



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UNIDADE DE TRIAGEM DE RESÍDUOS
RECICLÁVEIS MANUAL SEM E COM AUXÍLIO DE EQUIPAMENTOS**

Izabella Maria Soares de Carvalho

Belo Horizonte

2025

Izabella Maria Soares de Carvalho

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UNIDADE DE TRIAGEM DE RESÍDUOS
RECICLÁVEIS MANUAL SEM E COM AUXÍLIO DE EQUIPAMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientador: Prof.^a Doutora Gisele Vidal Vimieiro

Belo Horizonte

2025

IZABELLA MARIA SOARES DE CARVALHO

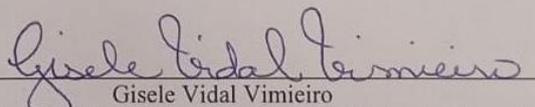
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UNIDADE DE TRIAGEM DE RESÍDUOS
RECICLÁVEIS MANUAL E COM AUXÍLIO DE EQUIPAMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção de título de Engenheira Ambiental e
Sanitarista.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Gisele Vidal Vimieiro

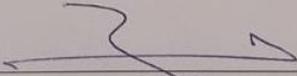
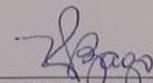
Data de aprovação: 07 / 02 / 2025

Banca examinadora:



Gisele Vidal Vimieiro

Prof.^a Dra. – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais


Bernardo Henrique Ribeiro Mendes
Engenheiro Civil - Coordenador da UTR

Valéria Cristina Palmeira Zago

Prof.^a Dra. – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Ao chegar ao final desta jornada, olho para trás e percebo o quanto este caminho foi desafiador, mas, ao mesmo tempo, profundamente gratificante. Cada etapa superada representou não apenas um passo rumo à conclusão deste trabalho e curso, mas também um crescimento pessoal e profissional que levarei para toda a vida.

Agradeço primeiramente a Deus, cuja força e amparo iluminaram meu caminho em todos os momentos, especialmente nos mais difíceis. Aos meus pais Cátia e Adilson, e ao meu irmão Júnior, que são meu porto seguro, aos que devo tudo que sou e conquistei. Com amor incondicional, seus conselhos sábios e apoio em cada decisão foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Nada disso seria possível sem a força que vocês sempre me transmitiram, mesmo nos momentos em que duvidei de mim mesmo.

Aos meus amigos, que foram verdadeiros companheiros nesta jornada, deixo minha gratidão. Vocês estiveram ao meu lado nos momentos de alegria e nas dificuldades, oferecendo palavras de incentivo, risadas que aliviaram o peso dos dias mais tensos e uma amizade que me fortaleceu para seguir em frente.

Também agradeço à minha orientadora Gisele, cuja dedicação e sabedoria foram fundamentais para a realização deste trabalho. Seu apoio fez toda a diferença.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para este momento, meu mais profundo e sincero agradecimento.

RESUMO

CARVALHO, IZABELLA. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UNIDADE DE TRIAGEM DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS MANUAL SEM E COM AUXÍLIO DE EQUIPAMENTOS**. 2025. 77 páginas. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil enfrenta desafios, com uma taxa de reaproveitamento de apenas 2,2% em 2023 e uma coleta seletiva que atende 14,7% da população. Nesse contexto, as centrais de triagem desempenham papéis cruciais na recuperação de materiais recicláveis, gerando benefícios ambientais e sociais. Este estudo analisou as melhorias na eficiência operacional de uma unidade de triagem de resíduos (UTR), com ênfase na mecanização e na organização, buscando reduzir rejeitos, otimizar a gestão de resíduos e promover o bem-estar dos trabalhadores. A avaliação considerou os impactos da mecanização no processo manual de triagem. Após a implementação de esteiras transportadoras, prensa hidráulica, moinho de vidro e empilhadeira, a triagem tornou-se mais eficiente, com redução de rejeitos, maior recuperação de recicláveis e melhor aproveitamento do espaço físico. Indicadores como eficiência de triagem, tempo médio e percepção dos trabalhadores evidenciam melhorias operacionais e no bem-estar da equipe. A mecanização da UTR resultou em um aumento de 130,34% na eficiência e em uma redução de 13,95 % de rejeitos. Contudo, a taxa de rejeitos permanece elevada, e equipamentos como o moinho de vidro ainda é subutilizado. O texto também recomenda o investimento em tecnologias avançadas, treinamentos técnicos e campanhas de conscientização para melhorar a qualidade dos resíduos recebidos, aumentar a eficiência do processo e fortalecer uma gestão de resíduos mais sustentável e inclusiva.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos. Mecanização. Triagem de resíduos. Reciclagem. Sustentabilidade. Rejeitos.

ABSTRACT

CARVALHO, IZABELLA. **Performance Evaluation of a Manual Recyclable Waste Sorting Unit With and Without the Aid of Equipment.** 2025. 77 pages. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

Urban solid waste (USW) management in Brazil faces challenges, with a reuse rate of only 2.2% in 2023 and selective collection serving 14.7% of the population. In this context, sorting centers play crucial roles in the recovery of recyclable materials, generating environmental and social benefits. This study analyzed the improvements in the operational efficiency of a Waste Sorting Unit (WSU), with an emphasis on mechanization and organization, seeking to reduce waste, optimize waste management, and promote worker well-being. The evaluation considered the impacts of mechanization on the manual sorting process. After the implementation of conveyor belts, a hydraulic press, a glass crusher, and a forklift, sorting became more efficient, with a reduction in waste, greater recovery of recyclables, and better use of physical space. Indicators such as sorting efficiency, average time, and workers' perception highlight operational improvements and team well-being. The mechanization of the WSU resulted in a 130.34% increase in efficiency and a 13.95% reduction in waste. However, the reject rate remains high, and equipment such as the glass crusher is still underutilized. The text also recommends investing in advanced technologies, technical training, and awareness campaigns to improve the quality of received waste, increase process efficiency, and strengthen more sustainable and inclusive waste management.

Keywords: Solid waste management. Mechanization. Waste sorting. Recycling. Sustainability. Waste rejects.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	RESÍDUOS SÓLIDOS	15
3.2	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS RECICLÁVEIS	16
3.3	COLETA SELETIVA.....	17
3.3.1	<i>Coleta Seletiva Porta a Porta.....</i>	<i>18</i>
3.3.2	<i>Coleta seletiva Ponto a Ponto</i>	<i>20</i>
3.4	UNIDADES DE TRIAGEM DE RESÍDUOS.....	21
3.4.1	<i>Aspectos Comuns de uma UTR.....</i>	<i>21</i>
3.4.2	<i>Unidades de Triagem com Equipamentos</i>	<i>22</i>
3.4.3	<i>Rejeitos em Cooperativas com Mecanização</i>	<i>23</i>
3.5	DINÂMICA DE GRUPO	24
3.6	BEM-ESTAR NO TRABALHO	25
4	METODOLOGIA.....	26
4.1	UNIDADE ESTUDADA.....	26
4.1.1	<i>Pré Implantação de Equipamentos.....</i>	<i>26</i>
4.1.2	<i>Pós-Implantação dos Equipamentos</i>	<i>31</i>
4.2	AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS RECEBIDOS	35
4.2.1	<i>Resíduos Recicláveis Recebidos</i>	<i>35</i>
4.2.2	<i>Resíduos Triados</i>	<i>36</i>
4.2.3	<i>Rejeitos</i>	<i>37</i>
4.3	AVALIAÇÃO DO TEMPO GASTO PARA TRIAGEM.....	38
4.4	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA TRIAGEM DO RESÍDUOS	39

4.5	AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES DA UNIDADE SOBRE O BEM-ESTAR NO TRABALHO	40
4.5.1	<i>Questionário</i>	40
4.5.2	<i>Entrevista</i>	44
4.6	RECOMENDAÇÕES E MELHORIAS	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1	COLETA DE DADOS	46
5.1.1	<i>Empresa Coletora</i>	46
5.1.2	<i>Dados de triagem – UTR Estudada</i>	47
5.1.3	<i>Dados de rejeito</i>	48
5.2	ANÁLISE DOS DADOS DE PESAGEM DOS RESÍDUOS	50
5.2.1	<i>Coleta de Resíduos</i>	50
5.2.2	<i>Triagem de Resíduos</i>	52
5.2.3	<i>Rejeitos Gerados</i>	54
5.2.4	<i>Eficiência no Tempo Gasto para Triagem</i>	55
5.3	ANÁLISE DOS DADOS POR TIPO DE MATERIAL TRIADO	59
5.3.1	<i>Materiais Detalhados</i>	59
5.3.2	<i>Diversidade de Materiais</i>	61
5.4	ANÁLISE GERAL DE PESAGEM	62
5.5	DADOS DA ENTREVISTA EM GRUPO	63
5.6	ANÁLISE GERAL ENTREVISTA EM GRUPO	68
5.7	PROPOSTAS DE MELHORIAS	69
6	CONCLUSÃO	71
7	RECOMENDAÇÕES	72
8	REFERÊNCIAS	74

Lista de Figuras

Figura 3.3.1 – Média, por município, da população urbana atendida com coleta seletiva porta a porta no Brasil	19
Figura 3.3.2 – Modelo de ponto de entrega voluntária de resíduos recicláveis (Ponto a Ponto)	20
Figura 3.4.1 – Fluxo de uma Unidade de Triagem de Resíduos	22
Figura 4.1.1 – Delimitação lateral e vigas do galpão, planta.....	27
Figura 4.1.2 – Delimitação da altura da edificação, corte frontal	27
Figura 4.1.3 – Chegada e movimentação dos resíduos na UTR.....	28
Figura 4.1.4 – Colaborador da UTR Estudada realizando a triagem manual dos resíduos .	29
Figura 4.1.5 – Vista Interna da UTR Estudada	30
Figura 4.1.6 – Vista Frontal Externa da UTR Estudada.....	30
Figura 4.1.7 – Vista frontal - UTR Estudada preparada para recepção dos equipamentos .	32
Figura 4.1.8 – Equipamentos adquiridos para UTR Estudada	33
Figura 4.1.9 – Projeto da esteira de elevação de resíduos	34
Figura 4.1.10 – Projeto da esteira de triagem de resíduos.....	34
Figura 4.1.11 – Planta da UTR Estudada após a mecanização.....	35
Figura 5.1.1 – Análise gráfica da quantidade de resíduos recicláveis recebidos.....	47
Figura 5.1.2 – Análise gráfica da quantidade de resíduos triados abril/2023 a abril/2024 .	48
Figura 5.1.3 – Análise gráfica da quantidade de resíduos triados abril/2023 a abril/2024 .	49
Figura 5.1.4 – Análise gráfica das quantidades (coleta, triados, rejeitos) abril/2023 a abril/2024.....	50
Figura 5.2.1 – Fardos de resíduos recicláveis após a mecanização	52

Lista de Tabelas

Tabela 4.5.1 – Perguntas sobre a percepção dos trabalhadores UTR Estudada antes e após a implantação dos equipamentos.....	41
Tabela 5.1.1 – Resíduos recicláveis recebidos de abril/2023 a abril/2024.....	46
Tabela 5.1.2 – Massa de resíduos triados de abril/2023 a abril/2024.....	47
Tabela 5.1.3 – Quantidade de rejeitos abril/203 a abril/2024.....	49
Tabela 5.2.1 – Análise da Quantidade de Resíduos Triados Por Dia.....	56
Tabela 5.5.1 – Resposta dos Operadores da Unidade de Triagem Estudada.....	63
Tabela 5.5.2 – Perguntas Relacionadas ao Período Antes da Instalação x Peso	67
Tabela 5.5.3 – Perguntas Relacionadas ao Período Depois da Instalação x Peso	68

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABREMA: Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LEV: Locais de Entrega Voluntária

MDR: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional

MMA: Ministério do Meio Ambiente

PBH: Prefeitura de Belo Horizonte

PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos

PS: Poliestireno

PET: Polietileno Tereftalato

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UTR: Unidade de Triagem de Resíduos

UFSM: Universidade Federal de Santa Maria

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil pode ser desafiadora, especialmente em um cenário de urbanização acelerada e aumento do consumo. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Nº 12.305/2010), regulamentada pelo Decreto nº 10.936/2022, estabelece diretrizes para uma gestão integrada e sustentável desses resíduos, priorizando a redução na geração, reciclagem, reutilização e destinação ambientalmente adequada. Apesar dessas diretrizes, a implementação prática da gestão de resíduos no Brasil enfrenta obstáculos, especialmente no que se refere à coleta e à separação dos resíduos recicláveis.

Em 2022, a geração de RSU no Brasil foi estimada em aproximadamente 77,1 milhões de toneladas, o que corresponde a uma média diária de 1,04 kg por habitante por dia, ou cerca de 380 kg por pessoa ao ano (ABREMA, 2023). A coleta seletiva ainda é pouco disseminada no país, com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2021 indicando que aproximadamente 69,7 milhões de habitantes têm acesso a esse serviço, o que corresponde à 14,7% dos habitantes (ABREMA, 2023).

Em 2023, relacionado à gestão dos RSU, com cerca de 6,7 milhões de toneladas de material seco sendo destinadas à reciclagem, o que representa 8,3% do total gerado no ano. Essa coleta é proveniente de duas principais fontes: os serviços públicos de coleta e a coleta informal realizada por catadores autônomos (ABREMA, 2024). Com base no panorama divulgado pela ABREMA (2024), observa-se que em 2023 a abrangência dos dados sobre resíduos coletados e enviados para reciclagem foi ampliada, superando os percentuais de 2022, que se limitavam aos dados dos Programas de Logística Reversa.

A coleta realizada pelos serviços públicos, embora tenha encaminhado 4,2 milhões de toneladas para centrais de triagem, apresentou uma taxa de recuperação de apenas 52,2%. Isso significa que uma parcela considerável do material coletado ainda é descartada como rejeito após a triagem. Por outro lado, a coleta informal, realizada por catadores autônomos, demonstrou uma eficiência maior, com uma estimativa de 100% do material coletado sendo recuperado e direcionado para a cadeia de reciclagem (ABREMA, 2024).

As unidades de triagem desempenham um papel importante na coleta e triagem de materiais recicláveis, contribuindo para a redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários, que atualmente é considerada uma destinação final ambientalmente adequada, ou outras destinações consideradas incorretas que ainda acontecem no Brasil, como aterros controlados e vazadouros a céu aberto.

Segundo a ABREMA (2024), a composição média dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil revela um potencial significativo para a economia circular: cerca de 50% são compostos por matéria orgânica, ideal para a produção de composto orgânico e biogás; 35% são materiais recicláveis, como papel, plástico, vidro e metal; e 15% são considerados rejeitos. A gestão adequada desses resíduos poderia gerar benefícios ambientais e econômicos consideráveis, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa e gerando novas fontes de renda. No entanto, a taxa de reaproveitamento desses materiais no Brasil ainda é muito baixa, alcançando apenas 2,2%.

A baixa participação da população na separação dos resíduos na fonte e a falta de educação ambiental também são fatores que agravam o problema. Comparado a países desenvolvidos, onde a reutilização, reciclagem, compostagem e aproveitamento energético dos resíduos recicláveis desempenham um papel econômico significativo, o Brasil pode se desenvolver ainda mais para alcançar um sistema de gestão de resíduos mais eficiente e sustentável (IPEA, 2021).

A gestão adequada dos RSU é um desafio global que exige soluções inovadoras e eficientes. Nesse contexto, a triagem em centrais de triagem emerge como uma etapa fundamental para o sucesso da reciclagem. Ao concentrar a separação dos materiais em um único local, as centrais otimizam o processo, facilitando a comercialização e o posterior reprocessamento dos materiais (COELHO, et al, 2023)

Além dos benefícios ambientais e econômicos, as centrais de triagem também se configuram como uma oportunidade de inclusão social. Ao organizarem cooperativas para operar as centrais, os catadores, tradicionalmente marginalizados no processo de coleta e reciclagem, podem conquistar melhores condições de trabalho e renda

Segundo Olsen (2024) a mecanização dos processos de triagem e reciclagem promove um aprimoramento significativo na qualidade e eficiência da cadeia produtiva. Ao automatizar as etapas de separação e classificação dos materiais, é possível garantir um produto mais puro e homogêneo, o que otimiza sua reinserção no ciclo produtivo. Essa maior precisão resulta em uma redução na geração de rejeitos e, conseqüentemente, em um menor impacto ambiental.

