

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

KAUÊ BERTELLI

**PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM PARA O
RECEBIMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE
FARROUPILHA – RS**

**CAXIAS DO SUL
2025**

KAUÊ BERTELLI

**PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM PARA O
RECEBIMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE
FARROUPILHA – RS**

Projeto entregue como parte dos requisitos para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul/RS.

Orientador Dr. Tiago Panizzon

**CAXIAS DO SUL
2025**

KAUÊ BERTELLI

**PROJETO ADEQUAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM PARA O
RECEBIMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE
FARROUPILHA – RS**

Projeto entregue como parte dos requisitos para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul/RS.

Orientador Dr. Tiago Panizzon

Aprovado em:

Banca Examinadora

Dr. Tiago Panizzon

Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Dr^a. Renata Cornelli

Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Esp. Bianca Breda

Universidade de Caxias do Sul (UCS)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus, pelo dom da vida e por todas as bênçãos que me permitiram chegar até aqui.

Principalmente aos meus pais, Adriano Bertelli e Rochele Monteiro Bertelli, e ao meu irmão Kauan Bertelli, que sempre se empenharam para me ajudar a realizar meu sonho.

Especialmente a minha namorada Daniela Scola, que sou muito grato pelo apoio e compreensão durante todo o tempo dedicados aos estudos.

Agradeço também ao meu orientador, Dr. Tiago Panizzon e a todos os professores e professoras que tive a oportunidade de aprender, como a Dr^a. Renata Cornelli, Dr^a Neide Pessin e Dr. Lademir Luiz Beal, obrigado por sempre compartilharem seus conhecimentos com paciência e dedicação.

Por fim, agradeço a todos os membros da Cooperativa, onde desenvolvi o TCC, e a todas as pessoas e amigos que, de alguma forma, contribuíram para o sucesso deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área do empreendimento	18
Figura 2 – Fluxograma do processo atual da Central de Triagem (2025)	19
Figura 3 – Estrutura e materiais atuais da Central de Triagem (2025)	19
Figura 4 – Coleta seletiva da Zona Urbana e Rural	23
Figura 5 - Síntese dos materiais recicláveis da coleta seletiva da Zona Urbana	24
Figura 6 – Síntese dos materiais recicláveis da coleta seletiva da Zona Rural	24
Figura 7 – Regressão linear da população de Farroupilha	25
Figura 8 – Leiaute externo da Nova Central de Triagem	31
Figura 9 – Fluxograma do novo processo de triagem de RSU	32
Figura 10 – Croqui da vista frontal da balança sobre piso.....	34
Figura 11 – Configuração das áreas do Pavilhão Principal	38
Figura 12 – Área 1: Recebimento dos resíduos sólidos urbanos (RSUs)	39
Figura 13 – Croqui funil de alimentação	41
Figura 14 – Leiaute da Área de Triagem	43
Figura 15 – Rasga sacos modelo Fabritek	44
Figura 16 – Esteira de triagem com mezanino.....	47
Figura 17 – Leiaute da área de prensagem	49
Figura 18 – Prensa Hidráulica horizontal automática modelo PEHC – 1400	50
Figura 19 – Área de Armazenamento e Área de Prensagem	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cronograma de execução da Central de Triagem	71
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Geração de RSU da coleta seletiva de Farroupilha, 2023	22
Tabela 2 – Número de habitantes de Farroupilha	25
Tabela 3 – Projeção populacional Farroupilha/RS	26
Tabela 4 - Projeção dos Resíduos Seletivos Gerados em Farroupilha – (2023-2046)	27
Tabela 5 – Quantidade de resíduos recicláveis estimados na Central de Triagem	28
Tabela 6 – Quantidade de resíduos orgânicos/rejeitos estimados na Unidade de Triagem	29
Tabela 7 – Custos de implantação – tabela sintética	61
Tabela 8 – Custos de operação– tabela sintética	63
Tabela 9 – Projeção de receitas para o resíduo da Zona Urbana, por mês em 2023	64
Tabela 10 - Projeção de receitas para o resíduo da Zona Rural, por mês em 2023	64
Tabela 11 – Projeção de receita da central de triagem, por ano	65
Tabela 12 – Valor presente líquido e Fluxo de Caixa	67
Tabela 13 – Indicadores econômicos	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ECOFAR	Empresa Farroupilhense de Saneamento e Desenvolvimento Ambiental
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
kg	Quilograma
LSCT	Lista de Substâncias Conhecidamente Tóxicas
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PET	Polietileno Tereftalato
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PP	Polipropileno
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RS	Rio Grande do Sul
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SGCR	Sistema Geral de Classificação de Resíduos (SGCR)
UVRs	Unidades de Valorização de Resíduos
ZU	Zona Urbana
ZR	Zona Rural
Ton	Tonelada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	ASPECTOS LEGAIS.....	14
3	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO EXISTENTE.....	17
3.1	DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS RECEBIDOS NA UNIDADE DE TRIAGEM	18
4	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE FARROUPILHA.....	20
4.1	COLETA SELETIVA	20
4.2	GERAÇÃO DE RSU DA COLETA SELETIVA.....	21
4.3	CARACTERIZAÇÃO DOS RSU DA COLETA SELETIVA	23
4.4	PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	25
4.4.1	Taxa de crescimento populacional.....	25
4.4.2	Estimativa da geração futura de RSU da coleta seletiva	26
4.4.3	Quantidade de resíduos recicláveis estimados destinados à Usina de Triagem .	28
4.4.4	Quantidade de resíduos orgânicos/rejeitos estimados destinados à Usina de Triagem	29
5	ADEQUAÇÃO DA CENTRAL DE TRIAGEM NA ÁREA EXTERNA.....	30
5.1	FLUXOGRAMA DO NOVO PROCESSO DE TRIAGEM.....	32
5.1	QUANTIDADE DE TRABALHADORES ESTIMADA.....	32
5.2	BALANÇA DE RESÍDUOS PARA CONTROLE DE ENTRADA E SAÍDA.....	33
5.3	ESTRUTURAS DE APOIO DA CENTRAL DE TRIAGEM.....	34
5.4	PAVILHÃO PRINCIPAL.....	35
5.4.1	Pavimento.....	36
5.4.2	Estrutura em aço	36
5.4.3	Pilares	36
5.4.4	Fundação	36
5.4.5	Telhado	36
5.4.6	Fechamento das laterais.....	37
6	PROJETO DE ADEQUAÇÕES INTERNAS AO PAVILHÃO PRINCIPAL PARA O RECEBIMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	38
6.1	ÁREA 1: RECEBIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	39
6.1.1	Piso e drenagem do chorume.....	40

6.1.2	Capacidade de armazenamento	40
6.1.3	Segregação inicial	41
6.1.4	Equipamento 1 - Funil de alimentação.....	41
6.1.5	Equipamento 2 - Esteira de alimentação de resíduo	41
6.2	ÁREA 2: TRIAGEM.....	42
6.2.1	Leiaute e Dimensões	42
6.2.2	Equipamentos Utilizados	44
6.2.2.1	Equipamento 1 - Rasga sacos	44
6.2.2.2	Equipamento 2 - Esteira Transportadora.....	45
6.2.2.3	Equipamento 3 - Peneira rotativa trommel.....	45
6.2.2.4	Equipamento 4 - Esteira Transportadora.....	45
6.2.2.5	Equipamento 5 - Esteira Transportadora.....	45
6.2.2.6	Equipamento 6 – Esteira de triagem com mezanino	46
6.2.2.7	Equipamento 7 - Esteira Transportadora.....	47
6.3	ÁREA 3 – PARA RESÍDUOS ORGÂNICOS/REJEITOS	48
6.4	ÁREA 4: PRENSAGEM.....	48
6.4.1	Equipamentos Utilizados	49
6.4.1.1	Equipamento 1: Prensa hidráulica vertical	49
6.4.1.2	Equipamento 2: Prensa hidráulica horizontal enfardadeira automática	50
6.4.1.3	Empilhadeira com Balança Loader-Exp.....	51
6.5	ÁREA 5: ARMAZENAMENTO	51
6.5.1	Design do Espaço.....	52
6.5.2	Tipos de Armazenamento	52
6.5.3	Área de Carregamento.....	53
7	GESTÃO AMBIENTAL NA CENTRAL DE TRIAGEM	54
7.1	ALINHAMENTO AOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	54
7.2	LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	55
7.3	PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO.....	56
7.4	GESTÃO E DESTINAÇÃO CORRETA DOS RESÍDUOS	57
7.5	CONDICIONANTES AMBIENTAIS: CONTROLE DE VETORES, ODORES E RUÍDOS	58
7.6	EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA TRABALHADORES E COMUNIDADE.....	58

8	ANALISE DE VIABILIDADE.....	60
8.1	ANALISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	61
8.2	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	61
8.3	CUSTOS DE OPERAÇÃO.....	62
8.4	PROJEÇÃO DE RECEITAS	63
8.5	INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA	66
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
10	CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	71
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

A sociedade vive um contexto de crise ambiental. Apesar de muitas vezes governos, empresas e a própria sociedade negligenciarem este fato, ele é tecnicamente e cientificamente irrefutável e, sim, exemplo de um futuro comum. A crise ambiental que se enfrenta hoje é produto de escolhas insustentáveis e absolutamente equivocadas que pavimentaram o progresso social e tecnológico dos últimos dois séculos. Lamentavelmente, a preservação ambiental não foi uma prioridade humana durante este frenesi desenvolvimentista e, hoje, arcamos com as consequências, que, certamente serão mais intensas para as futuras gerações. (Canejo, 2021).

A gestão adequada dos resíduos sólidos é um dos principais desafios ambientais contemporâneos. Com o aumento da população e do consumo, a quantidade de resíduos gerados cresce a uma taxa alarmante. Segundo o World Bank Group (2022), em 2020, estimou-se que o mundo gerou 2,24 bilhões de toneladas de resíduos sólidos, totalizando uma geração de 0,79 quilos de resíduos por pessoa por dia. Com o rápido crescimento populacional e urbanização, espera-se que a geração anual de resíduos aumente em 73% dos níveis de 2020, podendo chegar à 3,88 bilhões de toneladas em 2050, se as tendências atuais continuarem. Isso destaca a necessidade de soluções sustentáveis para a gestão de resíduos.

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2023), com mais de 200 milhões de habitantes, o Brasil é um dos países que mais gera resíduos sólidos - materiais, substâncias e objetos descartados - cuja destinação final deveria receber tratamento com soluções economicamente viáveis, de acordo com a legislação e as tecnologias atualmente disponíveis, mas acabam, ainda em parte, sendo despejados a céu aberto, lançados na rede pública de esgotos ou até queimados. Ainda segundo o IPEA, o investimento em tecnologias de triagem pode resultar em uma recuperação de até 70% dos materiais recicláveis, diminuindo significativamente a pressão sobre os recursos naturais e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa.

Nesse contexto, as estações de triagem são instalações projetadas para separar os diferentes tipos de resíduos recicláveis dos resíduos orgânicos e não recicláveis, desempenhando um papel crucial na redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários e na promoção da sustentabilidade nas cidades em todo o mundo, contribuindo significativamente para a preservação dos recursos naturais, redução da poluição e promovendo uma economia mais circular, reabastecendo a indústria da reciclagem.

O presente projeto situa-se em Farroupilha, uma cidade localizada na Serra Gaúcha, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Com uma população em 2022 de 70.286 habitantes,

segundo o IBGE (2022), Farroupilha tem uma rica herança cultural, marcada principalmente pela influência da colonização italiana, e pela sua indústria de vinhos e móveis, que são fundamentais para a economia local. Além de ser um importante centro agrícola e industrial da região da Serra Gaúcha, a cidade enfrenta desafios na gestão de resíduos sólidos, o que torna relevante a implementação de iniciativas sustentáveis e práticas de reciclagem para promover um desenvolvimento mais sustentável.

Em Farroupilha, a execução dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, como coleta e destinação dos resíduos domiciliares, é realizada pela empresa pública ECOFAR, sob responsabilidade da Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente. Os serviços de triagem de resíduos seletivos para posterior reaproveitamento são de responsabilidade de uma única Cooperativa de Reciclagem, parceira da ECOFAR.

A central de triagem do presente projeto, em operação desde 2023, atualmente realiza a coleta de materiais em empresas privadas, pré-separados, e realiza a triagem e prensagem de resíduos específicos. No entanto, a central busca reestruturar suas operações, conforme será detalhado nos itens a seguir, ao se posicionar como um agente de transformação na cidade de Farroupilha. Esse novo enfoque não apenas visa gerar empregos sustentáveis, mas também foca na posterior reciclagem de resíduos triados, promovendo a economia solidária. Por meio de suas atividades de triagem, a unidade visa reduzir a quantidade de resíduos enviados para o aterro sanitário de Farroupilha, estimulando a reutilização de materiais e a preservação dos recursos naturais. Contudo, a central enfrenta desafios relacionados ao gerenciamento eficiente de resíduos, especialmente na transição para a inclusão de resíduos sólidos urbanos em suas operações e exclusão das atividades atuais.

O principal desafio é o gerenciamento de resíduos e a infraestrutura necessária para a mudança no tipo de resíduos recebidos na unidade de triagem em Farroupilha/RS. Há uma possibilidade de a unidade passar a receber exclusivamente Resíduos Sólidos Urbanos, o que contribuiria ainda mais para a sustentabilidade da cidade.

Para viabilizar o recebimento de RSU, a central precisará de diversas melhorias, as quais compõem este projeto. Entre as mudanças, estão a ampliação da área do pavilhão principal, com o objetivo de aumentar os espaços destinados à área de triagem, prensagem e armazenamento. Além disso, será necessário a aquisição e implementação de esteiras transportadoras e outros equipamentos, como um funil em uma esteira elevada para facilitar a subida dos resíduos até a esteira de triagem, colocação de uma balança na área externa para o controle de entrada e saída de resíduos e uma área destinada a um refeitório, já que vai haver a necessidade de mais pessoas para a operação da unidade.

Este projeto tem como objetivo demonstrar a situação atual da unidade, a caracterização dos resíduos da cidade de Farroupilha – RS segundo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos PMGIRS (2025) de Farroupilha, para entender o tipo de resíduo que vai estar chegando na central de triagem e as mudanças que devem ocorrer nas partes externas e internas do pavilhão principal, com o uso estratégico da área para otimizar o processo de triagem.

2 ASPECTOS LEGAIS

Atualmente, o Brasil conta com um extenso arcabouço legal relativo à gestão de resíduos sólidos. A seguir, são apresentadas as principais legislações e normas técnicas aplicáveis ao tema deste trabalho.

A **Lei nº 11.445/2007**, alterada pela **Lei nº 14.026/2020**, institui as diretrizes nacionais para o saneamento básico e estabelece a obrigatoriedade da prestação adequada dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Ainda, a legislação define metas para universalização: até 2033, 99% da população deve ter acesso à água potável e 90% ao tratamento e coleta de esgoto (Brasil, 2007; 2020).

A nível estadual, a **Lei nº 12.305/2010**, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), constitui o principal marco legal relacionado à gestão de resíduos no Brasil. (Brasil, 2010). Ela estabelece os princípios da não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, além da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Um dos pontos centrais é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, envolvendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana. A PNRS também reconhece a importância das cooperativas de catadores, incentivando sua participação na cadeia da reciclagem e exigindo que municípios elaborem seus respectivos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS).

O **Decreto nº 7.404/2010** regulamenta a PNRS e detalha instrumentos como o plano nacional, os planos estaduais e municipais, bem como os planos de gerenciamento de resíduos sólidos. Ele também regulamenta a logística reversa, definindo-a como instrumento de desenvolvimento econômico e social, com ações destinadas a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial.

A **Lei Municipal nº 4.392, de 25 de setembro de 2017**, aprovou o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Farroupilha. Além disso, o município possui um Plano Municipal de Saneamento Básico. Mais recentemente, foi elaborada uma nova versão do PMGIRS, que ainda não foi oficialmente aprovada por legislação específica. No presente trabalho, essa versão atualizada é utilizada como base técnica para a proposta de adequação da Central de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos no município (Farroupilha, 2017).

A **Lei Federal nº 9.605/1998**, conhecida como a Lei de Crimes Ambientais, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio

ambiente, e dá outras providências (BRASIL, 1998). Ou seja, estabelece as sanções penais e administrativas para condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Ela categoriza crimes ambientais em diversas seções, abrangendo infrações como a poluição, a degradação de áreas protegidas e a fauna e flora, além de prever penas que variam de multas a reclusão. A lei também determina a responsabilidade dos infratores e estabelece a possibilidade de medidas de reparação dos danos causados, visando a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente, e destaca a importância da educação ambiental e da colaboração da sociedade na fiscalização e prevenção de crimes ambientais.

No contexto da regulação dos serviços públicos de saneamento básico, destaca-se o papel da **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)**, responsável pela edição da **Norma de Referência nº 7/2023**, que trata dos padrões de qualidade, eficiência e indicadores para avaliação da prestação dos serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos (ANA, 2023). No âmbito regional, a regulação dos serviços em vários municípios, como Farroupilha, é exercida pela **AGESAN-RS**, que publicou a **Resolução CSR nº 020/2024**, estabelecendo as diretrizes operacionais e regulatórias locais (AGESAN-RS, 2024).

