido à sua infraestrutura e localização estratégica, enquanto as Associações de Catadores enfrentam dificuldades operacionais e financeiras; (iii) apesar de seu papel fundamental na reciclagem, as Associações de Catadores não apresentaram crescimento na coleta, evidenciando a necessidade de maior apoio institucional e investimento em infraestrutura; e (iv) a criação de pontos intermediários de coleta e parcerias com empresas locais podem tornar a reciclagem de vidro mais eficiente e acessível em regiões mais distantes. Por fim, evidencia-se a importância do monitoramento e diagnóstico da evolução da reciclagem do vidro, o que pode contribuir para a otimização do processo de gestão integrada, articulando governo, empresas, cooperativas e a população, garantindo eficiência, inclusão social e benefícios ambientais.

Referências

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

ÁGUA E SANEAMENTO. **O saneamento em Juiz de Fora | MG | Municípios e Saneamento**. 2023. Disponível em: <https://www.aguasaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/mg/juiz-de-fora>. Acesso em: 12 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO (ABIVIDRO). Fatos e estatísticas sobre a reciclagem de vidro. **Recicla Sampa**, 2022. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/fatos-e-estatisticas-sobre-a-reciclagem-de-vidro>. Acesso em: 11 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 11.300, de 21 de dezembro de 2022. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 dez. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2022/decreto/d11300.htm. Acesso em: 26 maio 2024.

BRASIL. Decreto nº 12.106, de 10 de julho de 2024. Regulamenta os incentivos fiscais da Lei de Incentivo à Reciclagem. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2024a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 25 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 abr. 2024.

CAMPOS, L. S. **Inclusão ampliada de catadores como estratégia para a integração do sistema municipal de gestão de resíduos sólidos**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/38749>. Acesso em: 6 mar. 2025.

CHAVES, G. L. D.; SIMAN, R. R.; CHANG, N. Bin. Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **URBE – Revista Brasileira de Gestão Urbana**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 115–130, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/zssQX57CXWG7C7fKRzvk7pN/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

GALDINO, L. et al. Inclusão social e políticas públicas na relação catadores de recicláveis e reutilizáveis e administração pública: o papel do poder público no incentivo à reciclagem e ao trabalho dos catadores de reutilizáveis. **Revista Vianna Sapiens**, v. 15, n. 2, p. 34, dez. 2024. DOI: 10.31994/rvs.v15i2.999.

HOLLANDER, Myles; WOLFE, Douglas A. **Nonparametric statistical methods**. 3. ed. New York: Wiley, 2013.

ISBET – INSTITUTO BRASILEIRO PRÓ-EDUCAÇÃO, TRABALHO E DESENVOLVIMENTO. **Conscientização sobre reciclagem e sustentabilidade**. 2024. Disponível em:

https://isbet.org.br/conscientizacao-sobre-reciclagem-e-sustentabilidade/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 6 mar. 2025.

MCDONALD, John H. Handbook of biological statistics. 3. ed. Baltimore: Sparky House Publishing, 2014. Disponível em: <https://biostathandbook.com/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Panorama da logística reversa no Brasil 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma>. Acesso em: 25 fev. 2025.

OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. O papel da economia circular na gestão sustentável dos resíduos urbanos. **Estudos em Economia e Meio Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 67-89, 2022.

RIBEIRO, J. et al. Logística reversa e reciclagem de resíduos sólidos: desafios e perspectivas. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 15, n. 4, p. 310-329, 2021.

RICHER, Leonice Terezinha. A importância da conscientização e da coleta seletiva no município de Palmitos - SC. 2014. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Medianeira, 2014.

SHAPIRO, Samuel S.; WILK, Martin B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SILVA FILHO, Carlos Roberto Vieira da; SOLER, Fabricio. Gestão de resíduos sólidos: O que diz a lei. 1. ed. São Paulo: Trevisan, 2015.

SILVA, Ana Carolina Floriano da. Sustentabilidade: reciclagem de embalagens e logística reversa. 2021. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/60658>. Acesso em: 11 mar. 2025.

SILVA, João; PEREIRA, Maria; OLIVEIRA, Carlos. Análise da gestão de logística reversa de vasilhames de vidro em uma empresa de bebidas. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 8, n. 4, p. 57-72, out./dez. 2013. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/gepros/article/view/1130/610>. Acesso em: 9 fev. 2025.

STATSOFT, Inc. STATISTICA (data analysis software system). Version 12. Tulsa, OK: StatSoft, 2013.

STURZENEGGER, G. Inclusão de catadores na gestão de resíduos sólidos. *Ideação*, 2013. Disponível em: <https://blogs.iadb.org/brasil/pt-br/inclusao-de-catadores-na-gestao-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 6 mar. 2025.

TRIBUNA DE MINAS. Apenas 1% dos resíduos coletados em Juiz de Fora é reciclado. 2024. Disponível em: <https://tribunademinas.com.br/especiais/biosfera/03-02-2024/apenas-1-dos-residuos-coletados-em-jf-e-reciclado.html>. Acesso em: 11 mar. 2025.

WILCOX, Rand R. Introduction to robust estimation and hypothesis testing. 4. ed. San Diego: Academic Press, 2017.