A baixa quantidade das unidades de triagem, ou a precariedade delas, pode limitar a gestão de resíduos. A falta dessas instalações aumenta a dependência de aterros sanitários e agrava os impactos ambientais. Expandir e modernizar essas unidades de triagem pode ser uma das soluções na gestão além de promover a economia circular. Com a mecanização das unidades, é possível reinserir os resíduos na cadeia produtiva com maior qualidade.

Além disso, essas unidades melhoram as condições de trabalho e a formalização dos catadores, promovendo inclusão socioeconômica. Investir nessa expansão, junto com políticas públicas eficazes, pode transformar a gestão de resíduos no Brasil, reduzindo impactos ambientais e impulsionando o desenvolvimento sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho da implantação de equipamentos de triagem para melhoria de uma unidade de triagem de resíduos sólidos recicláveis manual.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a variação na quantidade de resíduos triados, através de indicadores de eficiência;
- Avaliar, por balanço de massa, se houve redução na quantidade de rejeitos encaminhados para aterros sanitários;
- Analisar a eficiência do processo de triagem em relação ao tempo e à mão de obra;
- Avaliar a percepção dos trabalhadores sobre as mudanças no ambiente de trabalho e o impacto no bem-estar;
- Propor melhorias na organização do trabalho, no *layout* da unidade e na utilização dos equipamentos, posicionamento dos equipamentos, melhorias de bem-estar.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este item realiza uma revisão bibliográfica centrada na temática, visando fornecer uma melhor compreensão do estado atual do tema abordado.

3.1 Resíduos Sólidos

A Lei Federal 12.305/2010, de 2 de agosto de 2010, também conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece um marco regulatório abrangente para a gestão de resíduos sólidos no Brasil, abordando desde a geração até a destinação final. Ela define, em seu art. 3º, inciso XVI, resíduos sólidos:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Complementarmente conforme a NBR 10.004, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2004, os resíduos sólidos podem ser classificados em diferentes categorias, levando em conta os riscos à saúde pública e ao meio ambiente. A norma divide os resíduos em dois grandes grupos: Classe I - Resíduos Perigosos e Classe II - Resíduos Não Perigosos. A Classe II é subdividida em Classe IIA - Resíduos Não Perigosos Não Inertes e Classe IIB - Resíduos Não Perigosos Inertes (ABNT, 2004):

— Classe I - Resíduos Perigosos: compreende materiais que apresentam risco significativo ao meio ambiente e à saúde pública. Esses resíduos possuem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, o que exige um tratamento e disposição final adequados para minimizar os riscos envolvidos (ABNT, 2004).

- Classe II - Resíduos Não Perigosos: inclui materiais que, embora não ofereçam os mesmos riscos que os resíduos perigosos, ainda necessitam de uma gestão apropriada para evitar impactos ambientais negativos (ABNT, 2004). Dentro dessa classe estão:
- Classe IIA - Resíduos Não Perigosos Não Inertes: Esses resíduos têm a capacidade de se decompor ou reagir em contato com outros materiais, o que pode causar mudanças físicas, químicas ou biológicas. Caso não sejam adequadamente geridos, podem resultar em poluição ambiental (ABNT, 2004).
- Classe IIB - Resíduos Não Perigosos Inertes: São aqueles resíduos que, uma vez dispostos em aterros, não sofrem degradação significativa nem reações químicas que possam gerar produtos nocivos ao meio ambiente (ABNT, 2004).

Os resíduos sólidos recicláveis enquadram-se predominantemente na Classe II - Resíduos Não Perigosos, podendo ser classificados tanto como não inertes (Classe IIA) quanto como inertes (Classe IIB), dependendo de suas propriedades físicas e químicas (ABNT, 2004).

Esses materiais têm a capacidade de retornar ao processo produtivo, podendo se converter no mesmo produto ou em itens diferentes dos originais (MMA, 2012).

3.2 Resíduos Sólidos Urbanos Recicláveis

Conforme definido pela PNRS (BRASIL, 2010), se os resíduos provenientes de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços não forem considerados perigosos, podem ser equiparados aos resíduos domiciliares.

Assim, para efeitos de limpeza urbana, esses resíduos são agrupados sob a denominação de resíduos sólidos domésticos. Esses resíduos, em conjunto com os resíduos públicos, representam a maior parte dos resíduos sólidos gerados nas cidades. Conseqüentemente, a maior parte dos materiais recicláveis que são encaminhados para algum tratamento provém desses resíduos sólidos domésticos (SNIS, 2023).

A segregação dos resíduos sólidos urbanos recicláveis na fonte geradora e a subsequente coleta seletiva desempenham um papel importante na gestão dos resíduos. A correta separação entre resíduos secos e úmidos é fundamental para o sucesso desses processos (ABREMA, 2023).

3.3 Coleta Seletiva

Na Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), fica definida a coleta seletiva como sendo a coleta de resíduos previamente separados e determina que a responsabilidade por sua implementação recai sobre os municípios, os quais devem incluir as metas correspondentes em seus Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2024), a coleta seletiva pode ser entendida como a separação e coleta diferenciada de resíduos de acordo com a sua composição, com resíduos de características semelhantes sendo separados pelo gerador e encaminhados para coleta distinta. A coleta seletiva pode ocorrer de duas formas: coleta porta a porta, que será o foco deste estudo, e coleta ponto a ponto.

Segundo a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH, 2024), a coleta seletiva apresenta diversos benefícios, sendo, a redução do volume de resíduos destinados aos aterros sanitários, o que, por sua vez, prolonga a vida útil desses aterros, bem como a melhoria da limpeza da cidade, o incentivo às indústrias de reciclagem, gerando novos empregos, a diminuição do desperdício de matéria primas (PBH, 2024).

Outros benefícios incluem a redução da proliferação de vetores de doenças, a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, e a economia de matérias-primas valiosas, como água, petróleo, árvores e minerais. Adicionalmente, há a inclusão social de populações vulneráveis por meio da geração de trabalho e renda no setor de reciclagem. Todos esses fatores colaboram para o desenvolvimento sustentável e para a construção de uma sociedade mais justa e consciente ambientalmente (PBH, 2024).

Ainda de acordo com PBH (2024), para a coleta seletiva, podem-se separar diversos materiais sendo eles, o papel, podendo ser reciclável várias vezes e evitando o corte de árvores, assim

como jornais, revistas, impressos, caixas de papelão, rascunhos, envelopes e embalagens longa vida. Os metais, divididos em ferrosos, como ferro e aço, e não ferrosos, como alumínio e cobre. Os plásticos, incluindo garrafas PET, copos descartáveis, embalagens de cosméticos, sacolas, potes e brinquedos. O isopor, recentemente incluído na coleta seletiva em algumas cidades, também pode ser reciclado e abrange embalagens de eletroeletrônicos, marmitex e caixas térmicas. O vidro é totalmente reciclável, podendo ser reciclados frascos, garrafas, copos e vidros planos, desde que estejam bem embalados para evitar acidentes.

Já os itens que não devem ser separados para reciclagem incluem papel higiênico, guardanapos, fotografias, papéis plastificados, embalagens de produtos tóxicos, esponjas de aço, pilhas, baterias, espelhos, cerâmicas, vidros temperados e lâmpadas (PBH, 2024).

3.3.1 Coleta Seletiva Porta a Porta

A coleta porta a porta pode ser feita tanto por empresas de limpeza e manejo de resíduos, sendo elas públicas ou privadas, como também por associações e cooperativas de catadores de recicláveis. Nesse sistema, o veículo coletor passa porta a porta, entre bairros para recolher os resíduos que a população já separou.

Quando se observa a média da população urbana atendida por município brasileiro, a coleta seletiva porta a porta atinge apenas 14,7% dos habitantes. Os municípios da região Sul apresentam a maior cobertura média, atendendo a 31,9% da população urbana. Em contrapartida, a região Nordeste apresenta a menor abrangência, com a coleta seletiva porta a porta alcançando apenas 1,9% da população urbana (ABREMA, 2023). A Figura 3.3.1, apresenta a porcentagem de brasileiros atendidos pela coleta seletiva porta a porta.

Figura 3.3.1 – Média, por município, da população urbana atendida com coleta seletiva porta a porta no Brasil



Fonte: SNIS (2021) apud ABREMA (2023)

O modelo de coleta seletiva porta a porta é uma estratégia eficiente na gestão de resíduos sólidos, como evidenciado pelo estudo de Ribeiro e Nogueira (2015). Entre as vantagens destacam-se a melhoria na qualidade dos materiais recicláveis e o aumento da conscientização ambiental dos moradores, devido à coleta direta nos domicílios. Este modelo reduz a contaminação dos resíduos e facilita a triagem e reciclagem (RIBEIRO; NOGUEIRA, 2015).

No entanto, o modelo enfrenta desafios significativos, principalmente os custos elevados associados à sua implementação e operação. A necessidade de veículos e pessoal especializado pode representar um alto custo para os municípios. Além disso, a eficácia do modelo depende da adesão da população, e a falta de participação pode comprometer os resultados (RIBEIRO; NOGUEIRA, 2015).

3.3.2 Coleta seletiva Ponto a Ponto

Na coleta seletiva, é comum a instalação de contêineres específicos em diversas localidades da cidade, identificados como pontos de entrega voluntárias (PEV) ou Pontos Verdes (Figura 3.3.2), onde os cidadãos podem descartar resíduos recicláveis de forma adequada.

Nesse sistema, são destinados coletores exclusivamente para o descarte de resíduos recicláveis. Esses "Pontos Verdes" (Figura 3.3.2) têm como objetivo facilitar a segregação dos resíduos na origem, promovendo uma maior eficiência na reciclagem e contribuindo para a sustentabilidade urbana (PBH, 2024).

Figura 3.3.2 – Modelo de ponto de entrega voluntária de resíduos recicláveis (Ponto a Ponto)



Fonte: PBH (2024)

O PEV proporciona flexibilidade para os residentes ao permitir que entreguem seus materiais recicláveis em horários convenientes. Além disso, pode resultar em redução dos custos operacionais comparado ao modelo de coleta porta a porta, pois não requer a mesma estrutura de coleta regular (RIBEIRO; NOGUEIRA, 2015).

No entanto, a eficácia do PEV depende da acessibilidade e da conscientização da população sobre os pontos de entrega. Se os PEVs não forem bem localizados ou se a comunidade não

estiver suficientemente informada, a taxa de participação e a eficiência da reciclagem podem ser comprometidas (RIBEIRO; NOGUEIRA, 2015).

3.4 Unidades de Triagem de Resíduos

3.4.1 Aspectos Comuns de uma UTR

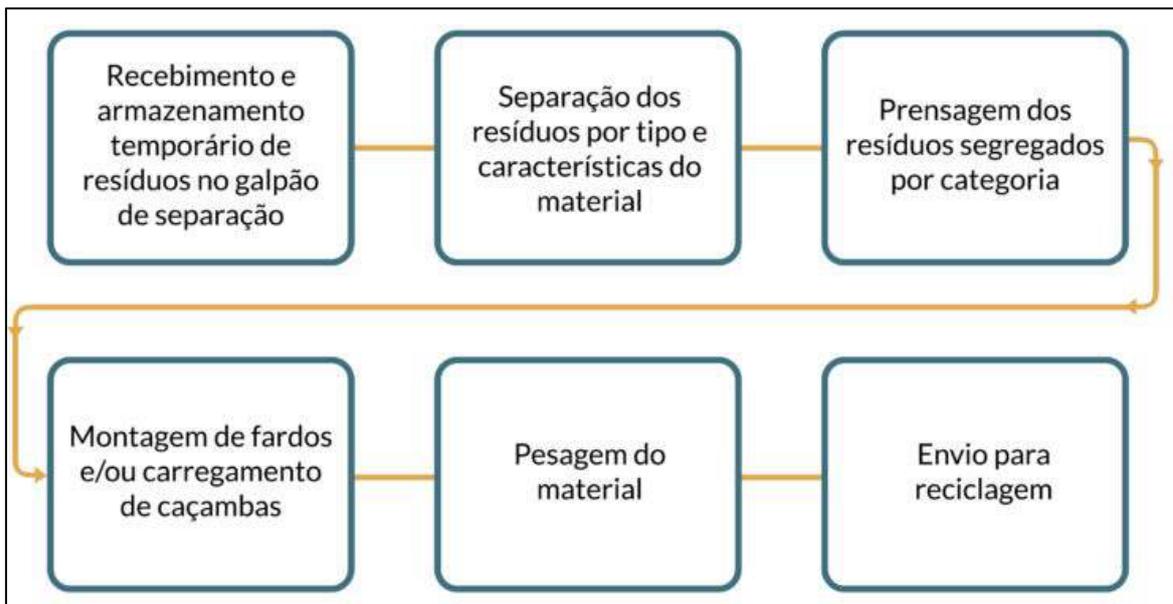
De acordo com o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR, 2022), a unidade de triagem de resíduos secos recicláveis é um espaço projetado para o manejo de materiais provenientes da coleta seletiva de resíduos secos domiciliares, como papel, plástico e metal. Nessas unidades, os trabalhadores formalmente vinculados a organizações realizam a separação desses materiais, conforme o previsto nas diretrizes operacionais e logística. Os projetos de triagem estão alinhados com os esforços para qualificar a gestão de resíduos sólidos e abrangem temas como coleta seletiva de resíduos secos, compostagem de resíduos orgânicos, destinação adequada de resíduos domiciliares e manejo de resíduos da construção civil.

De acordo com Reif (2008), o processo de recepção em uma unidade de triagem envolve a pesagem ou a estimativa do volume de materiais na entrada, utilizando balanças ou métodos de cálculo aproximado. Após essa etapa, o material é alimentado na linha de processamento para ser triado. A triagem ocorre por meio da regulação do fluxo de materiais e do uso de equipamentos específicos, como esteiras transportadoras, que facilitam a separação. Em unidades menores, as esteiras podem ser substituídas por mesas de concreto levemente inclinadas, equipadas com bordas para evitar que os resíduos caiam no chão.

Durante o processo de triagem, os trabalhadores se posicionam ao longo da esteira, próximos a dutos ou contêineres, onde depositam os materiais separados. A separação ocorre por tipo de material, priorizando no início da linha os itens de maior volume, que podem ocultar resíduos menores ao longo do percurso. Além disso, as unidades que recebem resíduos recicláveis secos e resíduos orgânicos podem realizar compostagem. Nesse caso, o material orgânico é separado e encaminhado para pátios de compostagem, onde será tratado adequadamente (REIF, 2008).

As unidades de triagem podem ser auxiliadas por equipamentos ou ocorrer de forma completamente manual, sendo realizadas em linha sequencial, de acordo com o fluxo de atividades, como demonstrado no esquema apresentado (Figura 3.4.1), de acordo com a BIOCAMP (2019).

Figura 3.4.1 – Fluxo de uma Unidade de Triagem de Resíduos



Fonte: BIOCAMP (2019)

3.4.2 Unidades de Triagem com Equipamentos

Segundo Oliveira (2021), a transição de uma unidade manual para o uso de equipamentos como a esteira representa um avanço importante para as cooperativas de reciclagem, tornando o trabalho mais eficiente, seguro e organizado. Esse processo demonstra como soluções tecnológicas podem atender às necessidades específicas do setor, melhorar as condições de trabalho e aumentar a produtividade, contribuindo para um modelo mais sustentável de gestão de resíduos (OLIVEIRA, 2021).

Ainda segundo Oliveira (2021), a instalação de equipamentos como esteira no processo de triagem de resíduos gera a necessidade de reorganização e mudança de *layout* da unidade onde será inserida. Além disso, a inserção de uma esteira no processo facilita o transporte

interno e reduz a necessidade de intervenção manual, como também traz como benefício a padronização do processo de triagem (OLIVEIRA, 2021).

Além da infraestrutura, o uso de equipamentos modernos na triagem automática ou semiautomática contribui para a valorização econômica dos resíduos, promovendo a sustentabilidade financeira da operação. Lenz e Silveira (2017) observam que o retorno financeiro proveniente da venda de materiais recicláveis, como papelão e plásticos, fomenta o mercado de recicláveis e diminui a quantidade de resíduos destinados ao aterro.