Em relação às normas técnicas, a **NBR 10.004/2024** estabelece critérios para a classificação de resíduos sólidos, dividindo-os em Classe 1 – Perigosos e Classe 2 – Não Perigosos, conforme características como inflamabilidade, reatividade, corrosividade e toxicidade. A norma atualizada simplificou a classificação anterior (que incluía resíduos inertes) e incorporou instrumentos como o Sistema Geral de Classificação de Resíduos (SGCR) e a Lista de Substâncias Conhecidamente Tóxicas (LSCT) para avaliação de periculosidade (ABNT, 2024).

Conforme a **Parte II da NBR 10004/2024**, os resíduos sólidos urbanos (RSU) domiciliares são enquadrados no **Código 20**, sendo classificados como Classe 2 – Não Perigosos. Os resíduos provenientes da coleta seletiva, como papel, plástico, vidro e metal, também são enquadrados como não perigosos, desde que não apresentem características que justifiquem outra classificação.

A **NBR 11.174/2023** trata do armazenamento de resíduos sólidos classe II, estabelecendo diretrizes para a infraestrutura mínima exigida em centrais de armazenamento, como piso impermeável, cobertura, contenção de vazamentos, ventilação e sinalização adequada. Ela também aborda o tempo máximo de permanência dos resíduos, segregação por classes, controle de acesso e rastreabilidade (ABNT, 2023).

O planejamento para o recebimento de resíduos na central de triagem deverá seguir as diretrizes estabelecidas pelas resoluções ambientais pertinentes, assegurando a gestão adequada

dos materiais e a segurança das operações. Nesse contexto, destacam-se três Normas Regulamentadoras essenciais: **NR 6**, **NR 12** e **NR 26**, uma vez que o ambiente de trabalho envolve riscos significativos tanto no manuseio de máquinas e equipamentos quanto na exposição a materiais potencialmente perigosos.

A **NR 12**, que trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, estabelece medidas técnicas e administrativas para garantir a integridade física dos trabalhadores. A norma abrange desde a instalação, operação e manutenção de equipamentos até a capacitação dos operadores, exigindo a implementação de dispositivos de segurança, sinalizações e a adequação das máquinas conforme critérios técnicos. Em centrais de triagem, onde há uso intensivo de esteiras, prensas e trituradores, a NR 12 é fundamental para a prevenção de acidentes graves, como amputações, esmagamentos e cortes, assegurando que os equipamentos estejam em conformidade com os padrões exigidos.

Segundo o PMGIRS de Farroupilha (2025), a **NR 26** trata da sinalização de segurança no ambiente de trabalho. Ela determina a utilização de cores padronizadas, símbolos e pictogramas para a identificação de riscos, produtos perigosos e áreas restritas. Em centrais de triagem e áreas de armazenamento de resíduos, essa norma é indispensável para garantir a comunicação visual adequada, contribuindo para a prevenção de acidentes e o atendimento às exigências legais.

Por fim, a **NR 6** de equipamento de proteção individual (EPI), regulamenta a obrigatoriedade do uso de Equipamentos de Proteção Individual para proteger os trabalhadores contra riscos à sua saúde e segurança. Ela define quais EPIs são adequados para cada atividade, além de determinar que o empregador deve fornecê-los gratuitamente e garantir seu uso e manutenção. Em uma central de triagem, onde os trabalhadores estão expostos a riscos como cortes, inalação de poeiras ou contato com resíduos contaminados, o uso de EPIs como luvas, botas, óculos de proteção e máscaras é indispensável para prevenir acidentes e preservar a saúde e a segurança da equipe.

3 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO EXISTENTE

A unidade de triagem em estudo possui natureza jurídica de cooperativa, atuando no ramo de coleta de resíduos não-perigosos e recuperação de diversos materiais, tendo início de suas atividades em junho de 2023.

Com uma capacidade de processamento de aproximadamente 30 toneladas de resíduos por mês, a Cooperativa possui equipamentos para a triagem, separação e prensagem de materiais como papel, plástico, vidro e metal. Além disso, a empresa em questão mantém parcerias com empresas de logística reversa e cooperativas de catadores, fortalecendo a cadeia produtiva da reciclagem na região.

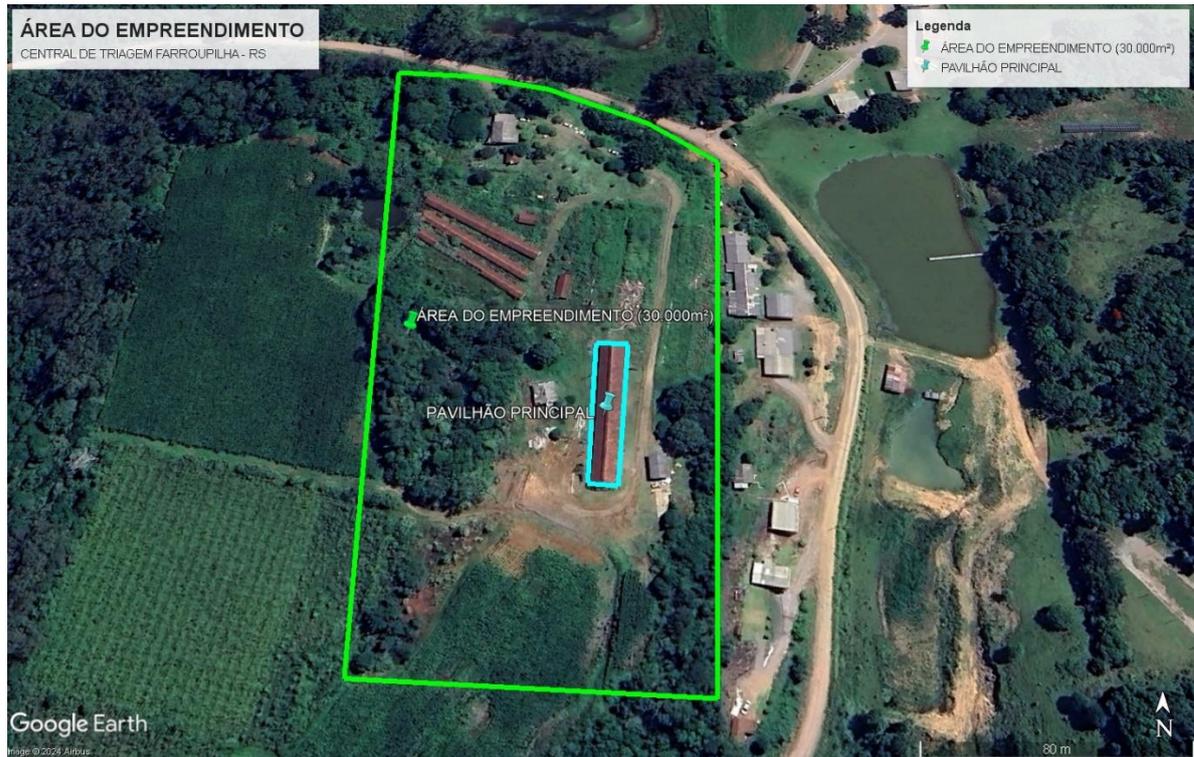
Ao passar a receber os resíduos sólidos urbanos da cidade de Farroupilha, a Cooperativa vai cessar as atividades feitas atualmente, tendo em vista que sua estrutura operacional vai ser voltada para suprir 50% da demanda da coleta seletiva da cidade.

No entanto, essa transição não representa uma perda financeira para fins de análise de viabilidade do projeto, uma vez que as atividades desempenhadas atualmente não geram excedentes econômicos uma vez que os recursos obtidos não resultam em margem significativa de lucro. Portanto, não há impacto negativo sobre a receita líquida do novo empreendimento, sendo considerado nulo o custo de oportunidade relacionado à substituição do modelo anterior.

A sede da cooperativa situa-se em uma área de 30.000 m² e conta com uma equipe de 12 colaboradores, entre sócios, administrativos e operacionais, sendo que 2 trabalham integralmente na central de triagem. A área do pavilhão utilizado no processo de triagem no ano de 2024 é de 460 m².

Localizada em uma área urbana, no 1º Distrito São Marcos, na cidade de Farroupilha/RS, conforme ilustrado na Figura 1, a sede da cooperativa é um ponto central para suas operações a qual abrangem todo o município de Farroupilha.

Figura 1 - Área do empreendimento



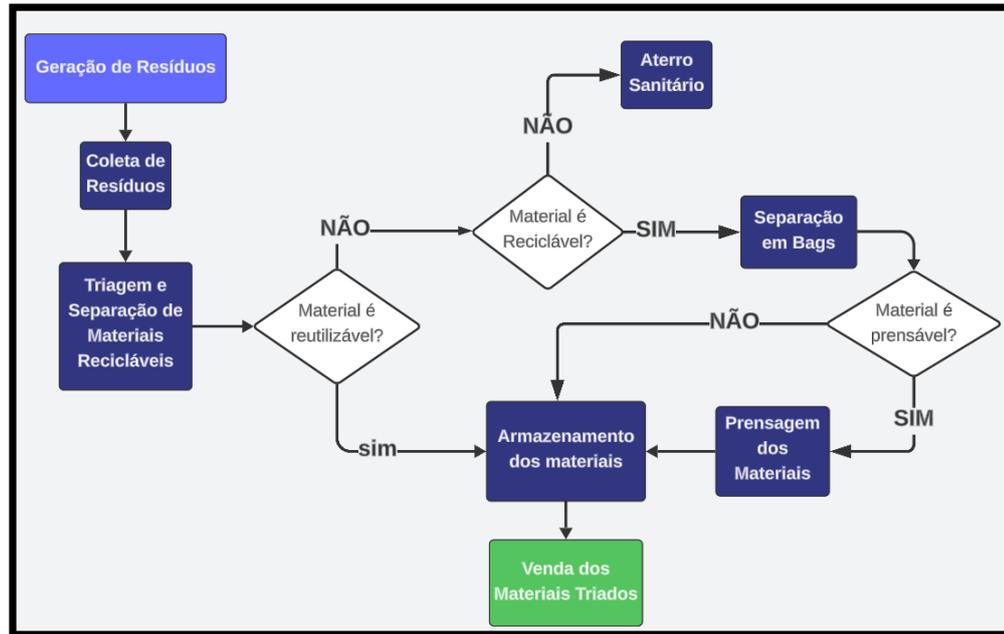
Fonte: Adaptado de Google Earth (2025).

3.1 DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS RECEBIDOS NA UNIDADE DE TRIAGEM

As atividades de negócios da empresa em 2025 incluem a coleta de resíduos não-perigosos, a recuperação de sucatas de alumínio, materiais metálicos (exceto alumínio), materiais plásticos, materiais não especificados anteriormente, comércio atacadista de resíduos de papel e papelão, resíduos e sucatas não-metálicos, e resíduos e sucatas metálicos, entre outras atividades relacionadas à reciclagem e gestão de resíduos.

Os produtos triados e vendidos são papelão, papel branco, papel misto, Tetrapak, PEAD branco, PEAD colorido, balde bacia branco, balde bacia colorido sem preto, balde bacia preto, caixarias, filme cristal, filme canela, filme colorido, cano de PVC, rafia, PET cristal, PET verde, PET colorido e alumínio além de sucata e vidro, sendo ele retornável ou quebrado em container. Na Figura 2 consta o fluxograma do processo atual.

Figura 2 – Fluxograma do processo atual da Central de Triagem (2025)



Fonte: Autor (2025).

Na Figura 3 pode-se observar a estrutura física e alguns exemplos de materiais triados/processados no local.

Figura 3 – Estrutura e materiais atuais da Central de Triagem (2025)



Fonte: Autor (2025).

4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE FARROUPILHA

No município de Farroupilha – RS a gestão dos resíduos sólidos é de responsabilidade do poder público, sendo atualmente realizada pela Secretária de Urbanismo e Meio Ambiente. No entanto os serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos domiciliares e de limpeza urbana, bem como os serviços e resíduos de varrição, capina e podas, são delegados à Empresa Farroupilhense de Saneamento e Desenvolvimento Ambiental – ECOFAR (CNPJ 24.058.151/0001-69) por meio do Decreto Municipal nº 7.163/2022, a qual consiste em empresa pública (Farroupilha, 2025).

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são aqueles originados predominantemente das atividades domiciliares urbanas, podendo incluir também os resíduos originários de varrição, feiras, pequenos estabelecimentos comerciais, escolares e de serviços públicos. Conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e a classificação adotada no PMGIRS de Farroupilha (2025), os RSU podem ser subdivididos em três frações, sendo elas:

Resíduos recicláveis: Também denominados seletivos, que englobam materiais como papel, plástico, metal e vidro;

Resíduos orgânicos: Originados principalmente de restos de alimentos e resíduos vegetais;

Rejeitos: São os resíduos que não possuem viabilidade técnica e/ou econômica para reciclagem ou reaproveitamento, sendo destinados à disposição final em aterro sanitário.

Essa caracterização é essencial para a definição de estratégias de coleta, triagem e destinação adequada dos resíduos gerados no município.

4.1 COLETA SELETIVA

A central de triagem projetada, deve receber os resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva do município. Na área urbana existe a orientação do poder público de separação de resíduos como sendo orgânicos/rejeitos e recicláveis, são recolhidos respectivamente pela “Coleta de Resíduos Orgânicos” e pela “Coleta de Resíduos Seletivos”.

Segundo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) 2025 de Farroupilha, são disponibilizados cerca de 600 contêineres na área central, e alguns em certos pontos na zona rural, sendo que em cada ponto são disponibilizados no mínimo 2 contêineres,

um de cor azul para a “Coleta de Resíduos Seletivos” e outro de cor marrom para a “Coleta de Resíduos Orgânicos” (Farroupilha, 2025).

Destaca-se que onde não existe a containerização a disposição dos resíduos para a coleta ocorre em lixeiras. Cada tipo de coleta possui dias e horários distintos, sendo que a coleta é feita geralmente por caminhões compactadores, tirando o caso dos bairros Monte Verde e Industrial, nos quais está sendo testada a coleta seletiva e orgânica feita por motocicletas.

As coletas de resíduos seletivos são realizadas de segunda a sábado, no período da manhã e em dias alternados. Nas áreas centrais, os resíduos recicláveis são coletados duas vezes por semana; nos demais bairros, uma vez por semana; e nas áreas rurais, uma vez por mês. (Farroupilha, 2025).

Atualmente em 2025, no município a Cooperativa de Reciclagem ACARESUL é a única empresa cadastrada para a realização da triagem dos resíduos sólidos urbanos (RSU) oriundos da coleta de resíduos seletivos.

4.2 GERAÇÃO DE RSU DA COLETA SELETIVA

Segundo Farroupilha (2025), os dados de geração de resíduos sólidos foram disponibilizados pela ECOFAR, de acordo com os tickets de pesagens dos caminhões. No caso dos resíduos da coleta seletiva, foi necessário fazer uma separação da quantidade total para obter a parcela coletada na zona urbana (ZU) e na zona rural (ZR). Desse modo, estimou-se que a zona urbana corresponderia a 92,53% e, a zona rural a 7,47% do total coletado (Farroupilha, 2024).

Ainda, para determinar a população por zona, considerou-se que a população da Zona Urbana (ZU) abrange os bairros da zona urbana, mais os núcleos urbanos da zona rural, chegando a 61.259 habitantes; e, da Zona Rural (ZR) inclui somente a população das localidades do interior, chegando a 9.027 habitantes (Farroupilha, 2025). Na Tabela 1 estão apresentados os dados de geração de RSU seletivos no ano de 2023.

Tabela 1 – Geração de RSU da coleta seletiva de Farroupilha, 2023

Mês	Resíduos da Coleta Seletiva ZU (t)	Resíduos da Coleta Seletiva ZR (t)	Materiais Recicladoss- ACARESUL (t)	Rejeitos da Triagem - ACARESUL (t/mês)
Jan	273,07	22,04	140,95	154,16
Fev	285,46	23,04	119,06	189,44
Mar	259,94	20,99	104,44	176,49
Abr	269,69	21,77	114,72	176,75
Mai	433,73	35,01	360,41	108,33
Jun	260,66	21,04	146,91	134,79
Jul	288,58	23,3	65,21	246,67
Ago	259,94	23,88	30,03	289,67
Set	244,96	19,77	51,46	213,26
Out	285,77	23,07	53,11	255,73
Nov	284,22	23	88,21	219,71
Dez	269,22	18,49	34,98	212,56
TOTAL ANUAL	3.411,62	275,42	1.398,48	2.377,56
MÉDIA MENSAL	284,30	22,95	109,12	198,13

Fonte: Adaptado de Farroupilha (2025).

A geração média mensal de RSU seletivos é de 307,25 t/mês para uma população total de 70.286 habitantes (ZU + ZR). Isso corresponde a uma geração per capita de 4,37 kg por habitante, ou 0,0047 toneladas por habitante.

Observa-se que dos resíduos seletivos coletados que são enviados para ACARESUL, em média 65% retornam como rejeito da triagem (198,13 t/mês), ou seja, apenas 35% está sendo efetivamente reaproveitado (109,12 t/mês) (Farroupilha, 2025).

Embora os resíduos da coleta seletiva representem uma fração significativa na reciclagem municipal, observa-se que apenas 8% do total de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados são efetivamente reciclados, conforme dados do PMGIRS (Farroupilha, 2025). A maior parte dos resíduos ainda é composta por orgânicos e rejeitos, os quais são diretamente destinados ao aterro sanitário, com uma média mensal superior a 1.200 toneladas (PMGIRS, 2025).

Essa desproporção evidencia a necessidade de ampliar a capacidade de triagem do município, permitindo maior recuperação de recicláveis, melhor aproveitamento da coleta seletiva e redução do volume de orgânicos/rejeitos destinados ao aterro sanitário. Assim, a implantação de uma nova central de triagem contribuiria significativamente para aumentar

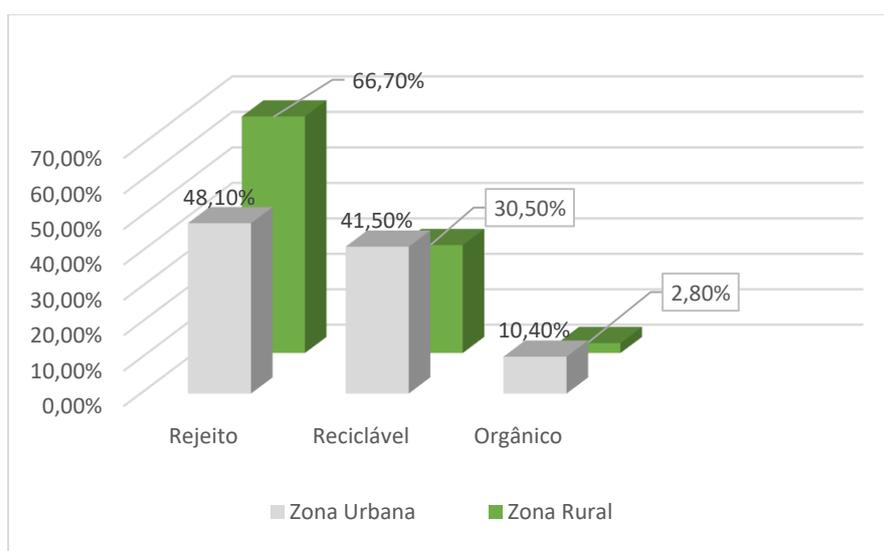
a eficiência da gestão de resíduos e o cumprimento das metas de sustentabilidade estabelecidas no plano municipal.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RSU DA COLETA SELETIVA

Os dados da caracterização dos resíduos sólidos urbanos seletivos foram obtidos do PMGIRS de Farroupilha (2025). A avaliação da caracterização física e composição gravimétrica dos RSU do município de Farroupilha foi realizada nos dias 17 e 26 de abril de 2024. A metodologia segue o estabelecido na NBR 10.007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos (Brasil, 2004), (Farroupilha, 2025).

Na Figura 4 está apresentada a composição dos resíduos destinados à Coleta Seletiva da Zona Urbana e Rural.

Figura 4 – Coleta seletiva da Zona Urbana e Rural

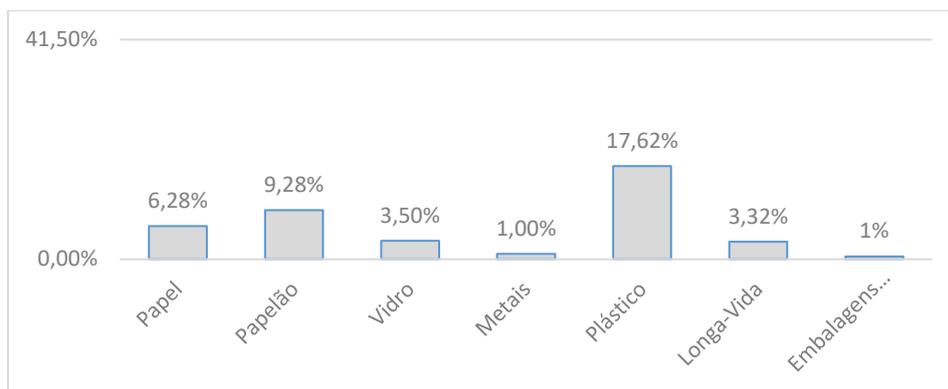


Fonte: Adaptado de Farroupilha (2025).

A categoria com maior percentual nas zonas urbanas e rural, foi a de rejeitos (66,70%), que também foi composta em grande parte por resíduos sanitários. Os rejeitos são compostos de uma mistura de materiais de pequeno volume ou impregnados de matéria orgânica. A presença de matéria orgânica junto ao resíduo reciclável, acaba por contaminar o mesmo, o que dificulta, e, em muitos casos impede a reciclagem desses materiais (Farroupilha, 2025).

A composição dos materiais recicláveis presentes nas amostras da Coleta Seletiva na Zona Rural (30,5%) está apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Síntese dos materiais recicláveis da coleta seletiva da Zona Urbana

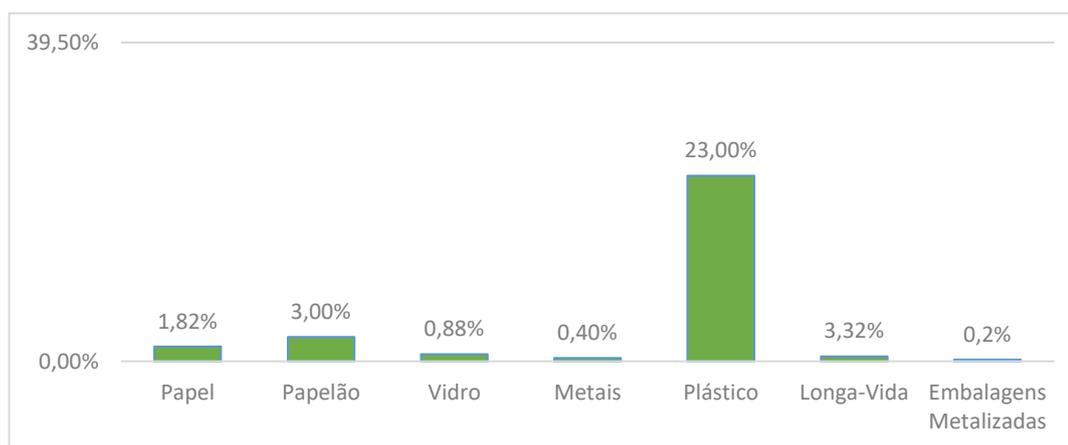


Fonte: Adaptado de Farroupilha (2025)

Dos 41,5% de materiais recicláveis que compõem a massa de resíduos, o percentual mais alto observado foi o plástico (17,62%), seguido do papelão (9,28%) e papel (6,28%). Dos plásticos, o plástico duro – PEAD, PP e outros “ (excluindo o PET) ” foi o que apresentou maior percentual (6,34%), seguido pelo plástico filme (5,76%), utilizado para embalar produtos, resíduos e alimentos, e pelo PET (4,75%) (Farroupilha, 2025)

A composição dos materiais recicláveis presentes nas amostras da Coleta Seletiva na Zona Rural (30,5%) está apresentada na Figura 6.

Figura 6 – Síntese dos materiais recicláveis da coleta seletiva da Zona Rural



Fonte: Adaptado de Farroupilha (2025).

Dos 30,5% de materiais recicláveis, a maior porção é de plástico (23%), papelão (3%) e papel (1,82%). Dos tipos de plásticos segregados, o plástico filme apresentou o maior percentual com cerca de 11%, seguido pela categoria definida como “outros tipos de plástico” com 7%, e posteriormente pelo plástico duro – PEAD, PP e outros “ (excluindo o PET) ” com 5% (Farroupilha, 2025).

Observa-se que, tanto nos resíduos urbanos quanto nos rurais, a maior quantidade é composta por plásticos e papelão/papel, o que indica a necessidade de um número maior de pessoas realizando a triagem desses materiais.

4.4 PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Com vistas a estimar a geração futura de resíduos para o projeto da central de triagem, foi projetada a quantidade de resíduos gerados pela coleta seletiva em Farroupilha nos próximos 20 anos, tendo em vista que é o tempo adotado para o projeto, tendo seu início de operação em 2027 e final 2046. Para tal, foram considerados os dados dos últimos 3 Censos Demográficos do IBGE (2025), para fazer a projeção, sendo apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Número de habitantes de Farroupilha

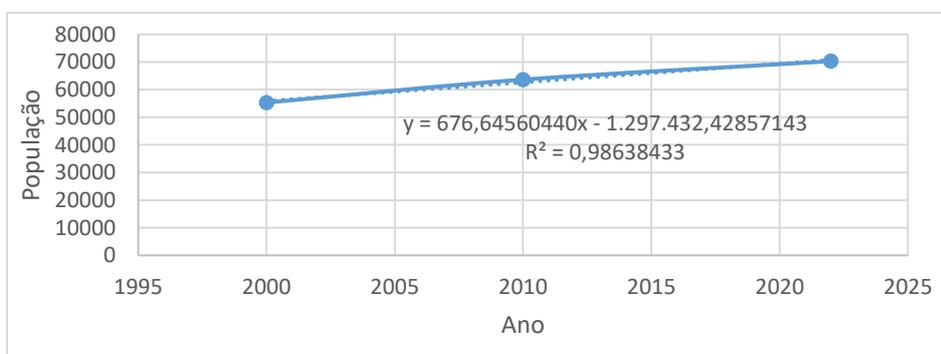
Ano do Censo	Número de Habitantes
2000	55.308
2010	63.635
2022	70.286

Fonte: Adaptado IBGE 2025.

4.4.1 Taxa de crescimento populacional

Com base na Tabela 2, foi feita a estimativa da taxa de crescimento populacional da cidade de Farroupilha, através da regressão linear da população, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 7 – Regressão linear da população de Farroupilha



Fonte: Autor (2025).

Com base na equação da Figura 4, estimou-se a população de Farroupilha para o ano de 2046, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Projeção populacional de Farroupilha/RS

Ano	Projeção Pop.	Ano	Projeção Pop.
2027	74.128	2037	80.895
2028	74.805	2038	81.571
2029	75.482	2039	82.248
2030	76.158	2040	82.925
2031	76.835	2041	83.601
2032	77.511	2042	84.278
2033	78.188	2043	84.955
2034	78.865	2044	85.631
2035	79.541	2045	86.308
2036	80.218	2046	86.984

Fonte: Autor (2025).

Ao final do período do projeto, no ano de 2046, a população estimada de Farroupilha será de 86.984 habitantes.

4.4.2 Estimativa da geração futura de RSU da coleta seletiva

Para a projeção da quantidade de resíduos seletivos, foi usado soma da média de 2023 da zona urbana e zona rural. Considerou-se que a geração per capita média permanecerá constante, em termos de toneladas por habitante nos próximos 20 anos. Adotou-se então uma média de geração de 4,37 kg/habitante/mês de resíduo seletivo.

Tendo em vista que em 2046, Farroupilha terá uma população de 86.984 habitantes, foi estimado uma geração média de 380,24 ton/mês de resíduos seletivos. Sendo que a usina de triagem não vai receber todo este resíduo, pois parte deste material vai para a outra unidade de triagem, que é a ACARESUL, então adotou-se que ela vai receber 50% do material proveniente da coleta seletiva, resultando em um total de 190,12 ton/mês de RSU, sendo destinados a usina de triagem no ano de 2046.

A projeção da quantidade de resíduos seletivos gerados está apresentada a seguir na Tabela 4.

Tabela 4 – Projeção dos Resíduos Seletivos Gerados em Farroupilha – (2023-2046)

Ano	População	Geração Total (t/mês)	Atendida pela Central (50%)		
			Total (t/mês)	ZU = 92,53%	ZR = 7,47%
2023	70.286	307,25	153,63	142,15	11,48
2024	72.098	315,17	157,59	145,82	11,77
2025	72.775	318,13	159,07	147,19	11,88
2026	73.452	321,09	160,54	148,55	11,99
2027	74.128	324,05	162,02	149,92	12,10
2028	74.805	327,00	163,50	151,29	12,21
2029	75.482	329,96	164,98	152,66	12,32
2030	76.158	332,92	166,46	154,03	12,43
2031	76.835	335,88	167,94	155,39	12,55
2032	77.511	338,83	169,42	156,76	12,66
2033	78.188	341,79	170,90	158,13	12,77
2034	78.865	344,75	172,38	159,50	12,88
2035	79.541	347,71	173,85	160,86	12,99
2036	80.218	350,67	175,33	162,23	13,10
2037	80.895	353,63	176,81	163,60	13,21
2038	81.571	356,58	178,29	164,97	13,32
2039	82.248	359,54	179,77	166,34	13,43
2040	82.925	362,50	181,25	167,71	13,54
2041	83.601	365,46	182,73	169,08	13,65
2042	84.278	368,41	184,21	170,45	13,76
2043	84.955	371,37	185,69	171,82	13,87
2044	85.631	374,33	187,16	173,18	13,98
2045	86.308	377,29	188,64	174,55	14,09
2046	86.984	380,24	190,12	175,92	14,20

Fonte: Autor (2025).

A usina de triagem irá operar em média 22 dias por mês, desta forma, ela deve ter uma capacidade de operação igual a média de resíduos/mês recebidos (190,12 ton/mês), dividido pelos dias de operação (22), sendo igual a 8,64 ton/dia ao final do período considerado. Como resultado, o projeto foi dimensionado considerando uma capacidade de processamento de 8,64 ton/dia, visando assim suprir 50% da demanda de Farroupilha até 2046.

4.4.3 Quantidade de resíduos recicláveis estimados destinados à Usina de Triagem

A estimativa de resíduos recicláveis destinados à central de triagem evidencia o grande potencial de ampliação da taxa de recuperação de materiais no município. O quantitativo de resíduo com potencial de reciclagem que de fato vai chegar diariamente na central de triagem, está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidade de resíduos recicláveis estimados na Central de Triagem

Zona	Ano	Coleta seletiva (ton/mês)	Fração reciclável (%)	Massa de resíduos recicláveis esperado (ton/mês)	Total de Recicláveis (ton/Mês)	Total de Recicláveis (ton/dia)
Urbana		142,15	41,5%	59,0		
Rural	2023	11,48	30,5%	3,5	62,5	2,84
Urbana		149,92	41,5%	62,2		
Rural	2027	12,1	30,5%	3,7	65,9	3
Urbana		175,92	41,5%	73,0		
Rural	2046	14,2	30,5%	4,3	77,3	3,52

Fonte: Autor (2025).

Caso a central de triagem estivesse em operação em 2023 estimou-se uma chegada de 2,8 ton/dia de resíduo reciclável, porém como ela vai entrar em operação em 2027 estimou-se então a chegada de 3 ton/dia. Ao final do período avaliado (20 anos) se estima que esse valor irá aumentar para 3,52 ton/dia.

Considerando os percentuais de recicláveis identificados na Tabelas 5 (41,5% na zona urbana e 30,5% na zona rural), caso todo esse volume fosse adequadamente triado e reaproveitado, haveria um incremento significativo no índice de reciclagem de Farroupilha. Porém este potencial de reaproveitamento integral só se concretiza com um processo de triagem de alta eficiência, o que nem sempre ocorre na prática, principalmente devido a fatores como a priorização de materiais com maior valor agregado, a contaminação de recicláveis com resíduos orgânicos e as limitações operacionais de estruturas disponíveis, fatores estes que comprometem parte da recuperação dos materiais.

Esses desafios reforçam a necessidade de investimentos contínuos em educação ambiental, melhoria de equipamentos e políticas públicas integradas de gestão dos resíduos, o

que representaria não apenas uma melhora nos indicadores ambientais locais, mas também uma redução relevante na quantidade de resíduos orgânicos/rejeitos enviados ao aterro sanitário, prolongando sua vida útil e contribuindo para o cumprimento das metas estabelecidas pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos e pelo PMGIRS municipal.

Destaca-se ainda aspectos sociais associados ao aumento do volume processado nas centrais de triagem. A intensificação da atividade de triagem favorece diretamente a geração de empregos e renda, promovendo inclusão social e valorização do trabalho ambiental relacionado a reciclagem.

4.4.4 Quantidade de resíduos orgânicos/rejeitos estimados destinados à Usina de Triagem

Conforme apresentado na Figura 1, os rejeitos e resíduos orgânicos representam 58,5% (CC: 48,1%; CS: 10,4%) da amostra, enquanto na zona rural observa-se que 69,5% (CC: 66,7%; CS: 2,8%) são resíduos orgânicos ou rejeitos, resultando assim em um percentual médio da zona urbana de 58,5% e da zona rural igual 69,5%. A quantidade resíduos orgânicos/rejeitos esperados na central de triagem está presente na Tabela 6.

Tabela 6: Quantidade de resíduos orgânicos/rejeitos estimados na Central de Triagem

Zona	Ano	Coleta seletiva (ton/mês)	Fração reciclável (%)	Massa de resíduos orgânicos/rejeito (ton/mês)	Total de orgânicos/rejeito (ton/Mês)	Total de orgânicos/rejeito (ton/dia)
Urbana		142,15	58,5%	83,16		
Rural	2023	11,48	69,5%	7,98	91,14	4,14
Urbana		149,92	58,5%	87,70		
Rural	2027	12,1	69,5%	8,41	96,11	4,37
Urbana		175,92	58,5%	102,91		
Rural	2046	14,2	69,5%	9,87	112,78	5,13

Fonte: Autor (2025).