No entanto, para alcançar melhores resultados, é fundamental que a triagem seja complementada por ações educativas voltadas para os municípios que geram os resíduos. A falta de segregação na origem, especialmente a mistura com resíduos orgânicos e demais rejeitos, reduz a eficiência e a qualidade dos materiais recuperados. Assim, programas de conscientização podem ampliar a eficácia das operações nas usinas (LENZ e SILVEIRA, 2017).

Outro aspecto relevante é a necessidade de constante monitoramento e manutenção dos equipamentos. A pesquisa aponta que, apesar de melhorias, "os equipamentos e a estrutura antigos necessitam de uma reforma em toda a parte operacional da Unidade de Triagem" (LENZ e SILVEIRA, 2017).

3.4.3 Rejeitos em Cooperativas com Mecanização

Conforme Lima et al. (2016), avaliou-se a composição gravimétrica dos RSU provenientes da coleta seletiva no município de Campo Grande-MS, realizada por uma empresa terceirizada responsável por atender 10% da área urbana. A coleta seletiva ocorre de forma binária, por meio da modalidade "porta a porta" e dos Locais de Entrega Voluntária (LEV's). Após a coleta, os resíduos são enviados à Unidade de Triagem de Resíduos (UTR), onde são separados pelos trabalhadores de cooperativas e associações para posterior comercialização. Segundo os dados analisados, os resíduos oriundos da coleta seletiva porta a porta possuem, em média, 55,94% de materiais recicláveis e 44,06% de rejeitos (LIMA et al., 2016).

Ainda conforme o estudo, foi avaliada a eficiência de segregação das cooperativas foi alta, com apenas 1,90% de recicláveis encaminhados ao aterro sanitário, isso quer dizer, após o processo de triagem nas UTR's avaliadas, menos 2% dos resíduos enviados a aterro sanitário correspondiam à materiais ainda com potencial de reciclagem, evidenciando que as unidades podem ser muito eficientes (LIMA et al., 2016).

No estudo de Lima (2016), também é apontado que mesmo considerando a capacidade estabelecida pelo Ministério das Cidades, de 200 kg/cooperado/dia, ou a quantidade apontada pela cooperativa estudada, média 119 kg/cooperado/dia e máximo 169 kg/cooperado/dia, a quantidade de resíduos recicláveis recebidos na unidade é adequada para atender os cooperados atualmente em atividade na Unidade de Triagem de Campo Grande.

3.5 Dinâmica de Grupo

A análise de dinâmicas de grupo por meio de entrevistas é fundamental para entender as interações e processos internos dos grupos. As entrevistas, conforme descrito por PUC-SP, (2020), são ferramentas essenciais para captar nuances dos comportamentos e percepções dos participantes, oferecendo uma visão mais profunda que métodos quantitativos podem não revelar. Elas podem ser estruturadas, semiestruturadas ou não estruturadas, dependendo dos objetivos da pesquisa.

UFSM (2014) destaca a importância de uma metodologia rigorosa na condução das entrevistas. A escolha do tipo de entrevista e o processo de análise são cruciais para garantir a validade e confiabilidade dos resultados, assegurando que os dados reflitam com precisão as experiências dos participantes.

Essas fontes estabelecem a base para o uso eficaz de entrevistas na pesquisa de dinâmicas de grupo, ressaltando a necessidade de uma abordagem metodológica cuidadosa e da aplicação rigorosa das técnicas de análise qualitativa.

3.6 Bem-Estar no Trabalho

O bem-estar no trabalho é um tema amplamente explorado na literatura acadêmica, refletindo sua relevância tanto para a psicologia organizacional quanto para a gestão de recursos humanos. Santos e Lima (2020) discutem a complexidade dos conceitos de bem-estar no ambiente laboral, abordando tanto a definição teórica quanto as práticas de mensuração utilizadas na pesquisa. Segundo eles, o bem-estar no trabalho é um constructo multifacetado que inclui aspectos emocionais, cognitivos e comportamentais, exigindo uma abordagem abrangente para sua avaliação.

Complementando essa discussão, Andrade e Almeida (2022) apresentam a validação de um instrumento específico para medir o bem-estar no trabalho. Os autores detalham a estrutura do questionário desenvolvido, assim como suas propriedades psicométricas, como validade e confiabilidade. A pesquisa demonstra que o questionário é uma ferramenta eficaz para a avaliação do bem-estar dos colaboradores, oferecendo uma abordagem prática e mensurável para o conceito teórico discutido anteriormente.

4 METODOLOGIA

4.1 Unidade Estudada

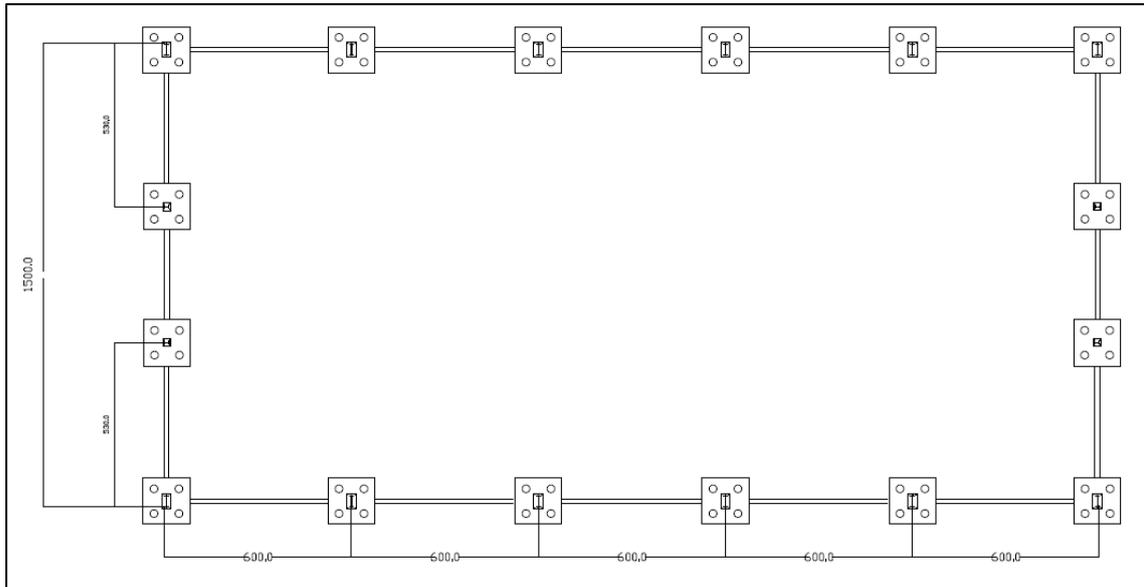
Este estudo avaliou os impactos da implantação de equipamentos em uma unidade de triagem de resíduos sólidos. Os indicadores de desempenho, como porcentagem de resíduos triados e rejeitados em relação ao total recebido, foram utilizados para mensurar a eficiência e o impacto das mudanças no processo.

Os resíduos provenientes da coleta seletiva municipal representam a etapa inicial do processo de triagem, sendo encaminhados exclusivamente para a única unidade de triagem de resíduos do município. Nos casos em que a unidade não estava em operação, como em feriados, ou quando atingia sua capacidade máxima de armazenamento, seja devido à superlotação de resíduos triados ou não, a destinação alternativa adotada era o envio desses materiais ao aterro sanitário da cidade.

4.1.1 Pré Implantação de Equipamentos

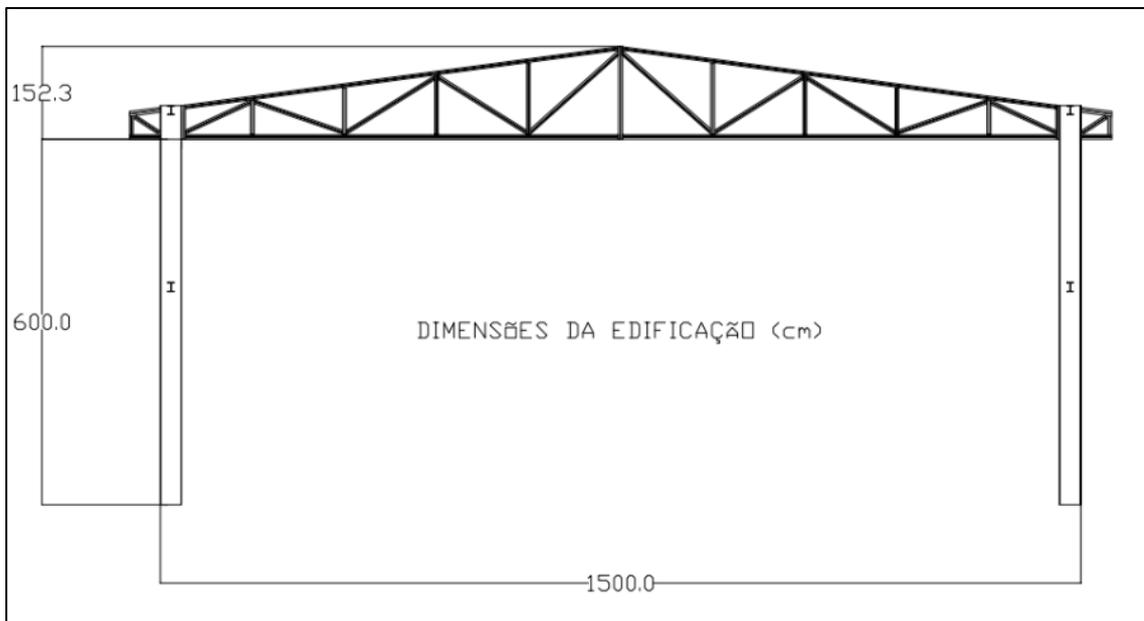
A Unidade de Triagem de Resíduos (UTR) analisada possui área de 450 m², sendo 15 metros de largura e 30 metros de comprimento, observado o pé direito com 6,0 metros. O espaço em questão funcionava como um ponto de triagem para os trabalhadores da UTR, mas com limitações de infraestrutura. Adicionalmente, a falta de instalações físicas adequadas dificultava a organização eficiente do processo de triagem, resultando em um ambiente potencialmente desordenado e pouco funcional. A ausência de uma infraestrutura apropriada pode comprometer a eficiência do trabalho, dificultando a separação e o manejo adequado dos materiais recebidos, como apresentado na Figura 4.1.1 e na Figura 4.1.2, o espaço vazio sem equipamentos.

Figura 4.1.1 – Delimitação lateral e vigas do galpão, planta



Fonte: Adaptado de Racivil (2022)

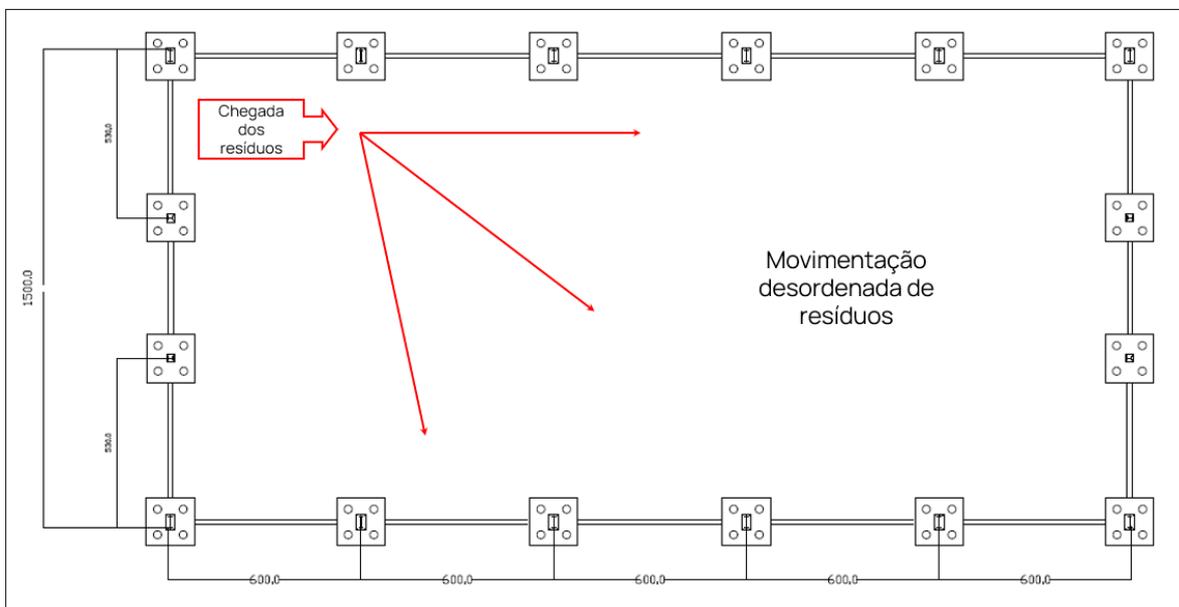
Figura 4.1.2 – Delimitação da altura da edificação, corte frontal



Fonte: Adaptado de Racivil (2022)

Os resíduos sólidos recicláveis recebidos, recolhidos pela empresa de coleta, nas modalidades porta a porta e ponto a ponto da coleta seletiva, eram destinados à UTR Estudada e descarregados manualmente logo após o portão de entrada, na área de recepção com acesso por uma abertura frontal (Figura 4.1.3). A movimentação interna dos materiais era conduzida exclusivamente pelos colaboradores da UTR Estudada, para distribuir os resíduos nos espaços escolhidos por eles, destinados à triagem. Esse processo era realizado de forma completamente manual, sem auxílio de quaisquer equipamentos mecânicos ou automatizados.

Figura 4.1.3 – Chegada e movimentação dos resíduos na UTR



Fonte: Adaptado de Racivil (2022)

Na etapa de triagem, cada colaborador posicionava-se em um espaço delimitado por eles, onde procedia a separação dos materiais recicláveis (Figura 4.1.4), como papel, plástico, metais, vidro, e dos rejeitos. A triagem manual envolvia a inspeção visual dos resíduos e a manipulação direta para classificar e alocar cada material em *big bags* apropriados, posicionados próximos aos locais de trabalho. O desempenho dessa atividade exigia atenção constante, além de conhecimento prévio dos critérios de separação, que eram baseados nas características físicas e no potencial de reciclagem dos materiais.

Figura 4.1.4 – Colaborador da UTR Estudada realizando a triagem manual dos resíduos



Fonte: Autora (2022)

Após concluída a triagem, os resíduos recicláveis armazenados nos *big bags* eram destinados à comercialização. Os rejeitos, materiais sem valor comercial ou que não atendiam aos critérios de reciclagem, eram acumulados temporariamente e posteriormente transportados para o aterro sanitário da cidade, encerrando o ciclo de triagem manual. As Figura 4.1.5 e Figura 4.1.6, apresentam a UTR Estudada antes da introdução de equipamentos.

Figura 4.1.5 – Vista Interna da UTR Estudada



Fonte: Autora (2022)

Figura 4.1.6 – Vista Frontal Externa da UTR Estudada



Fonte: Autora (2022)

As operações na UTR Estudada apresentaram desafios relacionados à gestão espacial e ao fluxo de materiais. A organização do espaço físico para a movimentação e armazenamento dos resíduos recebidos configurou-se como um entrave operacional. A ausência de um processo de prensagem, mesmo após a triagem, resultava em um volume considerável de material, comprometendo a capacidade de armazenamento e a otimização do espaço disponível.

Adicionalmente, a dinâmica de mercado para os materiais triados impôs a necessidade de priorização de determinados resíduos. A ausência de prensagem ou segregação mais detalhada também impactava negativamente o valor de mercado dos materiais, reduzindo seu potencial de comercialização e gerando acúmulo na unidade.

Conseqüentemente, a limitação espacial, exacerbada pelo volume dos resíduos recebidos e triados, ora não prensados, culminava em duas problemáticas principais: a destinação dos resíduos, onde a UTR Estudada, em algumas ocasiões, direcionava resíduos potencialmente recicláveis para o aterro sanitário municipal, representando uma perda de recursos; e a restrição da capacidade de recepção, onde a saturação do espaço físico impedia a unidade de receber novos volumes de resíduos para triagem, limitando sua capacidade operacional e o potencial de recuperação de materiais recicláveis.

No que tange à força de trabalho, observou-se uma estabilidade numérica durante o período de estudo. A UTR Estudada operou constantemente com uma equipe de nove pessoas, sendo que, três desses funcionários acompanharam integralmente o processo de instalação dos equipamentos e as adequações na infraestrutura.

4.1.2 Pós-Implantação dos Equipamentos

As características físicas da unidade acerca da área não sofreram alterações para expansão física para instalação dos equipamentos, logo segue com 450m², como descrito no item 4.1.1, mas incluiu um fosso, para receber uma das esteiras e contar com o processo de mecanização, em que a implantação dos equipamentos auxiliares ocorreu em outubro de 2023.

Durante o mês de outubro de 2023, a UTR Estudada foi preparada para recepção dos equipamentos. A preparação envolveu vender os resíduos que já haviam sido triados, realocar os materiais recebidos para possível triagem após a implantação e o restante foi destinado ao descarte ambientalmente correto, assim deixando o espaço livre de interferências. Nesse período também não houve recepção dos resíduos para triagem, logo todo material coletado na coleta seletiva também destina ao aterro sanitário.

Figura 4.1.7 – Vista frontal - UTR Estudada preparada para recepção dos equipamentos



Fonte: Autora (2023)

Os equipamentos recebidos foram:

- Duas esteiras, uma de elevação e uma de transportes;

- Suportes para *big bags*;
- Prensa enfardadeira;
- Moinho de vidro;
- Empilhadeira hidráulica.

Figura 4.1.8 – Equipamentos adquiridos para UTR Estudada

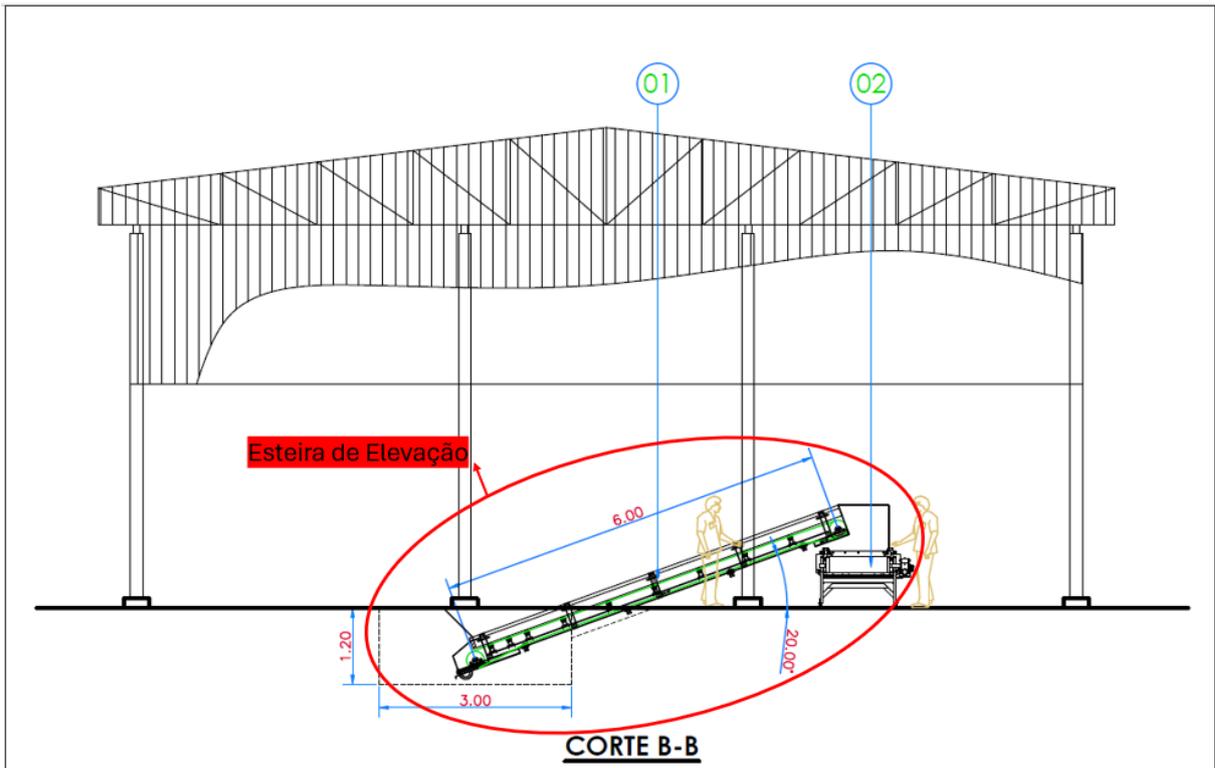


Fonte: Autora (2024)

O processo de mecanização incluiu a instalação de duas esteiras, suporte para big bags, moinho de vidro, empilhadeira hidráulica e prensa. Em que a primeira esteira, trata-se de uma esteira de elevação de resíduos de 6 metros (Figura 4.1.9), esteira responsável pela elevação dos resíduos alocados no fosso, após o processo de rasga dos sacos/sacolas, comumente utilizados para o acondicionamento do material na coleta seletiva. Incluiu também uma esteira de transporte de resíduos de 20 metros, a qual transporta os resíduos linearmente para a separação manual, (Figura 4.1.10), sendo que, na esteira de transporte, ficam posicionados os suportes para *big bags* (Figura 4.1.11). Esse suporte de *big bag*'s, são usados para facilitar o transporte internamente os resíduos triados para área de prensagem, permitem que os

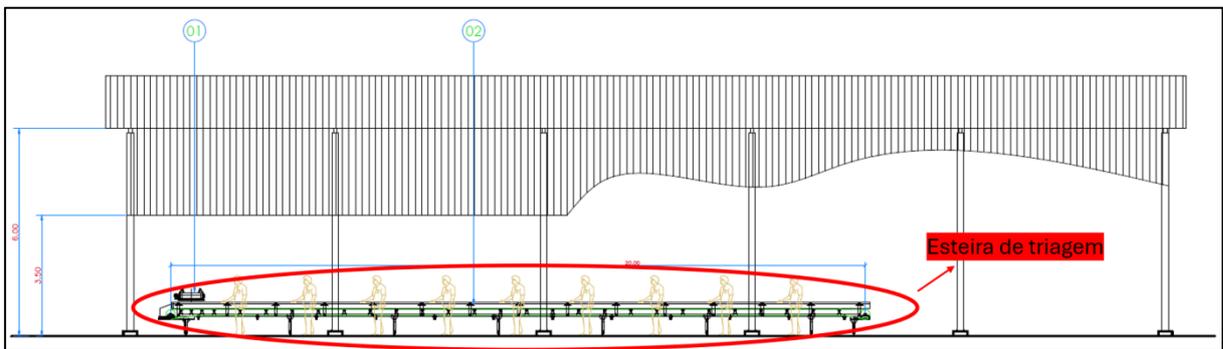
trabalhadores movimentem as big bags cheias, de forma mais prática, visto que elas podem ser muito pesadas. A visualização dessas esteiras e suas funcionalidades está disponível nas Figura 4.1.9, Figura 4.1.10 e Figura 4.1.11.

Figura 4.1.9 – Projeto da esteira de elevação de resíduos



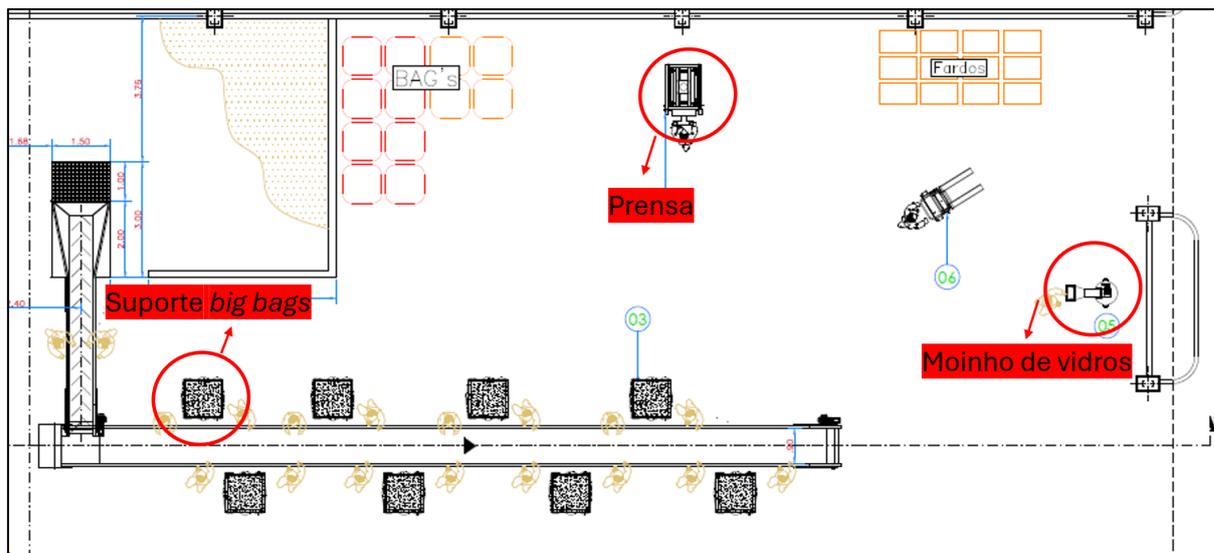
Fonte: Adaptado de IguçuMec (2022)

Figura 4.1.10 – Projeto da esteira de triagem de resíduos



Fonte: Adaptado de IguçuMec (2022)

Figura 4.1.11 – Planta da UTR Estudada após a mecanização



Fonte: Adaptado de IguaçuMec, 2022

Após a segregação, as *big bag's* são transportadas para a prensa hidráulica, onde são transformadas em fardos de até 400 kg. Nesse processo, os resíduos são alocados dentro da prensa e prensados, reduzindo o volume, e os vidros são encaminhados para o moinho triturador de vidros. O moinho se trata de um equipamento para a quebra do vidro em que são adicionados item a item para realização da quebra. No caso do vidro, após a quebra eles são transportados em caçambas ou caixas para em seguida a etapa final de comercialização. Após a prensagem e ou alocação das caixas como os materiais triados são armazenados em uma área temporária até a comercialização. Para movimentação dos materiais enfardados, os trabalhadores da UTR Estudada usavam a empilhadeira hidráulica, que é capaz de elevar fardos, permitindo o transporte até o local de armazenamento temporário.

4.2 Avaliação da Quantidade de Resíduos Recicláveis Recebidos

4.2.1 Resíduos Recicláveis Recebidos

A mensuração da quantidade de resíduos recicláveis recebidos na UTR Estudada foi essencial para avaliar a eficiência operacional e o impacto da mecanização sobre o fluxo de entrada de materiais.

Os dados foram coletados por meio de um sistema de pesagem direta dos caminhões na entrada da UTR Estudada. Cada caminhão foi pesado antes de descarregar os resíduos e novamente após a descarga. A diferença entre essas pesagens determinou a massa líquida de resíduos recebidos. Esse processo foi realizado mensalmente de abril de 2023 a abril de 2024, cobrindo períodos com e sem mecanização dos processos, sendo que o mês de outubro foi zerado em todas as análises por se tratar do mês de implantação dos equipamentos.

A variação sazonal, embora seja um fator importante na geração e coleta de resíduos, não foi o foco dos cálculos neste estudo. Para as equações analisadas, essa variação não foi considerada, embora reconheça-se que ela pode influenciar os valores obtidos. Com base nos dados fornecidos não seria possível calcular as variações ao longo do período de estudo.

Os dados foram organizados em tabelas mensais e analisados estatisticamente para calcular médias e variações percentuais. As equações utilizadas para calcular a variação percentual dos resíduos recebidos foi:

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(\sum \text{Recebidos depois} - \sum \text{Recebidos antes})}{\text{Recebidos antes}} \times 100 \quad (4.2.1)$$

A equação para calcular o aumento absoluto foi:

$$\text{Variação absoluta} = \sum \text{Recebidos depois} - \sum \text{Recebidos antes} \quad (4.2.2)$$

A pesagem direta oferece precisão e confiabilidade, enquanto a divisão temporal entre os períodos manual e mecanizado permite uma análise objetiva dos impactos das mudanças operacionais.

4.2.2 Resíduos Triados

A pesagem dos resíduos triados ocorre com uma balança dentro da própria UTR Estudada, em que se pesa o material pronto para comercialização, o peso dos resíduos triados também é realizado pelo cliente final.

Para avaliar a variação dos resíduos triados foram utilizadas as seguintes equações.

Para a variação percentual:

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(\sum \text{Triados depois} - \sum \text{Triados antes})}{\sum \text{Triados antes}} \times 100 \quad (4.2.3)$$

Para variação absoluta:

$$\text{Variação absoluta} = \sum \text{triado depois} - \sum \text{triado antes} \quad (4.2.4)$$

4.2.2.1 Resíduos analisados na triagem

Foram analisados os dados de triagem de materiais específicos, como papel/papelão, e plásticos (geral, PS e PET), antes e depois da implantação dos equipamentos (outubro de 2023). Essa análise permite identificar quais materiais tiveram maior variação de triagem, contribuindo para a eficiência do processo e o melhor aproveitamento dos resíduos.

Para avaliação, foram utilizadas as mesmas equações já descritas anteriormente, para aumento percentual, aumento absoluto.

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(\sum \text{Material depois} - \sum \text{Material antes})}{\sum \text{Material antes}} \times 100 \quad (4.2.5)$$

$$\text{Variação absoluta} = \sum \text{Material depois} - \sum \text{Material antes} \quad (4.2.6)$$

4.2.3 Rejeitos

Para avaliar a variação dos rejeitos, foi considerado o balanço de massa, onde que há a subtração da massa de resíduos recebidos da massa de resíduos triados, obtendo-se os rejeitos.

$$\text{Quantidade de Rejeito} = \text{Quantidade de resíduos recebidos} - \text{Quantidade de resíduos triados} \quad (4.2.7)$$

Para o cálculo percentual:

$$\text{Percentual de rejeito antes (\%)} = \frac{\sum \text{Rejeito antes}}{\sum \text{Coleta antes}} \times 100 \quad (4.2.8)$$

$$\text{Percentual de rejeito depois (\%)} = \frac{\sum \text{Rejeito depois}}{\sum \text{Coleta depois}} \times 100 \quad (4.2.9)$$

Para variação absoluta:

$$\text{Variação absoluta} = \sum \text{Rejeito depois} - \sum \text{Rejeito antes} \quad (4.2.10)$$

Para a avaliação da variação foi:

$$\text{Variação percentual} = \% \text{ de rejeito antes} - \% \text{ de rejeito depois} \quad (4.2.11)$$

4.3 Avaliação do Tempo Gasto Para Triagem

O tempo gasto para triagem é um indicador importante para avaliar a eficiência operacional da UTR Estudada. A variação no tempo médio pode indicar melhorias ou pioras na produtividade decorrentes da mecanização.

Conforme já mencionado, o período de coleta de dados foi dividido em dois: antes e após a mecanização dos processos, abrangendo de abril de 2023 a abril de 2024, em que outubro é mês da implantação e não houve atuação dos trabalhadores nesse mês. Considerou-se que os dias trabalhados nos demais meses, para triagem dos resíduos, foram 22 dias por mês, considerou-se também que cada mês possui 30 dias (em média), ou seja, desconsideradas variações externas, como feriados, trabalhos aos sábados e domingos, ou horas extras.

A quantidade de resíduos triados mensalmente foi dividida pelo número de dias trabalhados, como apresentado na equação:

$$\text{Eficiência diária} \left(\frac{\text{kg}}{\text{dia}} \right) = \frac{\text{resíduos triados no mês (kg)}}{22 \text{ (dias trabalhados)}} \quad (4.3.1)$$

Por fim para avaliar a capacidade de triagem por trabalhado, calcula-se o valor encontrado na produtividade/dia, divide-se pela quantidade de trabalhadores na unidade de triagem.

$$\text{Produtividade dia} \left(\frac{\text{kg}}{\text{dia/pessoa}} \right) = \frac{\text{Eficiência diária}}{\text{número de trabalhadores}} \quad (4.3.2)$$

Também possível avaliar a eficiência/hora, dividindo a produtividade dia por hora trabalhada, em que para este caso, são consideradas, em média 8 horas trabalhadas por dia por cada trabalhador. Para isso é utilizada a equação:

$$Produtividade\ Horária\left(\frac{kg}{h}\right) = \frac{Eficiência\ média\ diária\left(\frac{Kg}{dia}\right)}{Horas\ trabalhadas\ dia} \quad (4.3.3)$$

4.4 Avaliação da Eficiência da Triagem do Resíduos

A quantidade de rejeitos enviados ao aterro sanitário é um indicador direto da eficiência da triagem na UTR. Uma redução no percentual de rejeitos representa um aumento na recuperação de materiais recicláveis.