Caso a central de triagem estivesse em operação em 2023 estimou-se uma chegada de 4,14 ton/dia de resíduo orgânico/rejeito, porém como ela vai entrar em operação em 2027 estimou-se então a chegada de 4,37 ton/dia. Ao final do período avaliado (20 anos) se estima que esse valor irá aumentar para 5,13 ton/dia.

5 ADEQUAÇÃO DA CENTRAL DE TRIAGEM NA ÁREA EXTERNA

Foi identificada a necessidade de mudanças significativas na parte externa do pavilhão principal da Central de Triagem, com o objetivo de suportar não apenas o aumento no número de funcionários, mas também o fluxo crescente de resíduos que a unidade pretende receber.

Essas alterações são essenciais para atender adequadamente às demandas dos trabalhadores, garantir a eficiência e a segurança das operações. No Apêndice I, são apresentadas as Especificações técnicas do projeto de adequação da central de triagem.

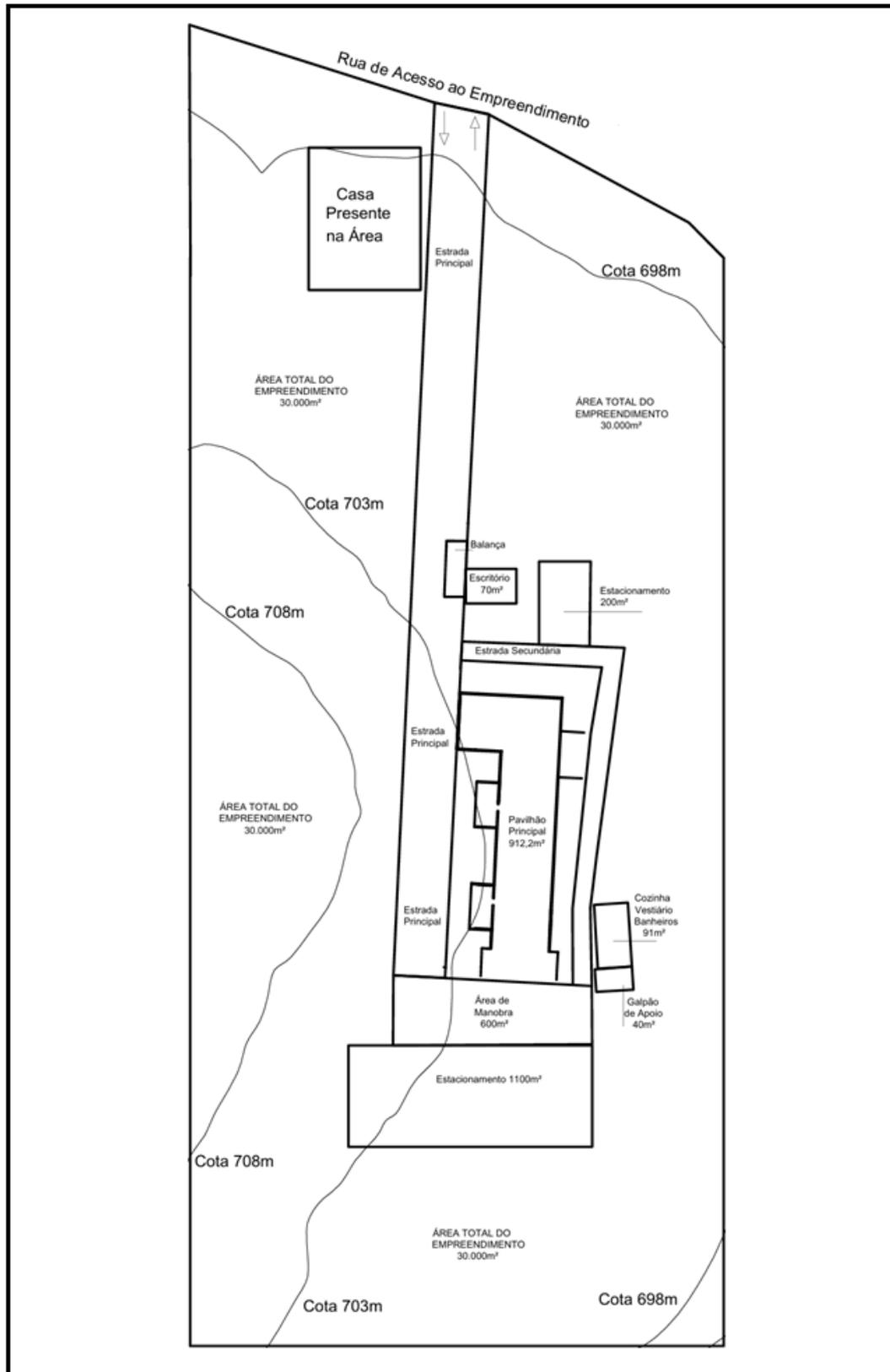
O projeto contempla um empreendimento com uma área total de 30.000 m², localizado em um terreno que apresenta variações de elevação entre 698 m e 708 m. As curvas de nível da área foram obtidas por meio de um levantamento aerofotogramétrico realizado em 2018, disponibilizadas no banco de dados do site da Prefeitura de Farroupilha (Geo Farroupilha, 2018).

O leiaute foi projetado para oferecer uma circulação eficiente dentro da área, ele inclui estradas principais e secundárias, proporcionando acessibilidade ao local. No centro do projeto está o pavilhão principal, com 912,2 m², acompanhado de uma área de manobra de 600 m².

Estão ilustradas diversas estruturas de apoio essenciais para o funcionamento da central de triagem. Entre essas estruturas estão dois estacionamentos, um para os veículos dos colaboradores e visitantes e outro com espaço para os caminhões também, ainda inclui banheiros e vestiários para atender às necessidades dos funcionários, uma cozinha equipada para a preparação de refeições e um escritório destinado à gestão e administração das operações. Ainda, está previsto a necessidade de construção de um galpão de apoio.

Embora o texto não entre em detalhes sobre a configuração de cada estrutura individualmente, as localizações e a área total dos diferentes componentes do projeto estão representadas na Figura 8.

Figura 8 – Leiante externo da Nova Central de Triagem

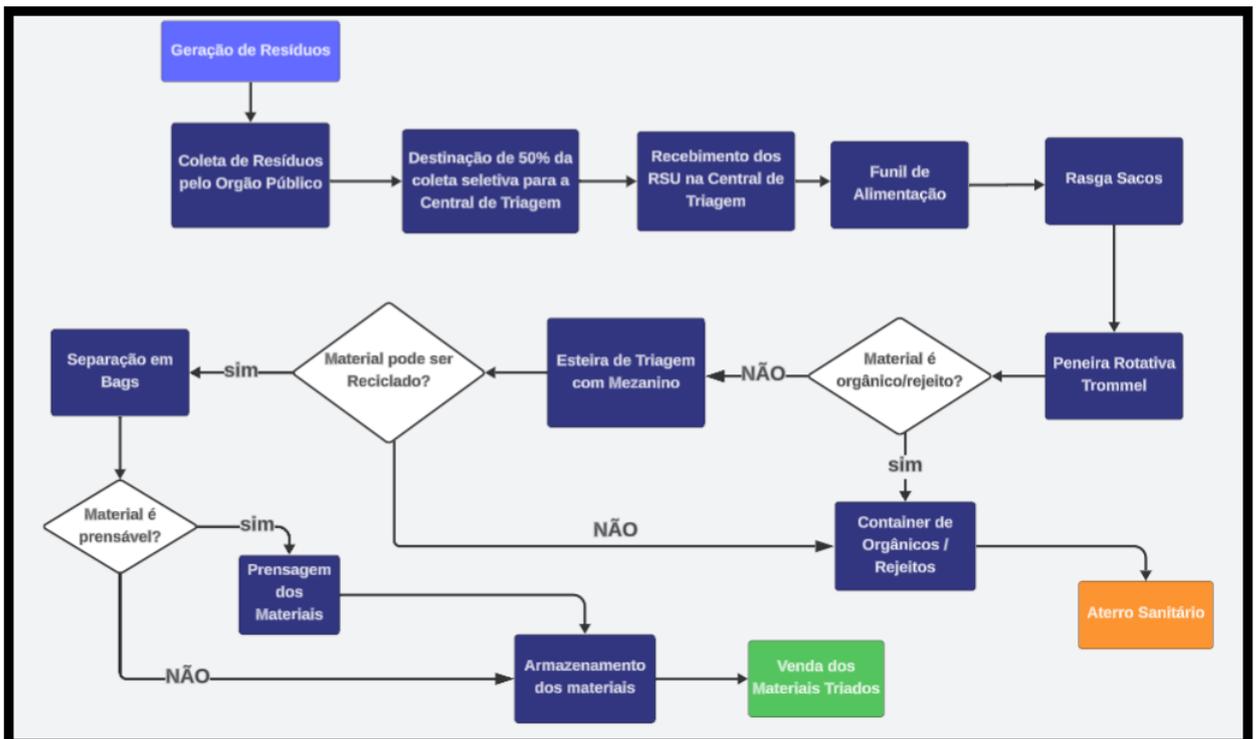


Fonte: Autor (2025).

5.1 FLUXOGRAMA DO NOVO PROCESSO DE TRIAGEM

O novo fluxograma do processo está apresentado na Figura 9, estando detalhadas as etapas do processo da usina, alinhando-se à capacidade de processamento planejada e à demanda a ser atendida.

Figura 9 – Fluxograma do novo processo de triagem de RSU



Fonte: Autor (2025).

5.1 QUANTIDADE DE TRABALHADORES ESTIMADA

O dimensionamento da equipe de trabalho é essencial para garantir o funcionamento de uma central de triagem de resíduos sólidos urbanos (RSU). A definição da quantidade de colaboradores considera o volume médio mensal estimado de resíduos provenientes da coleta seletiva no município de Farroupilha, a estrutura física da central, os turnos de operação e os fluxos de materiais. Com base na planilha de orçamento técnico do projeto, estimou-se a necessidade de 26 colaboradores, distribuídos entre setores operacionais, técnicos, administrativos e de apoio.

A seguir estão descritas as funções e respectivas quantidades previstas para a operação da central:

- **Setor Operacional**

16 agentes de triagem: responsáveis pela separação manual dos resíduos recicláveis na esteira, conforme tipo de material (papel, plástico, metal, vidro, entre outros), assegurando o encaminhamento correto para prensagem ou armazenamento.

2 operadores de equipamentos: atuam na operação de prensas, empilhadeira ou mini carregadeira, realizando o acondicionamento e movimentação interna dos materiais.

- **Setor Técnico**

2 técnicos responsáveis: profissionais habilitados (engenheiro ambiental ou tecnólogo) responsáveis pelo controle técnico da operação, relatórios, cumprimento das normas ambientais e apoio à gestão dentro da central.

- **Setor Administrativo**

2 auxiliares administrativos: executam tarefas de controle de pesagens, emissão de documentos, organização de rotinas operacionais e suporte à gestão financeira e de pessoal.

- **Setor de Apoio**

1 operador de balança: realiza o controle de entrada e saída dos resíduos, registro de pesagens e emissão de tickets.

3 auxiliares de pátio e limpeza: responsáveis pela limpeza geral da central, organização externa e apoio às atividades de logística dos resíduos e de carregamento.

Essa equipe foi definida de acordo com o porte estimado da central, considerando um volume máximo de 190 toneladas/mês de RSU reciclável, o que permite uma operação eficiente, segura e tecnicamente adequada à realidade de Farroupilha. Ressalta-se que este número pode ser revisto em função da expansão da coleta seletiva ou alterações na rotina operacional.

5.2 BALANÇA DE RESÍDUOS PARA CONTROLE DE ENTRADA E SAÍDA

A instalação de uma balança de resíduos na entrada e saída da unidade de reciclagem é crucial para controlar e registrar a quantidade de resíduos que entram e saem da instalação. Isso permite o monitoramento preciso do fluxo de resíduos, auxiliando na gestão de estoques, na

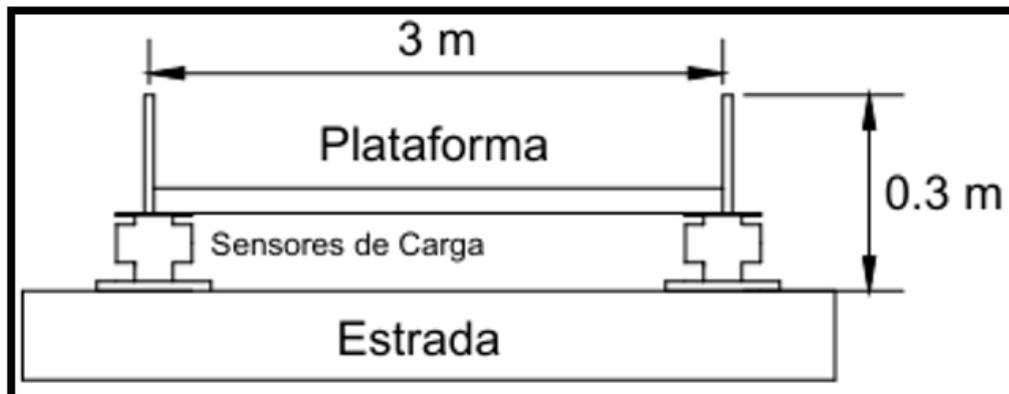
determinação das taxas de reciclagem e na obtenção de dados importantes para otimizar a operação da unidade.

Para a central de triagem, será utilizada uma balança do tipo rodoviária sobre o piso, projetada para atender à demanda de pesagem de caminhões. Essa escolha se deve à ampla área de manobra disponível, o que permite a instalação de uma balança sem a necessidade de embutimento no piso, reduzindo assim custos de instalação.

A balança contará com uma estrutura composta por vigas do tipo I em aço, garantindo resistência e durabilidade para suportar cargas pesadas. A balança terá 12 metros de comprimento por 3 metros de largura, adequadas para acomodar caminhões do tipo “truck”.

A balança terá uma capacidade de pesagem mínima de 40 toneladas, assegurando que possa lidar com os veículos utilizados na operação da central de triagem, como caminhões truck ou bitruck, que podem atingir Peso Bruto Total (PBT) de até 23 toneladas e 29 toneladas, respectivamente (BSOFT, 2023), sua configuração está ilustrada na Figura 10.

Figura 10 – Croqui da vista frontal da balança sobre piso



Fonte: Autor (2025).

5.3 ESTRUTURAS DE APOIO DA CENTRAL DE TRIAGEM

- **Escritório:**

Um escritório, bem estruturado e equipado é essencial para a gestão eficaz da central de triagem, proporcionando condições favoráveis para a administração, controle de estoque, acompanhamento de processos e tomada de decisões assertivas, contribuindo para a eficiência e o sucesso operacional da unidade. Para atender às necessidades operacionais, o empreendimento inclui um escritório de 70 m².

- **Cozinha, vestiários e banheiros:**

Ter uma cozinha e refeitório adequado para os funcionários da unidade de triagem proporciona um ambiente de trabalho saudável e produtivo. Um espaço para refeições confortável e funcional contribui para o bem-estar dos trabalhadores, promovendo a satisfação no trabalho e melhorando a eficiência operacional.

A presença de banheiros e vestiários também é crucial para garantir a higiene e saúde dos trabalhadores, prevenindo doenças e promovendo o bem-estar, além de assegurar conformidade com regulamentações de saúde e segurança.

- **Estacionamento:**

O estacionamento bem planejado é necessário, pois garante a segurança e bem-estar dos trabalhadores, sendo bem amplo e não atrapalhando nas operações do dia a dia da usina, o projeto contempla um estacionamento amplo, que pode ser utilizado por caminhões, totalizando 1.100 m², para facilitar o fluxo de veículos pesados, além de um estacionamento adicional de 200 m², voltado para funcionários e visitantes.

- **Galpão de apoio:**

Está prevista a construção de um galpão de apoio, cuja função será dar suporte logístico às operações principais, podendo abrigar materiais, ferramentas, equipamentos auxiliares ou servir como área de manutenção e armazenamento técnico, conforme a demanda operacional.

5.4 PAVILHÃO PRINCIPAL

Inicialmente para viabilizar a operação da usina de triagem, deverá ser feita a adequação do pavilhão principal, onde hoje é constituído de um pavilhão com chão de concreto, estrutura de madeira e telhas de cerâmica.

Será aproveitado apenas o piso de concreto existente e feito um pavilhão com estrutura metálica totalizando 912,2 m². Todo chão do pavilhão deve ser impermeabilizado e ter seu piso demarcado com tinta, diferenciando seus setores. Embora a projeto estrutural do pavilhão não seja o objeto deste trabalho, estão definidos abaixo alguns requisitos mínimos para este item.

5.4.1 Pavimento

O piso de concreto existente será mantido e aumentado conforme necessário, permanecendo com sua espessura de 20 cm. O piso de concreto deve ser armado para aumentar sua resistência e durabilidade, segundo o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS, 2025), 20 cm de piso de concreto armado pode suportar 25 toneladas por metro quadrado (t/m^2) para cargas estáticas.

Essa espessura é suficiente para suportar a carga de maquinário pesado, como prensas, máquinas do sistema de triagem, ainda suportar fluxo de caminhões e empilhadeira, além do impacto gerado pela movimentação de resíduos.

5.4.2 Estrutura em aço

A estrutura do pavilhão será metálica, considerando viga, pilares e terças em aço conforme a necessidade.

- Vão Máximo: 17 metros, conforme o projeto.
- Altura: Edificação com pé direito de 7 metros.