A coleta de dados incluiu registros mensais da massa total de resíduos recebidos e da massa de materiais recicláveis triados e comercializados. A diferença entre esses valores foi usada para calcular a quantidade de rejeitos. Os dados foram fornecidos pela gestão da UTR para todo o período analisado.

A eficiência de triagem foi calculada com a equação:

$$Eficiência\ antes\ (\%) = \frac{\Sigma triados\ antes}{\Sigma recebidos\ antes} \times 100 \quad (4.4.1)$$

$$Eficiência\ depois\ (\%) = \frac{triados\ depois}{coleta\ depois} \times 100 \quad (4.4.2)$$

Após inserir os dados nas equações de Eficiência antes e depois, foram analisadas as porcentagens. Também foi avaliada a média das eficiências, dada pelas equações.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (4.4.3)$$

x_i = Resultado Individual Encontrado na Amostra

n = Quantidade de Amostra

E para variação percentual a equação:

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(\text{Eficiência média depois} - \text{Eficiência média antes})}{\text{Eficiência média antes}} \times 100 \quad (4.4.4)$$

Os dados foram analisados comparativamente entre os períodos antes e após a mecanização e representados graficamente para melhor compreensão.

4.5 Avaliação da Percepção Dos Trabalhadores da Unidade Sobre O Bem-Estar No Trabalho

Avaliar o bem-estar dos trabalhadores permite entender os impactos das mudanças estruturais e operacionais no ambiente de trabalho.

4.5.1 Questionário

Foi realizada a aplicação de um questionário semiestruturado contendo perguntas fechadas, com respostas binárias (0 para "não" e 1 para "sim"). Em que a utilização desses pesos, 0 ou 1, foram somados ao final da aplicação do questionário e verificado qual período obteve maior pontuação.

As perguntas abordaram aspectos como esforço físico, organização do espaço e satisfação geral. As entrevistas foram realizadas avaliando o período antes e após a mecanização, envolvendo os trabalhadores da unidade, que participaram de todo o processo, antes, durante a pós a implantação dos equipamentos. O roteiro do questionário está apresentado na Tabela 4.5.1.

Para a aplicação do questionário foram considerados os trabalhadores que estiveram envolvidos com as etapas antes, durante e após a mecanização, sendo, na oportunidade 3 trabalhadores.

Os trabalhadores foram informados de que todas as respostas seriam mantidas em anonimato e que não houve vínculo direto com nenhuma empresa envolvida nos processos de coleta ou fiscalização, sendo os dados exclusivamente para fins acadêmicos, para que se sentissem à vontade para responder sinceramente.

Tabela 4.5.1 – Perguntas sobre a percepção dos trabalhadores UTR Estudada antes e após a implantação dos equipamentos

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES SOBRE A TRIAGEM
VOLUME DE MATERIAL TRIADO
1. Antes da implantação dos equipamentos, o volume de material triado era suficiente para atender às demandas diárias, relacionado ao material recebido?
(1) Sim, mas com bastante esforço.
(0) Não, frequentemente ficávamos abaixo do necessário.
2. Com os novos equipamentos, o volume de material triado agora atende melhor às demandas diárias?
(1) Sim, e de forma mais tranquila do que antes.
(0) Não, ainda enfrentamos dificuldades para atingir as metas.
EFICIÊNCIA DA SEPARAÇÃO DOS MATERIAIS
3. Na triagem manual, você sentia que conseguia separar os materiais recicláveis de forma eficaz?
(1) Sim, mas era um processo demorado.
(0) Não, a separação era limitada e gerava retrabalho.
4. Após a implantação dos equipamentos, você percebe que a separação dos materiais ficou mais rápida e eficiente?
(1) Sim, agora o processo é mais ágil e preciso.
(0) Não, ainda encontramos limitações semelhantes às anteriores.
ESFORÇO FÍSICO NA TRIAGEM
5. O esforço físico exigido para realizar a triagem manual era adequado para você?
(1) Sim, embora fosse desgastante.

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES
SOBRE A TRIAGEM

(0) Não, era muito intenso e cansativo.

6. Após a implantação dos equipamentos, o esforço físico necessário diminuiu?

(1) Sim, ficou menos cansativo.

(0) Não, continua tão intenso quanto antes.

ORGANIZAÇÃO E ESPAÇO DE TRABALHO

7. Antes da implantação dos equipamentos, o espaço de trabalho era suficiente para realizar a triagem de forma organizada?

(1) Sim, acredito que a organização atendia às necessidades.

(0) Não, o espaço era insuficiente e desorganizado.

8. Com os novos equipamentos, o espaço de trabalho está mais organizado e funcional?

(1) Sim, agora conseguimos trabalhar com mais eficiência.

(0) Não, ainda há problemas de espaço e organização.

COMUNICAÇÃO E COORDENAÇÃO DA EQUIPE

9. Antes, a comunicação entre os membros da equipe era eficaz para resolver problemas durante a triagem?

(1) Sim, conseguimos nos coordenar razoavelmente bem.

(0) Não, muitas vezes a comunicação era um obstáculo.

10. Após a implantação dos equipamentos, a comunicação e coordenação da equipe melhoraram?

(1) Sim, agora conseguimos nos organizar melhor.

(0) Não, a comunicação ainda é um desafio.

ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS TRIADOS

11. Antes, os materiais triados eram armazenados de maneira eficiente?

(1) Sim, mas com limitações no espaço e organização.

(0) Não, frequentemente enfrentávamos dificuldades no armazenamento.

12. Com os novos equipamentos, o armazenamento dos materiais triados ficou mais eficiente?

(1) Sim, agora está mais organizado e prático.

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES
SOBRE A TRIAGEM

(0) Não, os problemas de armazenamento persistem.

NECESSIDADE DE EQUIPAMENTOS ADICIONAIS

13. Antes da implantação dos equipamentos, você sentia a necessidade de algum recurso ou equipamento para ajudar no processo de triagem?

(1) Sim, o processo era cansativo e desgastante.

(0) Não, a triagem manual era suficiente.

14. Mesmo com os novos equipamentos, você sente que ainda são necessários outros recursos para melhorar o processo?

(1) Sim, sinto que ainda faltam equipamentos.

(0) Não, os equipamentos atuais são suficientes.

VALORIZAÇÃO DOS MATERIAIS TRIADOS

15. Antes, você percebia dificuldades em vender os resíduos recicláveis triados?

(1) Sim, era mais difícil encontrar compradores ou o material era pouco valorizado.

(0) Não, tínhamos facilidade na comercialização.

16. Após a implantação dos equipamentos, você sente que os resíduos recicláveis estão mais valorizados e fáceis de vender?

(1) Sim, os materiais são mais bem aceitos agora.

(0) Não, as dificuldades continuam.

RECONHECIMENTO E VALORIZAÇÃO DO TRABALHO

17. Antes, você achava que o trabalho de triagem manual era menos valorizado ou malvisto por pessoas de fora?

(1) Sim, eu sentia que meu trabalho não era reconhecido.

(0) Não, sempre senti que meu trabalho era importante.

18. Após a implantação dos equipamentos, você sente que o trabalho está mais valorizado ou bem-visto?

(1) Sim, sinto que agora há mais reconhecimento.

(0) Não, não percebo diferença em como o trabalho é visto.

SATISFAÇÃO GERAL COM A TRIAGEM

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES
SOBRE A TRIAGEM

19. Antes, você se sentia satisfeito com o processo de triagem manual?

(1) Sim, mas sempre achei que poderia ser melhor.

(0) Não, o processo era muito desgastante.

20. Agora, com os equipamentos, você se sente mais satisfeito com o processo de triagem?

(1) Sim, percebo melhorias significativas.

(0) Não, ainda acho que há muito a ser melhorado.

Fonte: Autora (2024)

Cada resposta recebeu uma pontuação: 1 para respostas positivas (ex: "sim, houve melhora") e 0 para respostas negativas (ex: "não, não houve melhora"). A soma dessas pontuações para cada trabalhador, em cada período (antes e depois da implementação das máquinas), gerou um dado quantitativo. Esses dados quantitativos, representando a percepção dos trabalhadores em cada período.

O objetivo é visualizar e comparar as percepções dos trabalhadores antes e após a mecanização, permitindo identificar qual período foi percebido como mais positivo em relação ao bem-estar no trabalho. Em outras palavras, as pontuações 0 e 1 servem para transformar respostas qualitativas em dados numéricos que podem ser comparados quantitativamente, mostrando a evolução da percepção dos trabalhadores.

Para a aplicação deste questionário apesar das respostas fechadas, os trabalhadores que participaram da dinâmica não se limitaram às respostas fechadas, que foram preenchidas pela autora. Desta forma os participantes, puderam responder abertamente as perguntas e foram balizadas pela autora entre melhoria ou piora, de acordo com a resposta positiva ou negativa dada por eles.

4.5.2 Entrevista

Após a aplicação dos questionários, foram conduzidas entrevistas com os trabalhadores da UTR Estudada. O objetivo dessas entrevistas, realizadas em formato livre, foi coletar

sugestões de melhorias para a unidade, permitindo a identificação de pontos críticos sob a perspectiva daqueles que atuam diretamente no local. As discussões abrangeram aspectos considerados úteis, áreas com potencial de aprimoramento e eventuais lacunas.

A entrevista foi realizada o mesmo grupo de três pessoas, que teriam a capacidade de entender quais foram as melhorias efetivas e quais os pontos de melhoria futura. A discussão ocorreu para garantir que todos os participantes tivessem o mesmo peso em suas respostas, evitando que uma voz se sobressaísse às outras. Embora as entrevistas formais tenham ocorrido após a aplicação dos questionários, o contato com os trabalhadores foi mantido continuamente durante todo o processo de implantação. A autora realizou visitas técnicas durante todo o período de análise e estudo. Essa interação constante possibilitou um acompanhamento mais próximo da realidade da UTR Estudada e a construção de um diálogo contínuo com a equipe de forma sincera.

4.6 Recomendações e Melhorias

As recomendações foram desenvolvidas com base nos resultados das análises oriundas do contato com os trabalhadores, descritas nos itens 4.5.1 e 4.5.2, visando aprimorar a eficiência operacional e o bem-estar dos trabalhadores. As observações diretas foram realizadas pelos entrevistados, que tiveram liberdade para sugerir quaisquer recomendações relacionadas aos equipamentos de triagem e ao ambiente de trabalho, e pela autora, com base nas visitas técnicas realizadas durante todo o processo, antes e depois da mecanização.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Coleta de Dados

5.1.1 Empresa Coletora

A empresa responsável pelo recolhimento de resíduos na cidade em que se situa a UTR Estudada, forneceu os dados de coleta dos resíduos da coleta seletiva, no período de abril/2023 a abril/2024, conforme apresentado na Tabela 5.1.1, são compreendidos também como os resíduos recebidos pela UTR Estudada.

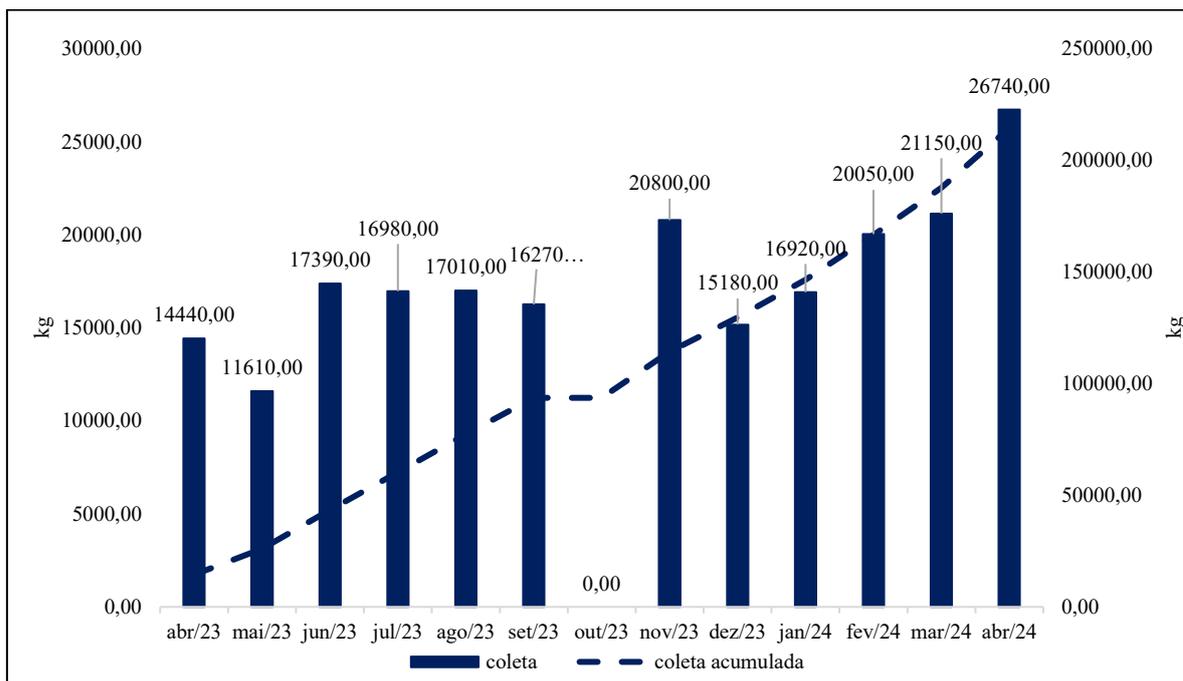
Graficamente, é possível observar que, após o período de implantação dos equipamentos na UTR Estudada, houve um aumento na quantidade de resíduos coletados por meio da coleta seletiva conforme Figura 5.1.1.

Tabela 5.1.1 – Resíduos recicláveis recebidos de abril/2023 a abril/2024

Antes dos equipamentos			Depois dos equipamentos		
Mês	Coletado (kg)	Coletado Acum. (AE) (kg)	Mês	Coletado (kg)	Coletado Acum. (DE) (kg)
abr/23	14440	14440	nov/23	20800	20800,00
mai/23	11610	26050	dez/23	15180	35980,00
jun/23	17390	43440	jan/24	16920	52900,00
jul/23	16980	60420	fev/24	20050	72950,00
ago/23	17010	77430	mar/24	21150	94100,00
set/23	16270	93700	abr/24	26740	120840,00
Total (AE)	93700	-	Total (DE)	120840	-

Fonte: Adaptado de Empresa de limpeza urbana da cidade da UTR Estudada (2023)

Figura 5.1.1 – Análise gráfica da quantidade de resíduos recicláveis recebidos



Fonte: Autora (2024)

5.1.2 Dados de triagem – UTR Estudada

A UTR Estudada forneceu os dados de triagem, que são aqueles resíduos que passaram pela inspeção visual, foram selecionados e considerados materiais para venda, no período de abril/2023 a abril/2024, conforme apresentado na Tabela 5.1.2

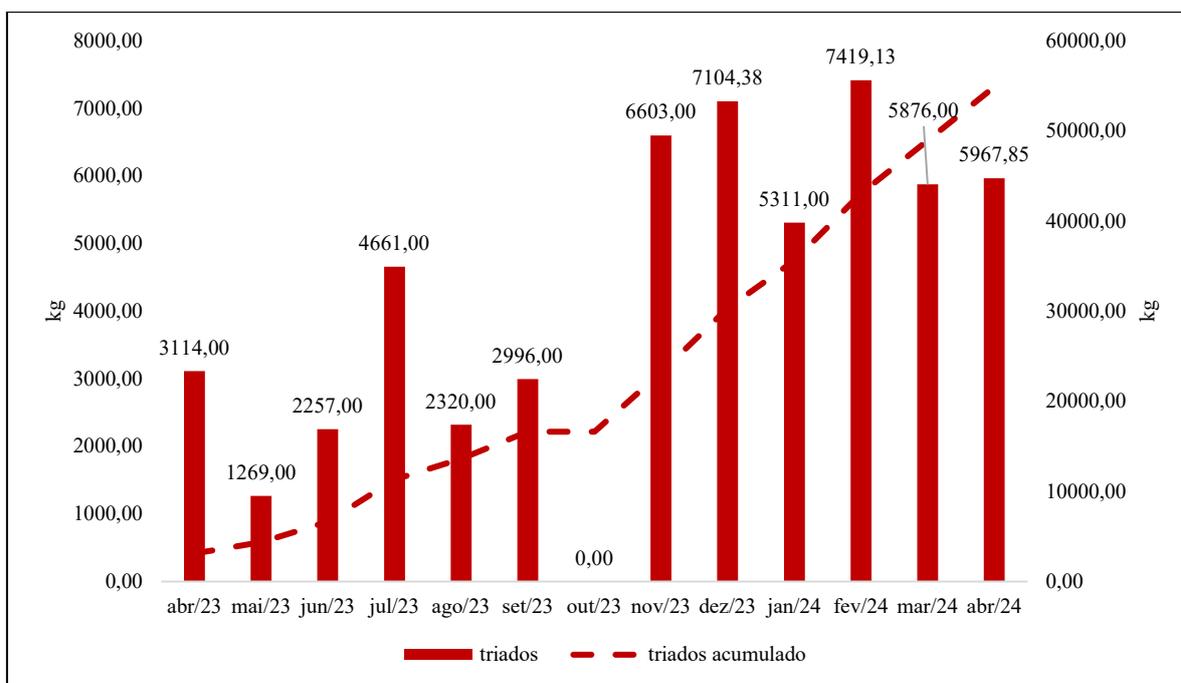
Tabela 5.1.2 – Massa de resíduos triados de abril/2023 a abril/2024

Antes dos equipamentos (AE)			Depois dos equipamentos (DE)		
Mês	Triado (kg)	Triados Acumulado (AE) (kg)	Mês	Triado (kg)	Triado Acumulado (DE) (kg)
abr/23	3114,00	3114,00	nov/23	6603,00	6603,00
mai/23	1269,00	4383,00	dez/23	7104,38	13707,38
jun/23	2257,00	6640,00	jan/24	5311,00	19018,38
jul/23	4661,00	11301,00	fev/24	7419,13	26437,51
ago/23	2320,00	13621,00	mar/24	5876,00	32313,51
set/23	2996,00	16617,00	abr/24	5967,85	38281,36
Total (AE)	16617,00	-	Total (AE)	38281,36	-

Fonte: UTR Estudada (2024)

Graficamente, é possível observar que após o período de implantação dos equipamentos na UTE Estudada, houve um aumento na quantidade de resíduos oriundos da coleta seletiva triados, apresentada na Figura 5.1.2.

Figura 5.1.2 – Análise gráfica da quantidade de resíduos triados abril/2023 a abril/2024



Fonte: Autora (2024)

5.1.3 Dados de rejeito

Para quantificar o rejeito, foi necessário encontrar a diferença entre os resíduos coletados e os triados, dessa forma entende-se que o que não foi apto para comercialização, foi considerado rejeito e deve ser encaminhado para destinação ambientalmente correta.

Dessa forma, a equação (4.2.7) foi utilizada para quantificar o rejeito foi:

$$\text{Quantidade de Rejeito} = \text{Quantidade de resíduos recebidos} - \text{Quantidade de resíduos triados}$$

Realizando os cálculos mensalmente, obteve-se a quantidade de rejeito no período de abril/2023 a abril/2024, conforme apresentado na Tabela 5.5.3.

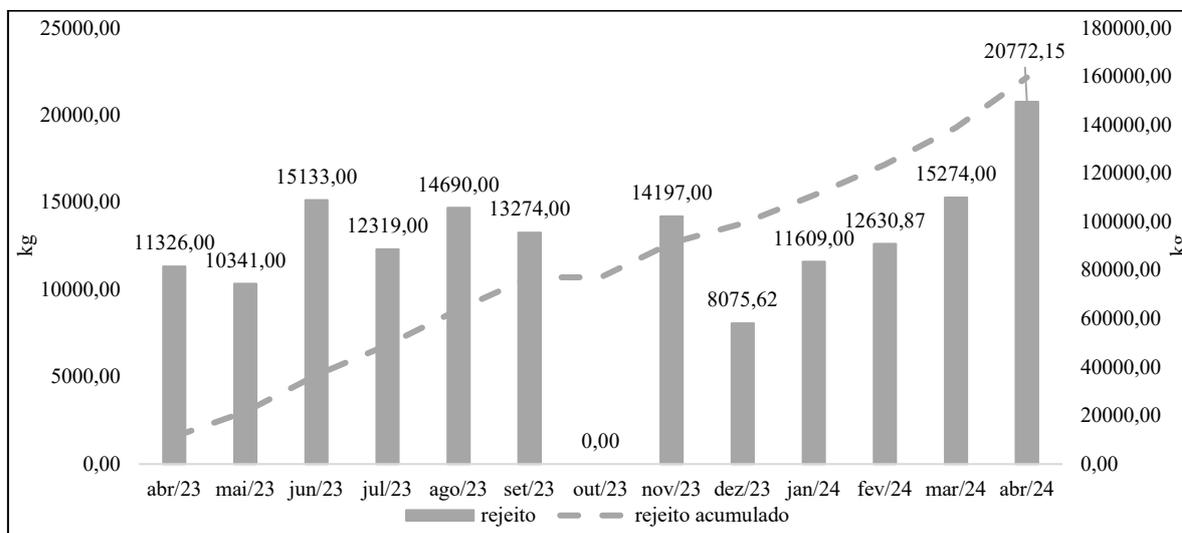
Tabela 5.1.3 – Quantidade de rejeitos abril/203 a abril/2024

Antes dos equipamentos (AE)			Depois dos equipamentos (DE)		
Mês	Rejeito (kg)	Rejeito Acumulado (AE) (kg)	Mês	Rejeito (kg)	Rejeito Acumulado (DE) (kg)
abr/23	11326,00	11326,00	nov/23	14197,00	14197,00
mai/23	10341,00	21667,00	dez/23	8075,62	22272,62
jun/23	15133,00	36800,00	jan/24	11609,00	33881,62
jul/23	12319,00	49119,00	fev/24	12630,87	46512,49
ago/23	14690,00	63809,00	mar/24	15274,00	61786,49
set/23	13274,00	77083,00	abr/24	20772,15	82558,64
Total (AE)	77083,00	-	Total (AE)	82558,64	-

Fonte: Autora (2024)

Graficamente, é possível observar que após o período de implantação dos equipamentos na UTE Estudada, houve um aumento na quantidade de rejeitos, representado na Figura 5.1.3.

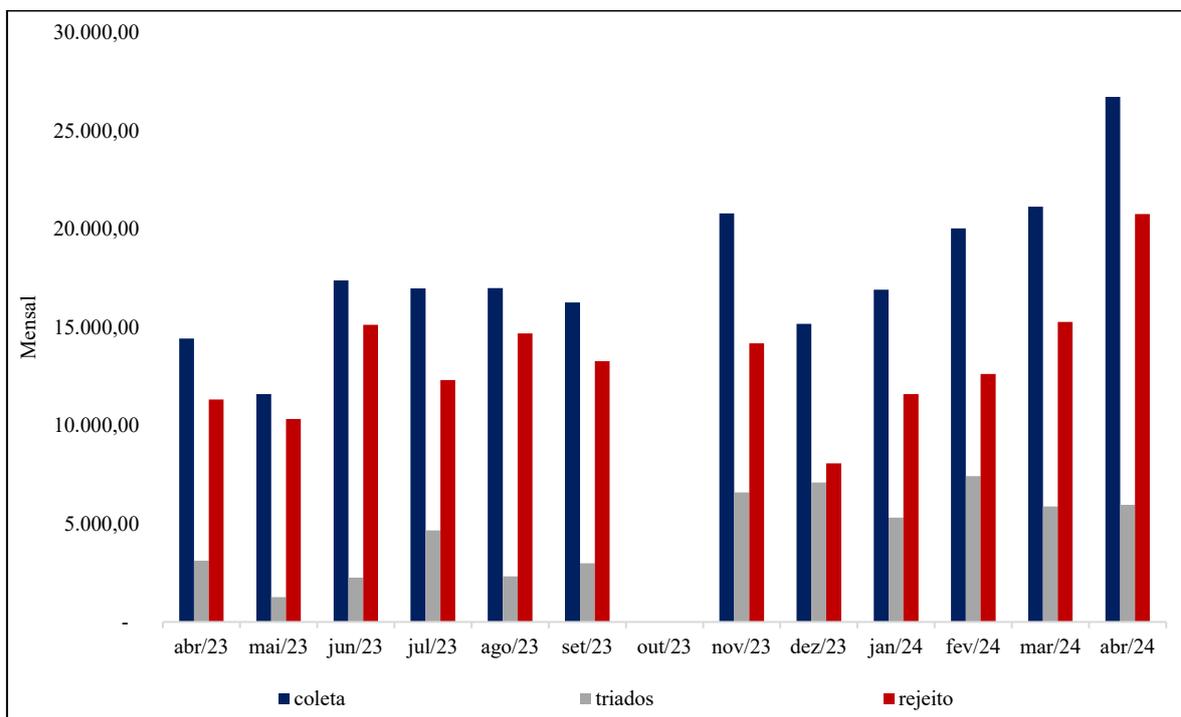
Figura 5.1.3 – Análise gráfica da quantidade de resíduos triados abril/2023 a abril/2024



Fonte: Autora (2024)

Analisando as informações compiladas, resíduos recebidos, triados e rejeitos, têm-se o gráfico apresentado na Figura 5.1.4

Figura 5.1.4 – Análise gráfica das quantidades (coleta, triados, rejeitos) abril/2023 a abril/2024



Fonte: Autora (2024)

5.2 Análise dos Dados de Pesagem dos Resíduos

5.2.1 Coleta de Resíduos

A coleta é o ponto de partida do processo de triagem e reflete a quantidade total de resíduos recebidos na unidade. Os dados demonstraram as seguintes quantidades acumuladas:

Resíduos recebidos da coleta seletiva antes da implantação (até setembro de 2023): 93.700 kg

Resíduos recebidos da coleta seletiva depois da implantação (a partir de novembro de 2023): 120.840 kg

Para calcular a variação percentual na coleta: Aumento dos recebidos (%), utilizou-se a equação (4.2.1):

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(\text{Recebidos depois} - \text{Recebidos antes})}{\text{coleta antes}} \times 100$$

Substituindo os valores obtêm-se:

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(120.840 - 93.700)}{93.700} \times 100$$

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{27.140}{93.700} \times 100 = 28,96\%$$

$$\text{Variação absoluta} = \text{recebidos depois} - \text{recebidos antes}$$

$$\text{Variação absoluta} = 120.840 - 93.700 = 27.140 \text{ kg}$$

Dessa forma, conclui-se que houve um aumento absoluto de 27.140 kg, representando um crescimento de 28,96% na recepção resíduos recicláveis após a instalação dos equipamentos.

O aumento da quantidade de resíduos recebidos pela UTR Estudada, pode ser entendido como consequência da melhoria espacial, da redução do espaço ocupado por resíduos após a triagem. Antes das instalações dos equipamentos, os resíduos triados ocupavam parte do espaço destinado à recepção de novos resíduos, após a mecanização, a prensagem dos materiais triados permitiram a recepção de uma quantidade maior de resíduos. Na Figura 5.2.1 são apresentados fardos na UTR Estudada após a prensagem.

Figura 5.2.1 – Fardos de resíduos recicláveis após a mecanização



Fonte: Autora (2024)

5.2.2 *Triagem de Resíduos*

A triagem refere-se à separação dos materiais recicláveis do total coletado. Este indicador é para avaliar a eficiência do processo. Para calcular a eficiência, é necessário dividir toda a massa de resíduos triados antes da implantação por toda massa de resíduos coletados antes da implantação.

Representando a massa triada antes da implantação: 16.617 kg, e massa coletada/recebida antes da implantação: 93.700 kg, respectivamente.

Aplicando a equação (4.4.1):

$$Eficiência\ antes\ (\%) = \frac{\sum triados\ antes}{\sum recebida\ antes} \times 100$$

$$Eficiência\ antes\ (\%) = \frac{16.617}{93.700} \times 100 = 17,73\%$$

Isto é, de todo resíduo reciclável coletado encaminhado para a UTR Estudada, 17,73% foi triado.

O mesmo deve ser feito para o período após a instalação dos equipamentos. Avaliando a massa de resíduos totais recebidas após a implantação dos equipamentos, massa triada depois da implantação: 38.281 kg e massa coletada depois da implantação: 120.840 kg.

Aplicando a equação (4.4.2)

$$Eficiência\ depois\ (\%) = \frac{\sum triados\ depois}{\sum recebidos\ depois} \times 100$$

$$Eficiência\ depois\ (\%) = \frac{38.281}{120.840} \times 100 = 31,68\%$$

Assim é possível calcular a variação percentual de resíduos triados antes e depois da instalação de equipamentos, de acordo com a equação (4.2.3).

$$Variação\ percentual\ (\%) = \frac{(\sum Triados\ depois - \sum Triados\ antes)}{\sum Triados\ antes} \times 100$$

Substituindo os valores:

$$Variação\ percentual\ (\%) = \frac{(38.821 - 16.617)}{16617} \times 100$$

$$Variação\ percentual\ (\%) = \frac{21.664}{16617} \times 100 = 130,34\%$$

E para variação absoluta conforme equação (4.2.4).

$$Variação\ absoluta = \sum triado\ depois - \sum triado\ antes$$

$$Variação\ absoluta = 38.281 - 16.617 = 21.664\ kg$$

Após a implantação de equipamentos de triagem, como esteiras e prensas, a UTR Estudada apresentou um aumento na eficiência operacional, resultando em um incremento de 21.664 kg na quantidade de resíduos recicláveis triados, o que representa um aumento percentual de 130,34% relacionado ao período antes da implantação.

Esse resultado reflete a superação de problemas técnicos e operacionais previamente identificados, incluindo a ineficiência na gestão espacial, decorrente da ausência de prensagem, que comprometia a ocupação volumétrica dos resíduos; o baixo valor agregado dos materiais triados, causado pela falta de segregação detalhada e prensagem, o que dificultava a comercialização.

Além disso, a capacidade de recepção de resíduos, antes limitada, foi ampliada, otimizando a escala de operação da unidade.

5.2.3 Rejeitos Gerados

Os rejeitos representam os materiais que não puderam ser reciclados e foram destinados ao aterro sanitário. A redução percentual dos rejeitos indica maior eficiência no aproveitamento dos resíduos. Quando avaliados em relação à quantidade têm-se:

Antes da implantação: 77.083 kg de rejeito.

Aplicando os valores à equação (4.2.8):

$$\text{Percentual de rejeito antes (\%)} = \frac{\sum \text{Rejeito antes}}{\sum \text{Recebidos antes}} \times 100$$

$$\text{Percentual de rejeito antes (\%)} = \frac{77.083}{93.700} \times 100 = 82,27\%$$

Ou seja, de todo resíduo reciclável coletado 82,27% foi considerado rejeito antes da instalação dos equipamentos.

Depois da implantação: 82.558 kg de rejeito.

Aplicando os valores encontrados, na equação (4.4.9)

$$\text{Percentual de rejeito depois (\%)} = \frac{\sum \text{Rejeito depois}}{\sum \text{Recebidos depois}} \times 100$$

$$\text{Percentual de rejeito antes (\%)} = \frac{82.558}{120.840} \times 100 = 68,32\%$$

Após a instalação dos equipamentos, 68,32% todo resíduo reciclável coletado, foi considerado rejeito.

O percentual de rejeitos em relação ao total coletado reduziu 13,95 pontos percentuais, evidenciando uma melhoria no processo de separação. Essa informação é obtida pela equação (4.2.10):

$$\text{Variação percentual} = \% \text{ de rejeito antes} - \% \text{ de rejeito depois}$$

$$\text{Variação percentual} = 82,27\% - 68,32\% = 13,95\%$$

Segundo LIMA (et al., 2016), a quantidade média de rejeitos da cooperativa estudada no Campo Grande-MS do estudo em questão é de 44,06%. Ainda segundo a ABREMA (2024) a taxa média nas cooperativas é que, 47,8% são descartados como rejeito. Dessa forma, apesar da mecanização, a quantidade de rejeitos que restam no final da triagem é superior ao esperado pela literatura.