5.4.3 Pilares

Recomenda-se o uso de perfis de aço H. O uso de perfil H é preferido para maior eficiência estrutural em vãos grandes devido à sua capacidade de suportar cargas de flexão e compressão, sendo que o dimensionamento deverá ser feito por um engenheiro estrutural, considerando as cargas de uso, das telhas, vento e outros fatores.

5.4.4 Fundação

Como o pavilhão já possui fundações, a necessidade de reforço deverá ser avaliada, considerando as novas cargas que a estrutura metálica trará.

Caso identificado necessário, deverão ser projetadas e construídas novas fundações.

5.4.5 Telhado

Será adotada cobertura em telha metálica trapezoidal de aço galvanizado, que proporciona alta resistência e durabilidade.

Modelo Sugerido: TP 40 ou TP 50, que são comumente utilizadas em coberturas industriais. Espessura de 0,50 mm a 0,75 mm para garantir resistência adequada, especialmente

considerando impactos, vento e peso. A inclinação do telhado deve ser suficiente para escoamento de água, entre 5% e 15%.

5.4.6 Fechamento das laterais

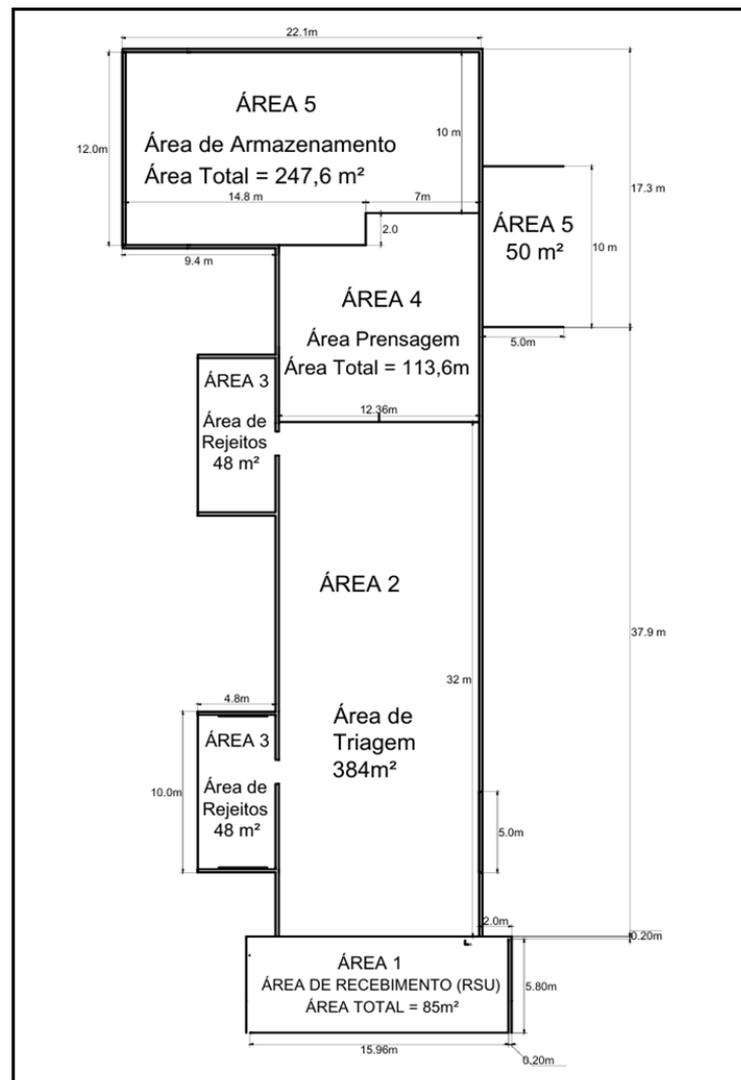
Fechamento nas laterais e portões feito em aço e telhas metálicas trapezoidal de aço galvanizado. Altura máxima para o fechamento lateral: 2 metros abaixo do nível do telhado, permitindo assim a circulação de ar.

6 PROJETO DE ADEQUAÇÕES INTERNAS AO PAVILHÃO PRINCIPAL PARA O RECEBIMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para atingir a capacidade de processamento de 531,5 kg/hora de resíduos triados, se faz necessário o uso de múltiplas tecnologias disponíveis, além do uso estratégico da área. Neste capítulo são apresentadas as adequações na parte interna do Pavilhão Principal, sendo dividido em 5 áreas principais: Área 1 - Recebimento de resíduos, Área 2 - Triagem, Área 3 – De Resíduos orgânicos/rejeitos, Área 4 - Prensagem e por último a Área 5 – Armazenamento.

A disposição dessas áreas está ilustrada na Figura 11 e detalhada nas peças gráficas apresentadas no Apêndice III, que inclui a Prancha 1 (Planta baixa do Pavilhão Principal) e a Prancha 2 (Corte A – Linha de Triagem).

Figura 11 – Configuração das áreas do Pavilhão Principal

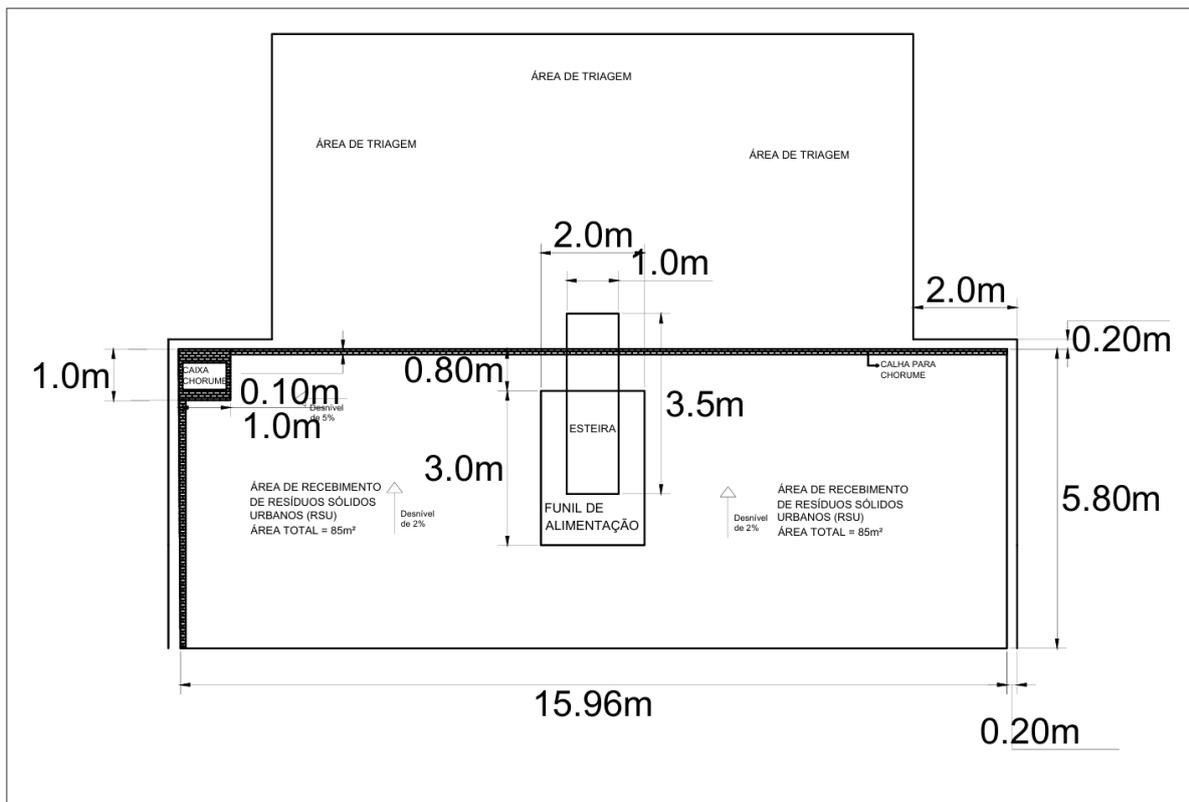


Fonte: Autor (2025).

6.1 ÁREA 1: RECEBIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A Área de Recebimento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é uma parte crítica da infraestrutura de uma usina de triagem, sendo necessário ter dimensões adequadas para o descarregamento e armazenamento dos resíduos até serem triados e processados posteriormente. Na Figura 12 está presente a configuração da área 1 e seus elementos.

Figura 12 – Área 1: Recebimento dos resíduos sólidos urbanos (RSUs)



Fonte: Autor (2025).

A área de recebimento dos resíduos sólidos urbanos está a 1 metro acima da cota da área de triagem e vai ser coberta para proteger os resíduos da chuva e do vento, já nas laterais deve conter uma parede de concreto, de 20 cm de largura por 20 cm de altura para contenção da água e do chorume, seguindo o fechamento acima. A entrada da área de recebimento será toda a frente do pavilhão, que será um vão aberto de 15,96 m, de fácil acesso para que os caminhões possam descarregar os RSUs.

6.1.1 Piso e drenagem do chorume

O piso será feito seguindo as especificações técnicas do projeto, para suportar o peso dos caminhões e o manejo dos resíduos. Em toda área do pavilhão principal o piso deve ser impermeabilizado, mas principalmente na área de recebimento dos RSU.

Calha Drenagem Chorume: Foi projetado uma calha seguindo as especificações técnicas do projeto, evitando o acúmulo de chorume e água na Área 1. Deverá possuir também uma caixa de coleta do chorume, podendo armazenar até 1000 litros de chorume e água, para posterior coleta e tratamento adequado por uma empresa terceirizada.

6.1.2 Capacidade de armazenamento

Deve haver espaço suficiente na área de recebimento, para acomodar a quantidade de material até que este seja processado. Para tal, foi calculado a capacidade de armazenamento através da relação da densidade dos RSUs e a área disponível para recebimento de RSUs.

A densidade dos RSUs pode variar bastante, dependendo da composição do resíduo e do nível de compactação. Não foi localizado dados da densidade dos resíduos seletivos de Farroupilha. Segundo Luz (2019) a densidade média dos Resíduos Sólidos é de 231 kg/m³. Para fins de cálculo, será adotado 300 kg/m³, tendo em vista que é uma densidade baixa, já que a coleta seletiva de Farroupilha possui caminhões compactadores.

A área total destinada ao recebimento de resíduos sólidos urbanos (RSUs) possui dimensões de 15,96 metros de comprimento por 5,80 metros de largura. Para determinar a área disponível para armazenamento, é necessário subtrair a área ocupada pelos equipamentos, que medem 3,8 metros de comprimento por 2 metros de largura. Após essa subtração, obtém-se uma área disponível de 85 m².

Para o armazenamento dos resíduos sólidos urbanos, foi estabelecida uma altura máxima de 1 metro para as pilhas. Com base nisso, a capacidade total da área de armazenamento foi estimada em 25.500 kg de RSUs, considerando a densidade média dos resíduos e o volume disponível. Diante disso, verifica-se que a área é suficiente para armazenar, temporariamente, até três dias de operação, mesmo no cenário de máxima recepção, estimada em 8,64 toneladas por dia. Essa área também é estratégica para permitir a circulação e manobras da mini carregadeira, além de garantir a continuidade das operações nos casos de interrupções nos demais setores ou em dias com picos no recebimento de resíduos.

6.1.3 Segregação inicial

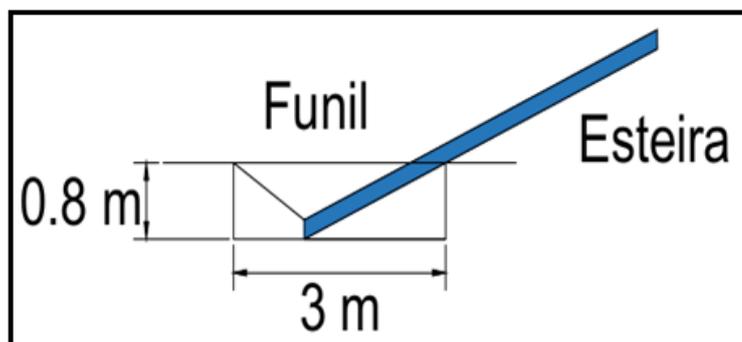
Na Área 1, poderá ser feito uma pré-triagem, de forma manual, para a retirada de contaminantes grosseiros, objetos grandes ou perigosos, que podem atrapalhar os processos seguintes. Após a segregação inicial, o resíduo deve ser colocado no funil de alimentação, com a ajuda de uma mini carregadeira que deve atender as especificações técnicas do projeto.

6.1.4 Equipamento 1 - Funil de alimentação

É projetado para receber os resíduos sólidos e direcioná-los para uma esteira que os transporta para a próxima etapa do processo de triagem. Pode também ser chamado silo de recepção. Deve seguir as especificações técnicas do projeto, para aguentar o impacto dos resíduos.

O Funil de alimentação é acoplado uma esteira inclinada para levar o resíduo de seu interior para o próximo equipamento.

Figura 13 – Croqui Funil de Alimentação



Fonte: Autor (2025).

6.1.5 Equipamento 2 - Esteira de alimentação de resíduo

Para mover os materiais de um lugar a outro em uma central de triagem é preciso um sistema de transporte adequado. As esteiras transportadoras permitem um movimento mais eficiente nas linhas de produção e no transporte pesado. Existe uma ampla gama de modelos e conceitos, devem ser seguidas as Especificações Técnicas do projeto, conforme o item E4 - Esteira de alimentação de resíduos.

6.2 ÁREA 2: TRIAGEM

A Área de Triagem é a parte central da usina e desempenha um papel fundamental na separação dos materiais recicláveis e não recicláveis que foram recebidos, possui equipamentos específicos para ajudar na separação.

A função principal da área de triagem é organizar e classificar os resíduos sólidos urbanos após seu recebimento, fazendo a destinação correta dos materiais, seja por meio de venda a empresas recicladoras ou pela correta disposição ambiental.

Os principais produtos a serem triados na Área 2 incluem uma variedade de materiais recicláveis, sendo eles: papelão, papel branco, papel misto, Tetrapak, PEAD branco, PEAD colorido, balde bacia branco, balde bacia colorido sem preto, balde bacia preto, caixarias, filme cristal, filme canela, filme colorido, cano de PVC, rafia, PET cristal, PET verde, PET colorido, alumínio e desodorante, ainda é feita a triagem e venda de sucata e vidro, sendo ele retornável ou quebrado em container. Ressalta-se ser possível adicionar ou remover materiais conforme exista uso, ou compradores para os mesmos.

6.2.1 Leiaute e Dimensões

A área projetada de 384 m² possui dimensões adequadas para acomodar os equipamentos de triagem, esteiras transportadoras e bags de armazenamento. Devido ao volume de resíduos que a usina deve processar diariamente, a área de triagem precisa ser espaçosa o suficiente para permitir a circulação dos trabalhadores. O leiaute da Área 2 é apresentado na Figura 14.

6.2.2 Equipamentos Utilizados

Nesta seção, serão apresentados os principais equipamentos utilizados na área de triagem de resíduos sólidos urbanos. A eficiência do processo de triagem está diretamente ligada à escolha e ao desempenho desses equipamentos, os quais trabalham em conjunto para garantir a separação adequada dos materiais recicláveis, orgânicos e rejeitos. A seguir, é descrito cada um dos equipamentos e suas funcionalidades, suas especificações técnicas são apresentadas no Apêndice I.

6.2.2.1 Equipamento 1 - Rasga sacos

É o primeiro equipamento utilizado na área de triagem, que vai ser alimentado pela esteira com ângulo que é mencionada no item 7.1.5. Um rasga sacos é um equipamento utilizado no processamento de resíduos sólidos urbanos que tem função de romper os sacos plásticos que contêm os resíduos, facilitando a separação e triagem dos materiais. Destacam-se algumas características do equipamento:

Caixa de alimentação: Permite o rompimento rápido dos sacos em poucos segundos após a alimentação;

Esteira Transportadora: Possuir uma esteira interna para o transporte dos resíduos;

Fracionador de Resíduos: Integrar um eixo fracionador na caixa de alimentação, garantindo dosagem eficiente.

Na Figura 15 é apresentado um modelo do rasga sacos.

Figura 15: Rasga sacos modelo Fabritek



Fonte: Fabritek (2025)

6.2.2.2 Equipamento 2 - Esteira Transportadora

Conforme o resíduo passa do rasga sacos para a peneira rotativa, ele necessita de transporte, já que vai sair a uma cota de 0,5 m e entrar na peneira rotativa na cota de 2,7 m.

O Equipamento 2 consiste em uma esteira transportadora com nervuras, que opera com ângulo de 45°, deve possuir 4 metros de comprimento, 1 metro de largura e 2,85 metros de altura, além de seguir as recomendações das especificações técnicas.

6.2.2.3 Equipamento 3 - Peneira rotativa trommel

A peneira rotativa trommel é um importante equipamento, utilizada na triagem de resíduos sólidos urbanos. Este equipamento é projetado para separar materiais por tamanho e é particularmente eficaz na separação de frações mais finas dos materiais recicláveis e orgânicos.

A peneira rotativa consiste em um tambor cilíndrico que gira ao redor do seu eixo, permitindo que os resíduos passem por aberturas de diferentes tamanhos, enquanto materiais maiores são destinados a próxima etapa do processo. Isso auxilia no processo de reciclagem e no manejo eficiente de resíduos, já que boa parte do resíduo orgânico já é separado. Devem ser seguidas as Especificações Técnicas do projeto, conforme o item E7 - Peneira rotativa (Trommel).