5.2.4 Eficiência no Tempo Gasto para Triagem

Para avaliar a eficiência temporal do processo de triagem, foi calculada a relação entre resíduos triados e coletados.

Dessa forma, a equação (4.3.1) para calcular a eficiência mensal é:

$$\text{Eficiência diária} \left(\frac{kg}{dia} \right) = \frac{\text{resíduos triados no mês (kg)}}{22 \text{ (dias trabalhados)}}$$

A Tabela 5.2.1 apresenta a aplicação dessa equação mês a mês do período analisado.

Tabela 5.2.1 – Análise da Quantidade de Resíduos Triados Por Dia

Mês	Resíduos Triados (kg)	Eficiência Diária (kg/dia)	Período
abr/23	3.114	141,55	Antes
mai/23	1.269	57,68	Antes
jun/23	2.257	102,59	Antes
jul/23	4.661	211,86	Antes
ago/23	2.320	105,45	Antes
set/23	2.996	136,18	Antes
out/23	-	-	-
nov/23	6.603	300,14	Depois
dez/23	7.104,38	323,83	Depois
jan/24	5.311	241,41	Depois
fev/24	7.419,13	337,23	Depois
mar/24	5.876	267,09	Depois
abr/24	5.967,85	271,26	Depois

Fonte: Autora (2024)

Fundamentado nesses valores, deve-se calcular a eficiência média de triagem antes e depois da implantação dos equipamentos. A equação (4.4.3) para média da eficiência é dada pela equação (4.4.3) e :

$$Eficiência\ média\ antes = \frac{(141,55 + 57,68 + 102,59 + 211,86 + 105,45 + 136,18)}{6\ (mêses\ antes\ da\ implantação)}$$

$$Eficiência\ média\ antes = \frac{755,21}{6} = 125,86\ kg/dia$$

$$Eficiência\ média\ depois = \frac{(300,14 + 323,83 + 241,41 + 337,23 + 267,09 + 271,26)}{6\ (mêses\ depois\ da\ implantação)}$$

$$Eficiência\ média\ depois = \frac{1740,96}{6} = 290,16\ kg/dia$$

Assim, é possível avaliar também o aumento percentual, para averiguar se os equipamentos ajudaram ou não na eficiência de triagem, pela equação (4.4.4).

Variação percentual (%)

$$= \frac{(Eficiência\ média\ depois - Eficiência\ média\ antes)}{Eficiência\ média\ antes} \times 100$$

$$Variação\ percentual\ (%) = \frac{290,16 - 125,86}{125,86} \times 100 = 130,54\%$$

Não houve variação na quantidade de trabalhadores na UTR Estudada, assim considerando que 9 pessoas estiveram trabalhando durante todo o período de estudo, utiliza-se a equação (4.3.2), para verificar se os trabalhadores conseguem triar os resíduos conforme esperado pelo Ministério das Cidades.

$$Produtividade\ dia\ antes\ \left(\frac{kg}{dia/pessoa}\right) = \frac{Eficiência\ diária\ antes}{número\ de\ trabalhadores}$$

$$Produtividade\ dia\ antes\ \left(\frac{kg}{\frac{dia}{pessoa}}\right) = \frac{125,86}{9}$$

$$Produtividade\ dia\ antes\ \left(\frac{kg}{\frac{dia}{pessoa}}\right) = \frac{13,98\ kg}{pessoa} / dia$$

$$Produtividade\ dia\ depois\ \left(\frac{kg}{dia/pessoa}\right) = \frac{Eficiência\ diária\ depois}{número\ de\ trabalhadores}$$

$$Produtividade\ dia\ depois\ \left(\frac{kg}{\frac{dia}{pessoa}}\right) = \frac{290,16}{9}$$

$$Produtividade\ dia\ depois\ \left(\frac{kg}{\frac{dia}{pessoa}}\right) = \frac{32,24\ kg}{pessoa} / dia$$

Nota-se que a eficiência por pessoa dia, cresceu 18,26 kg/dia, contudo segue abaixo do esperado pelo Ministério das Cidades (200 kg/pessoa/dia) e do estudo realizado por Lima (2016), sendo 119 kg/pessoa/dia.

Para avaliar a eficiência horária, considera-se que a jornada de trabalho é de 8 horas por dia. Assim, pode-se calcular a quantidade de resíduos triados por hora antes e depois da implantação dos equipamentos, conforme equação (4.3.3).

$$\textit{Produtividade Horária} \left(\frac{kg}{h} \right) = \frac{\textit{Eficiência média diária} \left(\frac{Kg}{dia} \right)}{\textit{Horas trabalhadas dia}}$$

Antes da utilização de equipamentos:

$$\textit{Produtividade Horária} \left(\frac{kg}{h} \right) \textit{ antes} = \frac{125,86 \textit{ kg/dia}}{8 \textit{ horas trabalhadas dia}}$$

$$\textit{Produtividade Horária} \left(\frac{kg}{h} \right) \textit{ antes} = 15,73 \textit{ kg/hora}$$

Depois da utilização de equipamentos:

$$\textit{Produtividade Horária} \left(\frac{kg}{h} \right) \textit{ depois} = \frac{290,16 \textit{ kg/dia}}{8 \textit{ horas trabalhadas dia}}$$

$$\textit{Produtividade Horária} \left(\frac{kg}{h} \right) \textit{ depois} = 36,27 \textit{ kg/hora}$$

Dessa forma é possível avaliar o percentual de aumento da eficiência de triagem por hora antes e depois da utilização de equipamentos na UTR Estudada.

Variação percentual (%)

$$= \frac{(\textit{Eficiência horária depois} - \textit{Eficiência horária antes})}{\textit{Eficiência horária antes}} \times 100$$

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{36,27 - 15,73}{15,73} \times 100 = 130,58\%$$

Com a implementação dos equipamentos, a capacidade de triagem de resíduos aumentou consideravelmente, sendo a alteração de 15,73 kg por hora para 36,27 kg por hora, representando um aumento de 130,58%. Esse resultado demonstra um impacto significativo na produtividade, otimizando o processo de triagem e permitindo que sejam triadas uma quantidade maior de material em menos tempo.

5.3 Análise dos Dados Por Tipo de Material Triado

5.3.1 Materiais Detalhados

5.3.1.1 Papel/Papelão

O papel/papelão, frequentemente presente em resíduos urbanos, é um dos materiais mais reciclados.

Antes da implantação (2023): 14.013 kg

Depois da implantação (2024): 22.613 kg

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(22.613 - 14.013)}{14.013} \times 100$$

$$\text{Variação percentual (\%)} = 61,37\%$$

$$\text{Variação absoluto} = 22.613 - 14.013 = 8.600 \text{ kg}$$

5.3.1.2 Plásticos (Geral)

Plásticos representam uma categoria variada, incluindo flexíveis e isopor.

Antes da implantação: 2.080 kg

Depois da implantação: 9.885 kg

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(9.885 - 2.080)}{2.080} \times 100$$

$$\text{Variação percentual (\%)} = 375,25\%$$

$$\text{Variação absoluta} = 9.885 - 2.080 = 7.805 \text{ kg}$$

5.3.1.3 Plásticos PS

O plástico PS, ou poliestireno, é um termoplástico transparente, sólido e brilhante, que tem aplicações como embalagens, lacres, brinquedos, copos descartáveis e outros.

Antes da implantação: 0 kg

Depois da implantação: 561 kg

O aumento % para o Plástico PS não pode ser quantificado porque o valor antes da implantação dos equipamentos foi zero, e assim impede a aplicação da equação (4.2.2) . Quanto ao aumento absoluto têm-se.

$$\text{Variação absoluta} = 561 - 0 = 561\text{kg}$$

O aumento percentual para o Plástico PS não pode ser quantificado efetivamente, pois antes da implantação dos equipamentos esse material não era trabalhado na unidade.

5.3.1.4 Plásticos PET

Plásticos PET possuem alta demanda no mercado de reciclagem.

Antes da implantação: 524 kg

Depois da implantação: 975 kg

$$\text{Variação percentual (\%)} = \frac{(975 - 524)}{524} \times 100$$

$$\text{Variação percentual (\%)} = 85,97\%$$

$$\text{Variação absoluto} = 975 - 524 = 451\text{kg}$$

5.3.1.5 Vidro e alumínio

A UTR Estudada optou por não incluir o vidro e o alumínio nos balanços de materiais triados devido à baixa representatividade desses itens no fluxo da UTR. Segundo relatos, a quantidade de vidro e alumínio é insuficiente para justificar a contabilização regular dentro do processo operacional. Além disso, esses materiais são considerados de maior valor agregado no mercado informal e são amplamente direcionados para catadores autônomos, que conseguem comercializá-los diretamente a preços mais vantajosos. Dificultando a chegada destes materiais na UTR Estudada.

Caso esses materiais cheguem a UTR Estudada, serão comercializados assim como os demais, contudo o volume necessário para realizar a comercialização é grande e o intervalo até atingi-lo pode ser longo.

Assim segundo os trabalhadores, são materiais que são recebidos em uma quantidade muito baixa para quantificação. Dessa forma a comercialização para esses resíduos ocorre com menos frequência, e foi desconsiderada para esse estudo, devido à ausência de dados para comparação no período antes e depois da mecanização.

5.3.2 Diversidade de Materiais

A expansão quantitativa de materiais processados resulta da maior eficiência e diversificação da triagem. A otimização do valor agregado dos materiais triados, viabilizada pela mecanização, torna economicamente atrativa a triagem de materiais anteriormente inviáveis.

A baixa representatividade de vidro e alumínio na pesquisa justifica-se por fatores específicos da UTR Estudada. A recepção e comercialização de vidro é limitada, tornando a quantidade pouco expressiva ao estudo, unido ainda que, o moinho de vidro tornou-se um equipamento obsoleto após a mecanização, devido à necessidade utilização unitária, alocação item a item no moinho de vidros. Quanto ao alumínio, a concorrência com a venda direta por catadores

e outros fatores externos resultam em baixa recepção desse material na UTR, sendo também uma quantidade de baixa representatividade no estudo.

Portanto a mecanização não influenciou positiva nem negativamente sobre esses materiais.

5.4 Análise Geral De Pesagem

Após a implantação de equipamentos como esteiras e prensas, observou-se um aumento de 28,96% na quantidade de resíduos recebidos e de 130,34% nos resíduos triados, refletindo uma melhoria na eficiência do processo. Apesar disso, o percentual de rejeitos foi reduzido em 13,95%, mas ainda representa uma parte importante do total recebido.

Entre os benefícios da mecanização, destacam-se a ampliação da capacidade de recepção e a melhoria na separação e organização dos resíduos, resultando em maior eficiência operacional e redução do espaço ocupado pelos materiais. Contudo, foram identificados pontos negativos, como a baixa eficiência do moinho de vidro e limitações no desempenho operacional em determinados períodos, como a chegada de novos colaboradores pode delongar o processo de triagem devido ao período de aprendizagem com os maquinários. Bem como a necessidade de manutenção dos equipamentos, que antes não era uma preocupação dos trabalhadores nem havia a necessidade de mão de obra especializada.

No que se refere aos materiais triados, o papel/papelão teve um aumento de 61,37%, demonstrando que, também se beneficiou da mecanização. Os plásticos, de forma geral, apresentaram um aumento expressivo de 375,25% na quantidade triada, atribuível à eficiência dos equipamentos na separação de materiais leves e flexíveis. O plástico P.S. não foi possível quantificá-lo, pois antes da implantação dos equipamentos, não era triado nem comercializado pela UTR Estudada. Já os plásticos PET apresentaram um aumento de 85,97%, sendo outro material com considerável crescimento.

A análise realizada não considerou a sazonalidade inerente à geração de resíduos, tampouco as flutuações sazonais do mercado de recicláveis. Essa lacuna metodológica pode influenciar os resultados finais, uma vez que a produção de determinados materiais está sujeita a

variações ao longo do ano, assim como o interesse na triagem de certos componentes, influenciado por seus preços de venda em períodos específicos.

5.5 Dados Da Entrevista Em Grupo

Com base no questionário estruturado aplicado a três trabalhadores, foram avaliadas as percepções antes e depois da instalação de equipamentos nas atividades de triagem. As respostas foram analisadas com pontuações binárias (1 para "sim" e 0 para "não"), somadas para identificar o período com melhor avaliação.

Os operadores ofereceram um olhar sobre os desafios e oportunidades que surgiram com a mecanização. Através de entrevistas detalhadas, foi possível identificar as principais mudanças percebidas pelos trabalhadores em relação à eficiência operacional, às condições de trabalho, à organização do espaço físico e à valorização profissional.

Os dados coletados permitiram uma análise crítica dos resultados obtidos, sendo possível identificar tanto os benefícios da mecanização quanto os desafios que ainda precisam ser superados. Assim como informado no item 4.5, as perguntas do questionário foram direcionadas aos entrevistados, contudo as respostas foram preenchidas pela entrevistadora, para que tivessem a liberdade de manifestar sobre as mudanças com a implementação da mecanização. Os resultados encontrados na entrevista são apresentados na Tabela 5.5.1.

Tabela 5.5.1 – Resposta dos Operadores da Unidade de Triagem Estudada

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES SOBRE A TRIAGEM	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3
QUANTIDADE DE MATERIAL TRIADO			
1. Antes da implantação dos equipamentos, a quantidade de material triado era suficiente para atender às demandas diárias, deixar o ambiente mais limpo em relação a quantidade de resíduos que chegavam?			
(1) Sim, mas com bastante esforço.			

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES SOBRE A TRIAGEM	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3
(0) Não, frequentemente ficávamos abaixo do necessário.	x	x	x
2. Com os novos equipamentos, a quantidade de material triado agora atende melhor às demandas diárias?			
(1) Sim, e de forma mais tranquila do que antes.	x	x	x
(0) Não, ainda enfrentamos dificuldades para atingir as metas.			
Eficiência da Separação dos Materiais			
3. Na triagem manual, você sentia que conseguia separar os materiais recicláveis de forma eficaz?			
(1) Sim, mas era um processo demorado.			
(0) Não, a separação era limitada e gerava retrabalho.	x	x	x
4. Após a implantação dos equipamentos, você percebe que a separação dos materiais ficou mais rápida e eficiente?			
(1) Sim, agora o processo é mais ágil e preciso.	x	x	x
(0) Não, ainda encontramos limitações semelhantes às anteriores.			
ESFORÇO FÍSICO NA TRIAGEM			
5. O esforço físico exigido para realizar a triagem manual era adequado para você?			
(1) Sim, embora fosse desgastante.			
(0) Não, era muito intenso e cansativo.	x	x	x
6. Após a implantação dos equipamentos, o esforço físico necessário diminuiu?			
(1) Sim, ficou menos cansativo.	x	x	x
(0) Não, continua tão intenso quanto antes.			
Organização e Espaço de Trabalho			
7. Antes da implantação dos equipamentos, o espaço de trabalho era suficiente para realizar a triagem de forma organizada?			
(1) Sim, acredito que a organização atendia às necessidades.			