6.2.2.4 Equipamento 4 - Esteira Transportadora

Conforme o resíduo orgânico passa entre a peneira rotativa, ele cai por um funil em cima de uma esteira horizontal, para ser transportado até um container de rejeito, na parte lateral externa do pavilhão, para posterior carregamento do container e envio do resíduo orgânico (rejeito) ao aterro sanitário. A esteira não possui inclinação e a distância da peneira rotativa até o container de rejeito, é de 7,5 metros, portanto, necessita de uma esteira deste porte. Suas Especificações Técnicas estão presentes no Apêndice I, no item E6 - Esteiras transportadoras.

6.2.2.5 Equipamento 5 - Esteira Transportadora

Conforme o resíduo seletivo passa da peneira rotativa, para a esteira de triagem, necessita de transporte, uma vez que a cota de saída da peneira é de 1 metro em quanto a cota de entrada na esteira de triagem é de 3,8 metros (1 m esteira + 2,8 m mezanino).

O Equipamento 5 consiste em uma esteira transportadora com nervuras, que opera com ângulo de 45°, desta vez possui 5 metros de comprimento, 1 metro de largura e 3,54 metros de altura.

As Especificações Técnicas do Equipamento 5 estão presentes no Apêndice I, no item E6 - Esteiras transportadoras. A esteira terá de ser colocada a 0,50 metros acima do nível do chão em ambas as extremidades, para se adequar a saída da peneira rotativa e a entrada da esteira de triagem com mezanino, conforme mostrado no Apêndice III – Peças Gráficas.

6.2.2.6 Equipamento 6 – Esteira de triagem com mezanino

Para aproveitar melhor o espaço disponível no pavilhão, optou-se pelo uso de instalações de apoio localizadas em pavimento superior, chamado de mezanino, onde consiste em um segundo andar feito de metal, com a esteira de triagem acima.

Logo após a triagem do material na parte superior, o mesmo é colocado em um duto que faz a ligação direta dentro de bags condicionados na parte inferior, quando cheios, são levados para a área de armazenamento ou para a área de prensagem, dependendo do material separado.

Para determinar o comprimento da esteira que é preciso para suportar o fluxo, primeiro se fez necessário estimar quanto cada trabalhador consegue triar por hora.

Segundo Correia (2022), a produtividade de triagem de um trabalhador chega a uma recuperação de até 4,6 t/mês por posto de trabalho. Considerando que as unidades de valorização de resíduos (UVRs) trabalhem 22 dias por mês, 8 horas por dia, pode-se determinar a quantidade de resíduo em média que um trabalhador consegue triar por hora, sendo igual à 26,14 kg/hora.

Segundo o Caderno da Reciclagem (2023), a produtividade média dos catadores em municípios com UVRs mais estruturadas organizadas alcançam ganho de até 40% em relação às unidades com menor nível de mecanização e organização.

Considerando que a Central de Triagem em estudo será equipada com rasga-sacos, peneira rotativa e pré-triagem, pode-se estimar a produtividade individual dos trabalhadores como sendo a razão entre 26,14 kg/hora e 40%, sendo igual 36,6 kg/hora.

Serão adotados 16 postos de triagem na esteira, que possuem juntos uma capacidade de até 585,6 kg/hora, superando assim a taxa de triagem necessária que é de 540,625 kg/h em 2046.

Assim, o dimensionamento de 16 trabalhadores permite atender a demanda inicial e final, sendo recomendada a expansão da equipe conforme o crescimento da geração de resíduos.

É possível a separação de até 64 tipos de materiais, já que cada posto de trabalho possui 4 tubos de descarga. Os tubos de descarga do produto (material reciclável) até o bag possuem 400mm x 400mm, ou 0,40 m cada, como serão 2 tubos de cada lado do posto de trabalho, deve

se somar os mesmos a largura necessária para o trabalhador, que será de 0,60m, totalizando 1,40m por posto de trabalho.

Como são 16 postos de trabalho, dividido em duas séries de 8 em cada lado da esteira de triagem, cada um com 1,40 m, se faz necessário o uso de uma esteira de 11,2 metros de comprimento, mais 1 metro ao final da esteira para ligação com a esteira de resíduo, totalizando 12,2 m.

Na Figura 16 é apresentado um modelo da esteira de triagem com mezanino.

Figura 16 – Esteira de Triagem com Mezanino



Fonte: JZardo (2024).

Todo material que não for triado na esteira segue para o fim da mesma, caindo em outra esteira e sendo levada para um container de rejeito.

6.2.2.7 Equipamento 7 - Esteira Transportadora

Conforme os resíduos orgânicos e rejeitos atingem o final da esteira de triagem, eles caem em um funil que os direciona para uma esteira horizontal elevada. Essa esteira transporta os materiais até um container de rejeito, na parte lateral externa do pavilhão, para posterior carregamento do container e envio do resíduo orgânico (rejeito) ao aterro sanitário.

A altura da esteira é de 2,8 metros, para não atrapalhar o fluxo a baixo da esteira de trabalhadores retirando os bags. A distância da peneira rotativa até o container de rejeito, é de 7.5 metros, portanto necessita de uma esteira deste porte. Detalhes adicionais podem ser visualizados no Apêndice III – Peças Gráficas, é apresentado mais detalhes.

Conforme modelo comercial da Damakine (2024), modelo ER8 possui as especificações técnicas necessárias para uma esteira deste porte, será com uma altura de 2,8 metros do nível do piso.

6.3 ÁREA 3 – PARA RESÍDUOS ORGÂNICOS/REJEITOS

Conforme o material vai sendo separado e classificado, acabam por sobrar os rejeitos na linha de triagem, que por sua vez não possuem capacidade de reciclagem, devendo ser enviados para o aterro sanitário. Pensando nisso e que estes rejeitos serão produzidos em duas etapas, sendo a primeira proveniente da peneira rotativa, e em segundo no final da esteira de triagem, foram criadas 2 áreas para abrigarem os containers, que servem para o transporte deste resíduo até o aterro sanitário, podendo ser observados anteriormente na Figura 14.

Para estimar o volume necessário dos containers, para suprir à quantidade gerada de rejeitos e resíduos orgânicos na usina de triagem, primeiramente foi estimada a quantidade esperada de geração.

Conforme observado na Tabela 6, se prevê no máximo 5,13 ton/dia de resíduos orgânicos/rejeitos até 2046. Uma vez que o peso específico para resíduos orgânicos, segundo Quaresma (1998), é de 800 kg/m³, será necessário um volume de armazenamento de 6,41 m³ por dia para disposição na unidade de triagem e posterior transporte nos containers.

Como ilustrado anteriormente na Figura 14, cada espaço possui 3 containers, sendo as dimensões de cada container: 3 metros de comprimento, 2 metros de largura e 1,5 metros de altura, totalizando um volume de 9 m³ por container.

Como o espaço disponibilizado abriga até 6 containers, possui uma margem de quase 10 vezes maior que o necessário por dia, sendo essencial para caso de atraso na retirada dos mesmos ou aumento do volume gerado de resíduos orgânicos/rejeitos na unidade de triagem.

6.4 ÁREA 4: PRENSAGEM

Logo após a Área 2 - Triagem, foi definida a área de prensagem, com o objetivo de compactar materiais recicláveis que podem ser prensados, para facilitar o armazenamento e transporte.

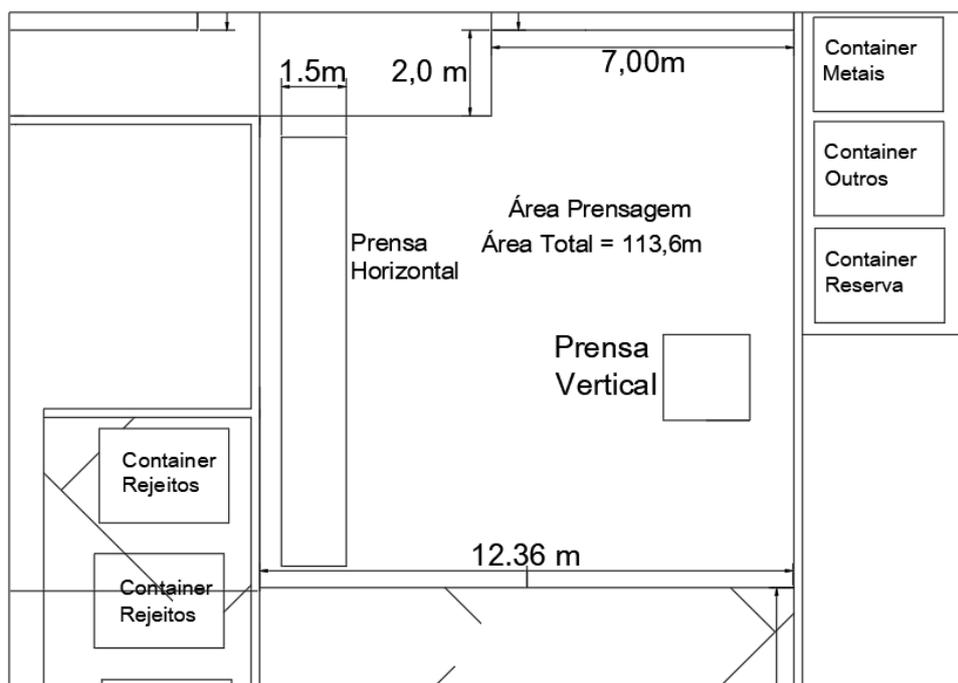
Vale ressaltar que nem todos materiais podem sofrer compactação, pois alguns perdem seu valor de mercado, por exemplo as latinhas de alumínio. Os materiais que podem ser prensados incluem papéis e papelões, como jornais, revistas e caixas de papelão; plásticos,

como garrafas PET, embalagens de plástico e recipientes de polipropileno; latas metálicas, que englobam latas de alumínio e aço. Também é possível prensar alguns materiais compostos, como embalagens do tipo longa vida ("Tetra Pak").

É importante garantir que os materiais estejam limpos e separados adequadamente antes da prensagem, uma vez que a mistura de resíduos pode dificultar o processo de reciclagem.

O leiaute da área de prensagem é ilustrado a seguir na Figura 17.

Figura 17 – Leiaute da área de prensagem



Fonte: Autor (2025).

6.4.1 Equipamentos Utilizados

A seguir são apresentados os equipamentos fixos usados na área de prensagem.

6.4.1.1 Equipamento 1: Prensa hidráulica vertical

Consiste em uma prensa hidráulica vertical, ou seja, o cilindro hidráulico é posicionado em pé. O material a ser prensado é colocado na parte inferior da prensa de forma manual, depois o compartimento é fechado, então o cilindro é acionado e desce para compactar o material, formando fardos que ficam empilhados verticalmente após a prensagem, sendo necessário repetir o processo de 5 -7 vezes para formar cada fardo.

Atualmente, a Central de Triagem já possui esta prensa, porém como ela possui uma taxa de processamento baixa, ela vai ser usada para materiais que tenham menor saída, como embalagens longa-vida. A prensa existente pode ser observada na Figura 7.

6.4.1.2 Equipamento 2: Prensa hidráulica horizontal enfardadeira automática

É projetada horizontalmente, permitindo que o material a ser prensado entre pela lateral da máquina, através de uma esteira, em seguida cilindro hidráulico empurra o material em direção ao outro lado da prensa, compactando-o em fardos que saem pela lateral, sendo necessário apenas o carregamento do resíduo na parte inferior da esteira, tornando o processo bem mais rápido, já que possui um sistema automático de alimentação, prensagem e ejetor dos fardos.

A prensa hidráulica horizontal automática necessita de menor mão de obra, devido a sua automação, além de possuir uma capacidade maior de prensagem e maior eficiência, sendo adequada para grandes volumes de resíduos.

Este modelo, será usada para materiais como plásticos e papelão, que possuem um volume muito maior gerados na área de triagem.

Devem ser seguidas as Especificações Técnicas do projeto, conforme o item E10 - Prensa hidráulica horizontal automática. Na figura 18 é apresentado um modelo de prensa hidráulica automática.

Figura 18: Prensa Hidráulica horizontal automática modelo PEHC – 1400



Fonte: Plasbel (2025).

A prensa hidráulica horizontal enfardadeira automática, pode prensar no máximo 18 fardos por hora, sendo cada um com no mínimo 400 kg, sendo capas de prensar até 7,2 toneladas de resíduo por hora.

6.4.1.3 Empilhadeira com Balança Loader-Exp

É destacado o uso de uma empilhadeira com garfos em diversas áreas, não sendo abordado a marca, porém com a necessidade de ter uma capacidade de carga igual ou maior que 1500 kg.

Na área de prensagem, é realizada a pesagem dos materiais, que podem estar prontos para o armazenamento em fardos processados ou em bags. Todo material triado e classificado passa pela balança, onde é etiquetado com a data e o peso seguindo para a área de armazenamento.

Será utilizada uma balança para empilhadeira LOADER-EXP. Segundo Balanças RR (2023), a "Balança para Empilhadeira LOADER-EXP é um sistema de pesagem instalado diretamente no sistema hidráulico da empilhadeira, podendo ser mecânica ou elétrica. O sistema permite efetuar pesagens rápidas, durante as movimentações de carga. O indicador é instalado dentro da cabine, permitindo o operador ter o total controle dos carregamentos e das operações de transporte utilizando a empilhadeira. ”

Ainda segundo Balanças RR (2023), a balança embarcada conta com uma mini impressora Bluetooth (sem fios) que permite a impressão do ticket com a data, hora, e valores em kg. O ticket pode ser emitido à cada pesagem ou somente no final do carregamento. A cada pesagem o operador registra o peso e o valor é armazenado na memória do indicador, a cada pesagem o indicador soma os valores, permitindo o operador visualizar o valor total carregado (soma das pesagens) até o presente momento. Isto auxilia o operador a controlar totalmente o carregamento para não faltar ou acusar excesso no carregamento. Ao final do carregamento, a impressora faz a impressão do relatório da pesagem com data e hora de cada pesagem, valores em kg de cada pesagem e o total carregado.

Com o uso desta ferramenta, o processo de movimentação, pesagem e etiquetagem tem maior eficiência, aumentando assim a velocidade de operação da usina de triagem.

6.5 ÁREA 5: ARMAZENAMENTO

A última etapa do pavilhão da unidade de triagem é a área de armazenamento, sendo um componente importantíssimo, pois nela são organizados os materiais recicláveis processados

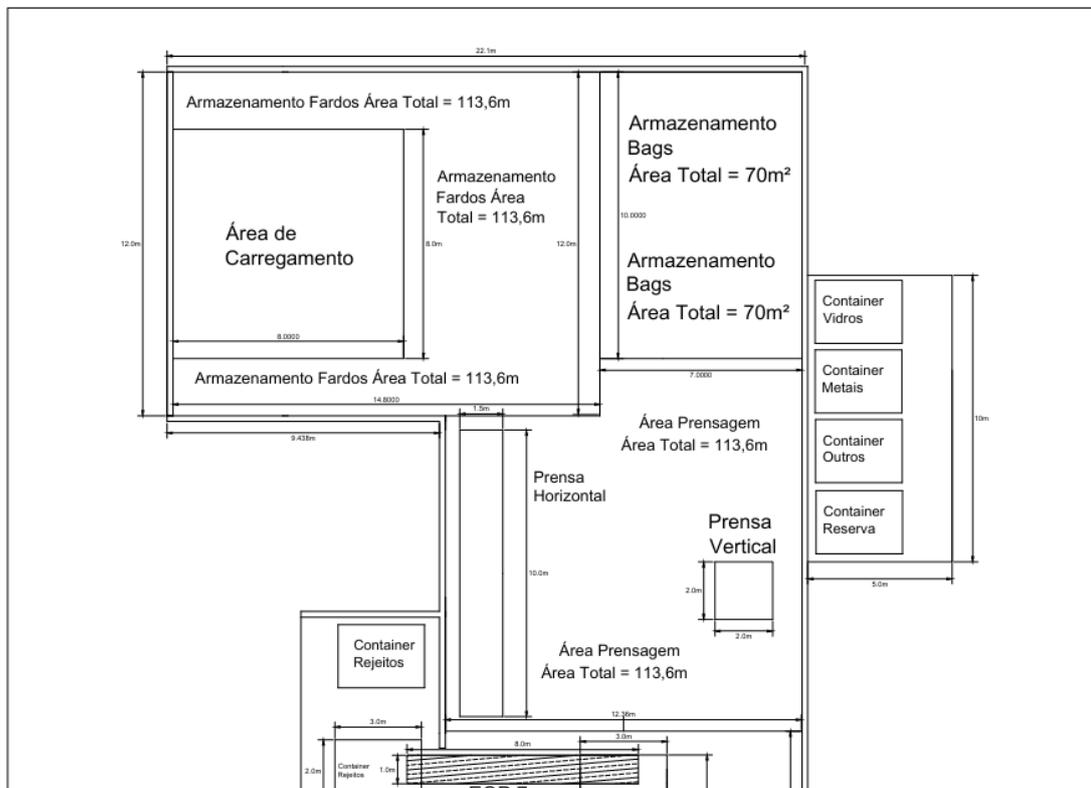
anteriormente, para posterior comercialização. A seguir estão descritos os principais aspectos desta área.