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES SOBRE A TRIAGEM	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3
(0) Não, o espaço era insuficiente e desorganizado.	x	x	x
8. Com os novos equipamentos, o espaço de trabalho está mais organizado e funcional?			
(1) Sim, agora conseguimos trabalhar com mais eficiência.	x	x	x
(0) Não, ainda há problemas de espaço e organização.			
Comunicação e Coordenação da Equipe			
9. Antes, a comunicação entre os membros da equipe era eficaz para resolver problemas durante a triagem?			
(1) Sim, conseguimos nos coordenar razoavelmente bem.			
(0) Não, muitas vezes a comunicação era um obstáculo.	x	x	x
10. Após a implantação dos equipamentos, a comunicação e coordenação da equipe melhoraram?			
(1) Sim, agora conseguimos nos organizar melhor.	x	x	x
(0) Não, a comunicação ainda é um desafio.			
ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS TRIADOS			
11. Antes, os materiais triados eram armazenados de maneira eficiente?			
(1) Sim, mas com limitações no espaço e organização.			
(0) Não, frequentemente enfrentávamos dificuldades no armazenamento.	x	x	x
12. Com os novos equipamentos, o armazenamento dos materiais triados ficou mais eficiente?			
(1) Sim, agora está mais organizado e prático.	x	x	x
(0) Não, os problemas de armazenamento persistem.			
Necessidade de Equipamentos Adicionais			

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES SOBRE A TRIAGEM	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3
13. Antes da implantação dos equipamentos, você sentia a necessidade de algum recurso ou equipamento para ajudar no processo de triagem?			
(1) Sim, o processo era cansativo e desgastante.			
(0) Não, a triagem manual era suficiente.	x	x	x
14. Mesmo com os novos equipamentos, você sente que ainda são necessários outros recursos para melhorar o processo?			
(1) Sim, sinto que ainda faltam equipamentos.		x	x
(0) Não, os equipamentos atuais são suficientes.	x		
VALORIZAÇÃO DOS MATERIAIS TRIADOS			
15. Antes, você percebia dificuldades em vender os resíduos recicláveis triados?			
(1) Sim, era mais difícil encontrar compradores ou o material era pouco valorizado.			
(0) Não, tínhamos facilidade na comercialização.	x	x	x
16. Após a implantação dos equipamentos, você sente que os resíduos recicláveis estão mais valorizados e fáceis de vender?			
(1) Sim, os materiais são mais bem aceitos agora.	x	x	x
(0) Não, as dificuldades continuam.			
Reconhecimento e Valorização do Trabalho			
17. Antes, você achava que o trabalho de triagem manual era menos valorizado ou malvisto por pessoas de fora?			
(1) Sim, eu sentia que meu trabalho não era reconhecido.			
(0) Não, sempre senti que meu trabalho era importante.	x	x	x

PERGUNTAS PARA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS TRABALHADORES SOBRE A TRIAGEM	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3
18. Após a implantação dos equipamentos, você sente que o trabalho está mais valorizado ou bem-visto?			
(1) Sim, sinto que agora há mais reconhecimento.	x	x	x
(0) Não, não percebo diferença em como o trabalho é visto.			
SATISFAÇÃO GERAL COM A TRIAGEM			
19. Antes, você se sentia satisfeito com o processo de triagem manual?			
(1) Sim, mas sempre achei que poderia ser melhor.			
(0) Não, o processo era muito desgastante.	x	x	x
20. Agora, com os equipamentos, você se sente mais satisfeito com o processo de triagem?			
(1) Sim, percebo melhorias significativas.	x	x	x
(0) Não, ainda acho que há muito a ser melhorado.			

Fonte: Autora (2024)

— Antes da instalação dos equipamentos

As perguntas associadas ao período "antes" da instalação dos equipamentos são: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19. Para cada uma dessas questões, soma-se as respostas "1" (positivas) e "0" (negativas) para todos os entrevistados, conforme Tabela 5.5.2.

Tabela 5.5.2 – Perguntas Relacionadas ao Período Antes da Instalação x Peso

Pergunta	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	Total
Peso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora (2024)

— Depois da instalação dos equipamentos

As perguntas associadas ao período "depois" da instalação dos equipamentos são: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20. Soma-se novamente as respostas "1" e "0" para todos os entrevistados, conforme Tabela 5.5.3.

Tabela 5.5.3 – Perguntas Relacionadas ao Período Depois da Instalação x Peso

Pergunta	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	Total
Peso	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9

Fonte: Autora (2024)

Os resultados revelaram uma pontuação total de 0 para o período antes da instalação dos equipamentos e 9 para o período após a instalação. Essa diferença demonstra que os trabalhadores perceberam melhorias em aspectos essenciais, como a eficiência da separação dos materiais, a redução do esforço físico, a organização do espaço de trabalho, a comunicação da equipe e a valorização dos materiais triados.

Portanto, a implantação dos equipamentos resultou em avanços substanciais no processo de triagem, atendendo melhor às demandas operacionais e melhorando a satisfação geral dos trabalhadores.

5.6 Análise Geral Entrevista Em Grupo

A implementação de equipamentos automatizados na triagem de resíduos sólidos resultou em transformações nas rotinas e percepções dos trabalhadores. Conforme relatado por eles, antes da mecanização, a triagem manual era caracterizada por grande exigência física, repetitividade, baixa produtividade e organização precária do espaço de trabalho.

A mecanização trouxe aumento na capacidade de triagem, redução do esforço físico e otimização do espaço, impactando positivamente a percepção dos trabalhadores sobre o reconhecimento do seu trabalho.

Contudo, a adaptação às novas tecnologias e a complexidade de alguns processos exigiram um período de ajuste e, crucialmente, treinamento, que se mostrou ausente. A alta rotatividade da equipe durante a implantação prejudicou a assimilação do conhecimento técnico.

Segundo eles especificamente, o moinho de vidro demonstrou baixa efetividade, demandando inserção manual dos materiais e resultando em um processo lento e ineficiente.

A prensa, embora hidráulica, não é automatizada, exigindo esforço físico. A ausência de uma talha para elevação dos fardos para o caminhão basculante, função não executada pela empilhadeira, também foi identificada como uma lacuna.

A necessidade de aprimorar a separação de materiais específicos, como o vidro, também foi apontada como um ponto a ser melhorado. A alteração do *layout* da UTR para otimizar o fluxo de trabalho pode ser desafiadora devido a estrutura existente.

Apesar de descrito por Lenz e Silveira (2016) que a manutenção dos equipamentos pode ser um entrave operacional nas unidades, durante os meses de análise desta pesquisa, não houve necessidade de manutenção nas máquinas, de forma a gerar transtornos aos trabalhadores ou que impactassem as atividades de triagem, talvez devido ao período relativamente curto de observação e ao fato de os equipamentos instalados serem novos.

Os trabalhadores da UTR indicaram também que, caso a qualidade da coleta seletiva fosse melhor, a eficiência da usina seria maior e a qualidade dos materiais triados e comercializados seria superior, destacando a importância de aprimorar a etapa inicial da gestão de resíduos para maximizar os benefícios da mecanização.

5.7 Propostas de Melhorias

As recomendações de melhoria, derivadas da análise da implantação de equipamentos na triagem de resíduos, visam mitigar os desafios identificados e otimizar o processo. Propõe-se a implementação de um programa de treinamento contínuo e documentado para os colaboradores, abrangendo a identificação, segregação e processamento de cada tipo de resíduo. A criação de manuais, Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e treinamentos práticos pode mitigar os efeitos da rotatividade da equipe na assimilação do conhecimento técnico.

Em relação ao processamento de vidro, sugere-se avaliar a substituição do moinho por um equipamento mais eficiente, capaz de realizar a moagem uniforme e automatizada. Caso a substituição não seja viável no momento, busca-se otimizar o processo atual com a implementação de um sistema de alimentação automática, mesmo que parcial, para reduzir a necessidade de inserção manual de cada item.

Para a prensa hidráulica, recomenda-se considerar a automação, visando reduzir o esforço físico dos trabalhadores e aumentar a produtividade. A automação pode incluir recursos como o acionamento automático do ciclo de prensagem e a ejeção automática dos fardos.

A aquisição de uma talha com capacidade adequada para a elevação dos fardos até o caminhão basculante também é recomendada. A talha proporcionará maior segurança e ergonomia aos trabalhadores, além de otimizar o tempo de carregamento, suprimindo a lacuna deixada pela inadequação da empilhadeira para essa função.

Avaliação ergonômica completa do ambiente de trabalho, considerando todos os processos e equipamentos utilizados, buscando identificar e mitigar potenciais riscos à saúde dos trabalhadores. Esta avaliação deve considerar as limitações estruturais da UTR para eventuais alterações de *layout*.

Em face do exposto, recomenda-se a instituição de campanhas de educação ambiental no município onde se localiza a unidade, com o fito de promover a efetividade do descarte de resíduos e a conseqüente diminuição da quantidade de rejeitos nos sistemas de coleta seletiva e pontos de entrega voluntária.

6 CONCLUSÃO

A mecanização da Unidade de Triagem de Resíduos (UTR) trouxe avanços para o processo de triagem de resíduos recicláveis e para a organização operacional da unidade. A instalação de esteiras transportadoras, prensas hidráulicas, suportes para big bags e outros equipamentos resultou em uma transformação substancial na dinâmica do trabalho, aumentando a eficiência do processo e otimizando o espaço físico da instalação. Dados do estudo revelaram um aumento de 130,34% na quantidade de resíduos triados e uma redução de 13,95 pontos percentuais no índice de rejeitos, demonstrando a relevância da mecanização para ampliar a capacidade de reaproveitamento de materiais e reduzir impactos ambientais.

Entre os aspectos positivos observados, destaca-se a melhoria na organização espacial da UTR, que possibilitou o recebimento de maior volume de resíduos. A prensagem dos materiais triados também contribuiu para facilitar o armazenamento e a comercialização, agregando valor aos resíduos recicláveis. Além disso, os trabalhadores relataram benefícios, como a redução do esforço físico e a maior organização no ambiente de trabalho, fatores que contribuíram para o aumento da satisfação e para a valorização do trabalho realizado.

Por outro lado, algumas limitações foram identificadas. Apesar da redução de rejeitos, o percentual final ainda se mantém acima do esperado, quando comparado ao estudo realizado, com 68,32% dos resíduos coletados sendo destinados a aterros sanitários, o que supera a média de 44,06% observada em outra cooperativa em Campo Grande-MS (LIMA et al., 2016). Essa diferença reflete a necessidade de melhorias na etapa de segregação na origem, uma vez que a qualidade dos resíduos recebidos impacta diretamente o processo de triagem. Outro ponto crítico foi a baixa eficiência de equipamentos como o moinho de vidro, que se mostrou subutilizado devido às limitações operacionais. Além disso, a falta de treinamentos técnicos específicos para os operadores revelou-se um entrave para o alcance de melhores resultados, sobretudo no que diz respeito à utilização plena dos equipamentos e ao aprimoramento da triagem.

7 RECOMENDAÇÕES

Com base nesses resultados, recomenda-se a continuidade de pesquisas para abordar as lacunas identificadas e potencializar os benefícios da mecanização. Estudos futuros podem explorar estratégias para modernizar ou substituir equipamentos menos eficientes, como o moinho de vidro, e avaliar os impactos de treinamentos técnicos direcionados para operadores, visando maximizar a eficiência da triagem e a redução de rejeitos. Além disso, é fundamental investigar ações de conscientização ambiental voltadas à população, para incentivar a separação adequada de resíduos na origem, o que pode melhorar a qualidade dos materiais recebidos pela unidade.

Outra área de interesse seria analisar a viabilidade de ampliar a mecanização, com a inclusão de tecnologias avançadas de triagem automática, como sensores ópticos e sistemas de inteligência artificial, para otimizar ainda mais o processo. Também seria pertinente avaliar os impactos econômicos da mecanização em longo prazo, considerando não apenas os custos de implementação, mas também os potenciais ganhos com o aumento na comercialização de resíduos e a redução nos custos de destinação final.

Recomenda-se, ainda, a ampliação da coleta seletiva e o aumento dos pontos de entrega voluntária (PEVs), facilitando o descarte correto pela população. Paralelamente, é essencial investir em campanhas de educação ambiental para conscientizar sobre a importância da separação dos resíduos e do serviço ambiental prestado pelas unidades de triagem, valorizando o trabalho dos catadores e a cadeia da reciclagem.

Além disso, são necessários mais estudos e investimentos públicos e privados nas unidades de triagem, visando modernizar infraestruturas, adquirir equipamentos de alta eficiência e melhorar as condições de trabalho. Essas ações são fundamentais para aumentar a capacidade de processamento, reduzir rejeitos e promover a economia circular de forma sustentável.

Por fim, este estudo reforça a importância da mecanização para a melhoria das condições de trabalho e a sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos. A integração de tecnologias à operação de unidades de triagem não apenas amplia a eficiência e reduz os impactos

ambientais, mas também promove a inclusão social e a valorização dos trabalhadores, elementos essenciais para a transição a uma economia mais circular e sustentável.

8 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. C.; ALMEIDA, F. R. **Questionário de Bem-Estar no Trabalho: estrutura e propriedades psicométricas**. *Estudos de Psicologia*, Campinas, v. 41, n. 1, p. 123-135, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/estpsi/a/m7MykBd9Y76rhvbwgDS9gJqh/>. Acesso em: 06 set. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 29 jan. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 29 jan. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 29 jan. 2025.
- BEZERRA, R.; MONTERO, R. R.; LEITE, D.; DA SILVA, Oliveira; DE BRITO, J. V.; DE LIMA, A. P. **Proposta de implantação de uma central de triagem de resíduos sólidos em Campina Grande-PB**. *MIX Sustentável*, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 19–26, 2021. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.19-26. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4055>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- LIMA, Ruhan Charles da Silva; BERNARDES, Fernando Silva; MATA, Márcia Pereira da; NOGUEIRA, Thainá Domingues. **Análise da eficiência da coleta seletiva e da unidade de triagem de resíduos de Campo Grande-MS**. *Tribunal de Contas do Estado de Mato Grosso do Sul (TCE-MS)*, 2016. Disponível em: [<efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://site.ibraop.org.br/wp-content/uploads/sites/6/2018/11/A10_Ruhan.pdf>](https://site.ibraop.org.br/wp-content/uploads/sites/6/2018/11/A10_Ruhan.pdf). Acesso em: 21 jan. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 11 de janeiro de 2022.** Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm#art91. Acesso em: 30 ago. 2024.

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 União*, Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 13 nov. 2024.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente.** *Coleta Seletiva*. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento.html>. Acesso em: 25 jul. 2024.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: MMA, 2022.** Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1. Acesso em: 26 jul. 2024.

CANDIDO, Marcos. **Desenvolvimento de um módulo de teste para equipamentos de pré-triagem de resíduos sólidos.** 2016. 115 f. *Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, [S. l.], 2016.* Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1195>. Acesso em: 19 abr. 2024.

CAVALCANTE, Livia; SILVA, Monica; LIMA, Vera. **Análise comparativa de riscos ergonômicos e de acidentes que envolvem catadores de materiais recicláveis organizados e informais.** *In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014, p. 1-10.* Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/III-038.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2024.

CHERFEM, C. O. **A coleta seletiva e as contradições para a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis: construção de indicadores sociais**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2020. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10737/1/bmt_59_coleta_seletiva.pdf. Acesso em: 06 set. 2024.

DAUDT, Aline; LIMA, Márcia. *Um novo olhar sobre as unidades de triagem de resíduos sólidos e a cidade*. In: XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2020, p. 1-9. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1013/639>. Acesso em: 19 abr. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 30 ago. 2024.

LIMA, Ruhan; BERNARDES, Fernando; LEITE, Valderi; MATA, Márcia; NOGUEIRA, Thainá. *Análise da eficiência da coleta seletiva e da unidade de triagem de resíduos de Campo Grande-MS*. In: XVIII Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas, 2018, p. 1-12. Disponível em: http://site.ibraop.org.br/wp-content/uploads/sites/6/2018/11/A10_Ruhan.pdf. Acesso em: 19 dez. 2024.

OLSEN, Natasha. **Triagem mecanizada separa 300 toneladas de recicláveis por dia**. *Ciclo Vivo*, 3 abr. 2024. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/inovacao/negocios/triagem-mecanizada-separa-300-toneladas-de-reciclaveis-por-dia/>. Acesso em: 16 dez. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Locais de Entrega Voluntária (LEVs) para Recicláveis**. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/slu/informacoes/reciclavel/levs#:~>. Acesso em: 06 set. 2024.

PUC-SP. **Práticas Grupais**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www5.pucsp.br/nexin/livros/Ebook-PRATICAS-GRUPAIS.pdf>. Acesso em: 01 set. 2024.

SANTOS, A. C.; LIMA, M. A. **Bem-estar relacionado ao trabalho: análise de conceitos e medidas**. *Psicologia: Teoria e Prática*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 45-62, 2020. Disponível em: https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-52672020000200009. Acesso em: 06 set. 2024.

SIMÃO, Simone Borges; VIANA, Dianne Magalhães; LIMA, Ana Cristina Fernandes; TORRES, Mateus Halbe; SILVA JÚNIOR, Everaldo. *Propostas de melhoria para um centro de triagem de resíduos sólidos operado por catadores*. *egenep* 2020, 18 out. 2019. Acesso em: 12 set. 2024.

UFSM. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.