6.5.1 Design do Espaço

A área de armazenamento foi projetada considerando o espaço disponível no terreno, também o volume esperado de materiais que serão recebidos, armazenados e carregados, a fim de evitar a superlotação.

Na Figura 19 está ilustrado o leiaute da área de armazenamento e da área de prensagem.

Figura 19 – Área de Armazenamento e Área de Prensagem



Fonte: Autor (2025).

6.5.2 Tipos de Armazenamento

A área é dividida em zonas específicas para diferentes tipos de materiais (Papel e papelão, vidro, metais, plástico, longa-vida, embalagens, outros), ajudando assim na identificação e o acesso aos materiais quando for necessário.

Caçambas: Localizadas na parte final, lateralmente, a dois metros abaixo do nível do pavilhão, estão as caçambas para a coleta de matérias do tipo Vidro e Metais, onde possuem

acesso através de uma rua lateral ao pavilhão para posterior transporte. Seu carregamento é feito na parte de cima através de funis.

Bags (Big Bags): Ideais para armazenar materiais leves, volumosos e que não devem ser prensados, como alguns tipos de plásticos, embalagens, latinhas de alumínio.

Fardos: Os materiais prensados, como papel, papelão, plásticos PET, PEAD, entre outros, que estão compactados em forma de fardos, devem ser armazenados em cima de palletes, para evitar danos e facilitar a movimentação, podendo ser empilhados a fim de reduzir o espaço necessário.

6.5.3 Área de Carregamento

A área de carregamento serve como o ponto de saída para a maioria dos materiais armazenados, sendo crucial para o transporte e distribuição dos recicláveis triados na central. O carregamento deve ser feito no local indicado na Figura 19, com o uso da empilhadeira. É possível estacionar até 2 caminhões truck por vez.

7 GESTÃO AMBIENTAL NA CENTRAL DE TRIAGEM

A gestão ambiental em uma central de triagem de RSU envolve a aplicação de técnicas de engenharia para reduzir a poluição, proteger o entorno e promover a sustentabilidade. Cabe ao responsável técnico ambiental projetar e implementar medidas estruturais e operacionais que garantam prevenção da poluição e contaminação do solo, água e ar, além de mitigar impactos sociais e econômicos. Essas medidas devem estar em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e normas complementares já comentadas anteriormente, além da adoção de boas práticas, tais como integrar princípios de ESG (Environmental, Social e Governance) e atuar no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A seguir, estão apresentadas as principais práticas a serem realizadas na central de triagem para minimização do impacto ambiental.

7.1 ALINHAMENTO AOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável): São 17 metas globais adotadas pela ONU para combater desigualdades, proteger o planeta e garantir o bem-estar de todas as pessoas até 2030. Essas metas abrangem temas como saúde, educação, água, energia, clima, biodiversidade e inclusão social, orientando ações concretas para um desenvolvimento mais justo e sustentável em nível mundial.

As ações propostas demonstram alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacando-se principalmente os seguintes:

- *ODS 6 (Água Limpa e Saneamento)*: A central de resíduos contribui para a prevenção da contaminação dos recursos hídricos ao garantir o manejo adequado dos resíduos e evitar descartes irregulares.

- *ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis)*: Uma central de triagem eficiente melhora a gestão urbana de resíduos, reduzindo lixões e lixiviados, tornando a cidade mais limpa e resiliente. A inclusão social de catadores e transparência com a comunidade também reforça cidades mais inclusivas.

- *ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis)*: A central de triagem maximiza a reintrodução de materiais no ciclo produtivo, reduzindo o consumo de recursos naturais e volume de rejeitos.

- ODS 15 (Vida Terrestre): Proteger o solo e a biodiversidade local é fundamental. A triagem evita que resíduos sejam enterrados indiscriminadamente, preservando a qualidade do solo e habitats naturais.

Dessa forma, o conjunto de ações do responsável técnico ambiental não apenas atende às exigências legais, mas também incorpora as melhores práticas de sustentabilidade e governança. Ao relacionar cada medida aos ODS, assegura-se que a central de triagem opere de forma responsável, contribuindo para metas globais de desenvolvimento sustentável (Agenda 2030) e promovendo melhorias contínuas na gestão ambiental urbana da cidade de Farroupilha – RS.

7.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

A central de triagem é uma atividade potencialmente poluidora e exige licenciamento ambiental junto aos órgãos competentes. O responsável técnico deverá coordenar o processo de obtenção de licenças (prévia, instalação e operação).

Em Farroupilha (RS), a gestão ambiental é de responsabilidade da Prefeitura Municipal, por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA). Cabe a esta secretaria o licenciamento ambiental, o controle e a fiscalização de atividades potencialmente poluidoras, incluindo centrais de triagem de resíduos.

O processo de licenciamento ambiental deve seguir as normas e resoluções pertinentes. No licenciamento devem ser apresentadas análises de impactos, planos de controle ambiental e projetos executivos em conformidade com a legislação vigente.

É fundamental destacar que, como parte do processo de licenciamento e operação regular da central de triagem, deve ser elaborado o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Esse documento orienta a organização interna da unidade, identificando claramente as áreas de recebimento, triagem, armazenamento e destinação final dos resíduos, além de estabelecer procedimentos de manejo, controle e segurança ambiental. O PGRS contribui para a rastreabilidade dos resíduos e para o cumprimento das obrigações legais previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

Além disso, a central deverá manter um sistema de controle documental contínuo, com a emissão obrigatória do Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) para todos os resíduos destinados a outras unidades, garantindo sua rastreabilidade até a destinação final. A emissão de notas fiscais correspondentes ao volume comercializado de recicláveis também é essencial, tanto para fins tributários quanto para assegurar a transparência das operações. Esses

instrumentos asseguram a regularidade ambiental e fiscal da central, facilitando auditorias, fiscalização e parcerias com órgãos públicos ou privados.

Com vista a assegurar o cumprimento das licenças, deverão ser realizadas auditorias internas, verificando cumprimento dos compromissos ambientais, tais como emissão de ruído, limpeza de áreas e relatórios periódicos ao órgão licenciador.

7.3 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO

A central de triagem foi projetada para minimizar o risco de vazamentos e infiltrações de chorume. O piso de todo pavilhão principal deve ser impermeabilizado e ter cobertura adequada, sem vazamentos, de modo a impedir o contato da chuva com os resíduos. Devem ser instaladas canaletas de drenagem de chorume todo o entorno da Área 1 - Recebimento de Resíduos Sólidos Urbanos, e um reservatório específico para armazenar os líquidos gerados.

Em qualquer situação é proibido o contato direto entre águas pluviais e resíduos. Além disso, as estruturas (como telhados e paredes) devem prevenir a dispersão de materiais por ventos ou chuvas. Deverão ser adotadas medidas como:

- *Impermeabilização de pisos em toda área do pavilhão principal:* Aplicar revestimentos que impeçam a infiltração líquidos no piso;
- *Sistemas de retenção de chorume:* Canaletas e tanques específicos para coletar o chorume, destinados posteriormente a unidades parceiras para tratamento;
- *Armazenamento coberto dos resíduos:* Todos os resíduos (triados ou não) devem ficar dentro de estruturas fechadas durante a operação e jamais devem ser depositados diretamente sobre o solo, as estruturas podem ser observadas no Apêndice III – Peças gráficas.
- *Manutenção de ambiente limpo:* Limpeza periódica da área de triagem para evitar acúmulo de resíduos soltos, reduzindo atração de vetores e odores.

Essas providências seguem diretrizes técnicas ambientais que obrigam centrais de triagem a serem projetadas de forma a conter e tratar líquidos e evitar dispersão de poluentes. Também reduz o risco de contaminação do solo e das águas subterrâneas, alinhando-se ao ODS 6 (Água Limpa e Saneamento) e ao ODS 15 (Vida Terrestre).

7.4 GESTÃO E DESTINAÇÃO CORRETA DOS RESÍDUOS

Conforme estabelece o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o gerenciamento adequado dos resíduos deve ser conduzido por profissionais habilitados. Nesse contexto, o engenheiro ambiental atua coordenando as etapas que vão desde a triagem até a disposição final. Entre suas principais atribuições destacam-se:

- *Elaboração e implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS):* documento técnico que define responsabilidades, fluxos de resíduos e metas de minimização. A PNRS exige que empresas e empreendimentos designem responsável técnico habilitado para o PGRS;
- *Disposição final adequada de rejeitos:* Resíduos sem potencial de reciclabilidade devem ser enviados a aterros sanitários licenciados. A Lei nº 12.305/2010 proíbe lixões e aterros controlados, exigindo que municípios construam aterros sanitários para enterrar apenas rejeitos sem possibilidade de reutilização. A operação da central deve acompanhar a quantidade recebida e registrar o destino de cada lote;
- *Logística reversa e economia circular:* Devem ser estabelecidas parcerias com fabricantes e recicladores para a devolução de embalagens pós-consumo, reduzindo impactos e custos (ODS 12);
- *Cadastro e registro:* Manter registros de volumes, análises e movimentações de resíduos, em conformidade com instrumentos legais e para transparência do processo.

Essas ações asseguram a gestão integrada do resíduo e minimizam impactos ambientais. Elas seguem o conceito de responsabilidade compartilhada da PNRS, de forma que o engenheiro ambiental atua integrando atores (poder público, indústria, cooperativas de reciclagem) em um fluxo de resíduos cada vez mais sustentável (ODS 12 e 11).

É fundamental que a central de triagem respeite e proteja os recursos ambientais. Entre as responsabilidades estão:

- *Proteção de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal:* Na área do empreendimento não possui APP, nem reserva legal por se tratar de uma área urbana, mas caso existisse, deveria respeitar as faixas marginais de rios, nascentes, encostas íngremes e vegetação nativa definida pelo Código Florestal;

- *Zonas de amortecimento:* Manter áreas verdes ao redor da instalação para reduzir impactos visuais, controlar a poluição do ar e proteger a fauna local;
- *Recuperação e reflorestamento:* Caso houvesse supressão de vegetação, deveria desenvolver um plano de recomposição vegetal, porém na área da central de triagem não foi identificada a necessidade de supressão vegetal;
- *Manejo do entorno:* O manejo integrado de resíduos urbanos e saneamento pode proteger rios e evitar contaminações (ODS 14 e 15). O responsável técnico deve, portanto, monitorar e mitigar qualquer alteração no uso do solo ao redor da central, assegurando que a operação seja compatível com a conservação ambiental local.

7.5 CONDICIONANTES AMBIENTAIS: CONTROLE DE VETORES, ODORES E RUÍDOS

O ambiente da triagem pode atrair vetores (moscas, baratas, roedores) e gerar odores e ruídos por conta das operações, sendo necessário:

- *Higienização constante:* Remover regularmente resíduos orgânicos e manter o espaço limpo para evitar áreas de reprodução de insetos e roedores;
- *Redução de ruído:* Projetar isolamento acústico nos equipamentos mais barulhentos (prensas, rasga sacos) e estabelecer horários controlados para operações, minimizando o incômodo à vizinhança;
- Fornecer Equipamento de Proteção Individual (EPI) auditivo aos trabalhadores.

7.6 EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA TRABALHADORES E COMUNIDADE

A educação ambiental é uma peça-chave para o sucesso da central de triagem. Deve-se promover capacitação contínua dos trabalhadores sobre práticas corretas de triagem, uso de EPI, riscos à saúde e procedimentos de segurança. Em paralelo, ações educativas voltadas à comunidade (escolas, comércios, empresas e participação em ações municipais) aumentam a eficiência da separação dos resíduos na fonte. Em consonância com a Resolução CONAMA nº 422/2010, que estabelece diretrizes para campanhas e projetos de educação ambiental, as diretrizes incluem:

- *Treinamentos internos:* Palestras e treinamentos para os operadores, destacando a importância da segregação adequada, reciclagem e cumprimento das normas ambientais;
- *Projetos comunitários:* Visitas guiadas à central, workshops em escolas locais e parceria com associações de moradores e cooperativas de catadores, explicando o processo de triagem e incentivando a redução e reutilização de resíduos (ODS 4 – educação de qualidade);
- *Comunicação transparente:* Disponibilizar relatórios simplificados sobre o desempenho ambiental da central e responder a dúvidas da comunidade, fortalecendo a confiança pública;

Dessa forma, o conjunto de ações do engenheiro ambiental não apenas atende às exigências legais, mas também incorpora práticas de sustentabilidade e governança. Ao incorporar as ODS, assegura-se que a central de triagem opere de forma responsável, contribuindo para metas globais de desenvolvimento sustentável (Agenda 2030) e promovendo melhorias contínuas na gestão ambiental urbana.

8 ANÁLISE DE VIABILIDADE

A implantação da Central de Triagem em Farroupilha – RS apresenta benefícios econômicos mensuráveis (tangíveis) e também ganhos sociais e ambientais (intangíveis), os quais reforçam sua viabilidade econômica e relevância pública.

Os benefícios tangíveis são aqueles que podem ser diretamente medidos e valorizados financeiramente. No caso desta central, destacam-se os seguintes:

- *Redução de resíduos destinados ao aterro:* A central é capaz de processar no mínimo 62,5 toneladas de resíduos recicláveis por mês, que deixam de ser destinadas ao aterro, contribuindo para a ampliação da vida útil dos espaços de disposição final e reduzindo impactos ambientais.
- *Economia para o município com logística reversa:* Segundo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) 2025 de Farroupilha, o custo de destinação por tonelada de RSU para o município é de R\$: 616,81. A triagem e o futuro reaproveitamento dos materiais recicláveis permitem reduzir os custos com transporte e destinação final de resíduos sólidos, tendo uma economia para o município de no mínimo R\$: 38.550,63/mês.
- *Geração de renda para 26 famílias diretamente:* Com base na estrutura operacional prevista, a central empregará ao menos 26 trabalhadores com remuneração média de R\$ 1.693,15 por mês para cada trabalhador. Este valor representa um importante estímulo à economia local. Receita com a venda de recicláveis: A comercialização dos materiais recicláveis pode chegar a R\$: 2.075.488,19 em 2046, conforme detalhado no capítulo 8.4.

Além dos resultados financeiros, a Central de Triagem também gera benefícios de caráter social, ambiental e institucional que, embora não mensurados diretamente em valores monetários, possuem grande relevância estratégica, tais como a melhoria da imagem ambiental do município, inclusão social de catadores em condição digna de trabalho, redução de impactos ambientais, cumprimento do PNRS e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), aumento do índice de reciclagem, incentivo à economia circular, redução do uso de recursos naturais, além da educação ambiental e fortalecimento da consciência coletiva.

8.1 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de viabilidade econômica deste projeto tem como objetivo verificar se os investimentos necessários para a implantação e operação da nova Central de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos na cidade de Farroupilha – RS são justificáveis do ponto de vista econômico. Para isso, foram avaliados os custos de implantação, os custos operacionais, as receitas projetadas com a comercialização dos recicláveis, bem como calculados índices econômicos relevantes, sendo eles o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice de Lucratividade (B/C), e Payback Descontado.

8.2 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

O investimento inicial necessário para a implantação da Central de Triagem foi estimado em R\$ 1.941.818,73. Este valor contempla todos os custos com a infraestrutura física, aquisição de equipamentos como prensas, esteiras transportadoras, balança rodoviária, construção e adequações do pavilhão, além dos custos com a regularização legal e serviços realizados até o início da operação da central.

O orçamento de implantação da central foi elaborado a partir de cotações e do sistema SINAPI (2024). Cada item do orçamento foi definido conforme as necessidades do leiaute operacional proposto e os volumes de resíduos estimados. Na Tabela 7 estão apresentados os resumos dos custos de implantação. A tabela completa de orçamento, com todos os valores e descritivos está apresentada no Apêndice II – Tabelas orçamentárias.

Tabela 7 – Custos de implantação – tabela sintética

Custo	Custo Total (R\$)
Serviços =	1.104.765,03
Equipamentos =	837.053,70
Total (Equipamentos + Serviços) =	1.941.818,73

Fonte: Autor (2025).

8.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO

A estrutura de custos operacionais estimada para o funcionamento da Central de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos em Farroupilha/RS foi elaborada abrangendo as despesas fixas e variáveis relacionadas à operação contínua da unidade. Os valores foram obtidos com base em legislações vigentes, médias de mercado e estimativas técnicas fundamentadas, totalizando R\$: 1.282.877,41.

A composição dos custos inicia-se com os gastos com mão de obra, que representam a maior parcela das despesas. Estão previstos os salários de 16 trabalhadores da triagem, dois técnicos responsáveis, um operador de balança, dois funcionários administrativos, dois operadores de equipamentos e três auxiliares de pátio e limpeza.

Sendo que este gasto pode ser reduzido no início da operação da central de triagem, já que não vai precisar envolver o número máximo de trabalhadores, já que não vai estar operando em capacidade máxima, sendo possível aumentar este número conforme a necessidade. Porém, optou-se por adotar a capacidade máxima. Essa abordagem permite avaliar a viabilidade econômica da central em seu cenário mais exigente.

Os valores dos salários foram calculados com base no salário mínimo estabelecido pelo Decreto nº 12.342/2024 para 2025, aplicando os multiplicadores correspondentes: 1 salário mínimo para funções operacionais básicas e podendo chegar até 2 salários mínimos para cargos técnicos e administrativos.

Ao contratar um trabalhador no regime CLT, o custo total para a empresa pode chegar 67,2% sobre o valor do salário, considerando encargos que variam entre 60 % e 70 % (VOLUS, 2025), portanto ao final multiplicou-se por 1,672 o salário final para deduzir os encargos trabalhistas.

Os custos de operação compreendem também os valores referentes à alimentação dos trabalhadores, estimada em R\$ 20 por pessoa por dia útil, totalizando R\$ 11.440,00 por mês e R\$ 137.280,00 ao ano, considerando os 26 colaboradores envolvidos diretamente na operação da unidade.

No que tange os custos de operação da infraestrutura, considerou-se aqueles relativos ao consumo de energia elétrica e água/esgoto. A estimativa foi realizada com base na potência dos equipamentos utilizados, nos tempos diários de operação e nas tarifas vigentes aplicadas pelo serviço público local. Dessa forma, foi possível obter uma previsão do consumo mensal e, conseqüentemente, dos custos associados à operação da unidade.

Outros custos operacionais importantes foram incorporados ao orçamento, tais como: manutenção de equipamentos e despesas aquisição de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para os funcionários, além de treinamentos e capacitações semestrais, combustível para transporte interno.

A tabela completa com os custos operacionais está apresentada no Apêndice II – Tabelas orçamentárias.

Tabela 8 – Custos de operação– tabela sintética

Categoria	Valor Anual
Mão de obra e alimentação	R\$ 1.020.537,41
Infraestrutura (energia e água)	R\$ 93.840,00
Operação e manutenção	R\$ 86.800,00
Serviços e encargos administrativos	R\$ 78.100,00
Comunicação	R\$ 3.600,00
Total Estimado Anual	R\$ 1.282.877,41

Fonte: Autor (2025).

8.4 PROJEÇÃO DE RECEITAS

A estimativa de receitas da Central de Triagem foi realizada com base no volume mensal esperado de resíduos recicláveis recebidos e na composição gravimétrica média dos materiais provenientes das zonas urbana e rural de Farroupilha – RS. A análise levou em consideração os preços de mercado por tipo de material, com base nos valores já comercializados hoje pelo empreendimento existente no local, e os percentuais médios de ocorrência de cada fração reciclável.

A unidade foi projetada para inicialmente receber 153,625 t/mês de resíduos recicláveis, o que corresponde à metade da geração de resíduos da cidade de Farroupilha, conforme explicado no item 3. Deste total, 142,15 t/mês (92,5%) são provenientes da zona urbana e 11,475 t/mês (7,5%) da zona rural, valores correspondentes a 41,5% e 30,5% da massa total de resíduos urbanos gerados, respectivamente.

As estimativas de receitas para a central de triagem estão apresentadas na Tabela 9, referente à zona urbana e na Tabela 10, referente a zona rural.

Tabela 9 – Projeção de receitas para o resíduo da Zona Urbana, por mês em 2023

Material	Percentual do material no resíduo	Valor de venda (kg)	Valor total (R\$/a.m.)
Papel/papelão	15,56%	R\$ 2,00	R\$ 44.237,08
Vidro	3,50%	R\$ 0,25	R\$ 1.243,81
Metais	1,00%	R\$ 5,00	R\$ 7.107,50
Plásticos	17,62%	R\$ 2,75	R\$ 68.878,78
Longa-vida	3,32%	R\$ 0,40	R\$ 1.887,75
Embalagens	1%	R\$ 0,40	R\$ 568,60
Total =			R\$ 123.923,53

Fonte: Autor (2025).

Tabela 10 – Projeção de receitas para o resíduo da Zona Rural, por mês em 2023

Material	Percentual do material no resíduo	Valor de venda (kg)	Valor total (R\$/a.m.)
Papel/papelão	4,82%	R\$ 2,00	R\$ 1.106,19
Vidro	0,88%	R\$ 0,25	R\$ 25,25
Metais	0,40%	R\$ 5,00	R\$ 229,50
Plásticos	23,00%	R\$ 2,75	R\$ 7.257,94
Longa-vida	3,32%	R\$ 0,40	R\$ 152,39
Embalagens	0,2%	R\$ 0,40	R\$ 9,18
Total =			R\$ 8.780,44

Fonte: Autor (2025).

Desta forma, estima-se uma receita mensal de R\$ 123.923,53 proveniente da zona urbana e R\$ 8.780,44 para a zona rural, totalizando R\$ 132.703,97 por mês com a venda direta dos recicláveis.

Conforme PMGIRS de Farroupilha (2025) além dessa receita, foi incluído no modelo financeiro um repasse institucional por tonelada de resíduo triado, no valor de R\$ 45,90/t, com base em políticas públicas municipais de incentivo à triagem e inclusão social de catadores. Considerando o recebimento de 153,625 t/mês, esse repasse soma R\$ 7.051,39 mensais.

Assim, a receita inicial total mensal estimada da unidade é de R\$ 139.755,36 ao mês ou R\$ 1.677.064,26 ao ano, porém conforme visto na Tabela 4 a quantidade de resíduos tende a aumentar com o passar dos anos, sendo possível fazer a projeção da receita com o crescimento da geração de resíduos, conforme apresentado na Tabela 11.

Sendo assim, espera-se um aumento da receita anual de R\$ 1,67 milhão em 2023 para R\$ 2,07 milhões em 2046, apenas acompanhando o crescimento da geração de resíduos, sem aumentar os preços dos mesmos e nem mudar a estrutura da central de triagem.

Tabela 11 – Projeção de receita da central de triagem, por ano

Ano	População	Geração total (t/mês)	50% atendida pela Central (t/mês)	Repasso por ton triada	Receita total		
					Mensal	Anual	
2023	70.286	307,25	153,63	R\$	7.051,39	R\$ 139.755,36	R\$ 1.677.064,29
2024	72.098	315,17	157,59	R\$	7.233,17	R\$ 143.358,30	R\$ 1.720.299,65
2025	72.775	318,13	159,07	R\$	7.301,09	R\$ 144.704,44	R\$ 1.736.453,26
2026	73.452	321,09	160,54	R\$	7.369,01	R\$ 146.050,57	R\$ 1.752.606,87
2027	74.128	324,05	162,02	R\$	7.436,83	R\$ 147.394,72	R\$ 1.768.736,61
2028	74.805	327,00	163,50	R\$	7.504,75	R\$ 148.740,85	R\$ 1.784.890,22
2029	75.482	329,96	164,98	R\$	7.572,67	R\$ 150.086,99	R\$ 1.801.043,83
2030	76.158	332,92	166,46	R\$	7.640,49	R\$ 151.431,13	R\$ 1.817.173,58
2031	76.835	335,88	167,94	R\$	7.708,41	R\$ 152.777,27	R\$ 1.833.327,19
2032	77.511	338,83	169,42	R\$	7.776,23	R\$ 154.121,41	R\$ 1.849.456,94
2033	78.188	341,79	170,90	R\$	7.844,15	R\$ 155.467,55	R\$ 1.865.610,54
2034	78.865	344,75	172,38	R\$	7.912,07	R\$ 156.813,68	R\$ 1.881.764,15
2035	79.541	347,71	173,85	R\$	7.979,89	R\$ 158.157,83	R\$ 1.897.893,90
2036	80.218	350,67	175,33	R\$	8.047,81	R\$ 159.503,96	R\$ 1.914.047,51
2037	80.895	353,63	176,81	R\$	8.115,73	R\$ 160.850,09	R\$ 1.930.201,12
2038	81.571	356,58	178,29	R\$	8.183,55	R\$ 162.194,24	R\$ 1.946.330,87
2039	82.248	359,54	179,77	R\$	8.251,47	R\$ 163.540,37	R\$ 1.962.484,47
2040	82.925	362,50	181,25	R\$	8.319,39	R\$ 164.886,51	R\$ 1.978.638,08
2041	83.601	365,46	182,73	R\$	8.387,20	R\$ 166.230,65	R\$ 1.994.767,83
2042	84.278	368,41	184,21	R\$	8.455,12	R\$ 167.576,79	R\$ 2.010.921,44
2043	84.955	371,37	185,69	R\$	8.523,04	R\$ 168.922,92	R\$ 2.027.075,05
2044	85.631	374,33	187,16	R\$	8.590,86	R\$ 170.267,07	R\$ 2.043.204,79
2045	86.308	377,29	188,64	R\$	8.658,78	R\$ 171.613,20	R\$ 2.059.358,40
2046	86.984	380,24	190,12	R\$	8.726,60	R\$ 172.957,35	R\$ 2.075.488,15

Fonte: Autor (2025).

8.5 INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de viabilidade econômica foi realizada com base no fluxo de caixa projetado para um período de 20 anos, considerando todos os custos operacionais e receitas. A seguir na Tabela 12 é apresentado o fluxo de caixa do projeto, levando em conta as projeções econômicas que indicam taxa Selic de 10% e IPCA de 3,81% para 2028 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2025).

Tabela 12 – Valor presente líquido e Fluxo de Caixa

Ano	Nº do ano	Fluxo de Caixa		Fluxo de Caixa inflacionado			FVP	VPL			
		Custos (R\$)	Receitas (R\$)	Custos (R\$)	Receitas (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)		Custos (R\$)	Receitas (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)	Saldo de caixa (R\$)
2026	0	1.941.818,73	-	1.941.818,73	-	- 1.941.818,73	1,00	1.941.818,73	-	-1.941.818,73	-1.941.818,73
2027	1	1.282.877,41	R\$ 1.768.736,65	1.331.755,04	1.768.736,65	436.981,61	0,91	1.210.686,40	1.607.942,41	397.256,01	-1.544.562,71
2028	2	1.282.877,41	R\$ 1.784.890,25	1.382.494,91	1.923.489,85	540.994,95	0,83	1.142.557,77	1.589.661,03	447.103,26	-1.097.459,45
2029	3	1.282.877,41	R\$ 1.801.043,86	1.435.167,96	2.014.846,02	579.678,06	0,75	1.078.262,93	1.513.783,64	435.520,71	-661.938,75
2030	4	1.282.877,41	R\$ 1.817.173,61	1.489.847,86	2.110.343,67	620.495,80	0,68	1.017.586,14	1.441.393,12	423.806,98	-238.131,76
2031	5	1.282.877,41	R\$ 1.833.327,22	1.546.611,07	2.210.222,23	663.611,16	0,62	960.323,79	1.372.374,11	412.050,32	173.918,56
2032	6	1.282.877,41	R\$ 1.849.456,97	1.605.536,95	2.314.618,27	709.081,33	0,56	906.283,75	1.306.541,67	400.257,92	574.176,48
2033	7	1.282.877,41	R\$ 1.865.610,58	1.666.707,90	2.423.791,92	757.084,02	0,51	855.284,69	1.243.788,50	388.503,81	962.680,29
2034	8	1.282.877,41	R\$ 1.881.764,19	1.730.209,48	2.537.924,67	807.715,20	0,47	807.155,49	1.183.960,59	376.805,10	1.339.485,39
2035	9	1.282.877,41	R\$ 1.897.893,93	1.796.130,46	2.657.202,52	861.072,07	0,42	761.734,65	1.126.913,26	365.178,61	1.704.664,00
2036	10	1.282.877,41	R\$ 1.914.047,54	1.864.563,03	2.781.919,96	917.356,93	0,39	718.869,76	1.072.550,57	353.680,81	2.058.344,81
2037	11	1.282.877,41	R\$ 1.930.201,15	1.935.602,88	2.912.283,65	976.680,77	0,35	678.417,00	1.020.737,65	342.320,65	2.400.665,46
2038	12	1.282.877,41	R\$ 1.946.330,90	2.009.349,35	3.048.505,41	1.039.156,06	0,32	640.240,63	971.347,77	331.107,15	2.731.772,61
2039	13	1.282.877,41	R\$ 1.962.484,51	2.085.905,56	3.190.918,57	1.105.013,01	0,29	604.212,54	924.295,45	320.082,91	3.051.855,52
2040	14	1.282.877,41	R\$ 1.978.638,12	2.165.378,56	3.339.758,37	1.174.379,81	0,26	570.211,85	879.462,76	309.250,91	3.361.106,42
2041	15	1.282.877,41	R\$ 1.994.767,87	2.247.879,48	3.495.265,98	1.247.386,50	0,24	538.124,48	836.738,89	298.614,41	3.659.720,83
2042	16	1.282.877,41	R\$ 2.010.921,47	2.333.523,69	3.657.818,63	1.324.294,94	0,22	507.842,74	796.047,91	288.205,16	3.947.926,00
2043	17	1.282.877,41	R\$ 2.027.075,08	2.422.430,94	3.827.684,05	1.405.253,11	0,20	479.265,05	757.286,88	278.021,84	4.225.947,83
2044	18	1.282.877,41	R\$ 2.043.204,83	2.514.725,56	4.005.136,72	1.490.411,15	0,18	452.295,50	720.359,04	268.063,55	4.494.011,38
2045	19	1.282.877,41	R\$ 2.059.358,44	2.610.536,61	4.190.603,52	1.580.066,92	0,16	426.843,60	685.197,16	258.353,57	4.752.364,95
2046	20	1.282.877,41	R\$ 2.075.488,19	2.709.998,05	4.384.338,60	1.674.340,55	0,15	402.823,94	651.704,00	248.880,05	5.001.245,00

Fonte: Autor (2025).

Os resultados obtidos para o VPL, relação B/C, Taxa interna de Retorno (TIR) e Payback descontado, principais indicadores econômicos obtidos foram:

Tabela 13 – Indicadores econômicos

Descrição	Valor	Unidade
VPL	R\$ 5.001.245,00	
B/C	1,299	
TIR	31,85%	a.a.
Payback Descontado	4,56	anos

Fonte: Autor (2025).

- Valor Presente Líquido (VPL) = R\$ 5.317.974,62

O VPL representa a soma dos fluxos de caixa anuais atualizados para valor presente, descontando a TMA. Um VPL positivo indica que o projeto é financeiramente viável, gerando lucro acima do retorno mínimo exigido. Nesse caso, o valor de R\$ 5 milhões mostra que, ao final dos 20 anos, o projeto terá recuperado o investimento inicial e gerado um bom valor significativo.

- Índice Benefício-Custo (B/C): 1,299

Este indicador representa a razão entre os benefícios e os custos atualizados (em valor presente). Como o índice B/C ficou acima de 1, isso comprova que o projeto entrega mais benefícios do que custos. Em números, para cada R\$ 1,00 investido, o retorno obtido será de R\$ 1,299.

- Taxa Interna de Retorno (TIR): 31,85% a.a.

A TIR é a taxa de desconto que faz com que o VPL seja igual a zero. No projeto da Central de Triagem, o valor de 31,85% supera com folga a TMA adotada (10%), o que indica que o projeto é altamente rentável. Isso demonstra que mesmo com variações futuras nos custos ou receitas, ainda há uma margem confortável de retorno.

- Payback Descontado: 4,56 anos

O payback descontado mede o tempo necessário para recuperar o investimento inicial, considerando a atualização monetária (valor presente). O projeto recupera o capital aplicado em 4,56 anos, o que é bastante razoável considerando a vida útil de 20 anos.

A combinação de um VPL elevado, TIR expressiva, índice B/C acima de 1 e payback inferior a 6 anos confirma que o projeto da Central de Triagem de Resíduos é altamente viável do ponto de vista econômico.

Do ponto de vista ambiental, a implantação da Central de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos em Farroupilha se mostra altamente viável, uma vez que contribui diretamente para a redução do volume de resíduos destinados ao aterro sanitário, promove o aumento da taxa de reciclagem no município e atende aos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos. A central permite o futuro reaproveitamento de materiais recicláveis e a adequada destinação dos rejeitos, além de minimizar impactos ambientais relacionados à disposição inadequada dos resíduos, como contaminação do solo e emissões atmosféricas. A estrutura planejada e os procedimentos operacionais propostos favorecem uma gestão ambientalmente correta, contribuindo com metas de sustentabilidade locais e regionais.

A viabilidade social e institucional do projeto também é evidente, considerando que a central proporcionará a geração de empregos diretos para pelo menos 26 colaboradores, promovendo inclusão social e valorização do trabalho de catadores e demais trabalhadores do setor. O projeto foi dimensionado com base em dados reais do município e estrutura técnica adequada à realidade local, o que assegura sua implementação. Além disso, o modelo de gestão proposto está alinhado à legislação vigente e às capacidades da Prefeitura Municipal de Farroupilha, fortalecendo a governança ambiental e a participação social na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo propor a adequação de uma Central de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos no município de Farroupilha – RS, abordando desde o diagnóstico da geração de resíduos, os aspectos técnicos e operacionais da central, até sua viabilidade econômica, ambiental e social.

A análise dos dados revelou que a geração per capita de resíduos da coleta seletiva no município é de aproximadamente 4,37 kg por habitante ao mês, com um reaproveitamento efetivo médio de apenas 35% dos resíduos encaminhados à triagem, sendo que se considerar a quantidade de resíduos orgânicos/rejeitos, este reaproveitamento é menor ainda, aproximadamente 8%. A maior parte dos resíduos coletados como seletivos ainda são rejeitos, o que reforça a necessidade de melhorias estruturais e operacionais na gestão de resíduos em Farroupilha.

A proposta de adequação da central inclui melhorias no layout interno, dimensionamento de equipamentos e recursos humanos, além da definição das áreas funcionais. O projeto prevê a contratação de 26 colaboradores distribuídos entre funções técnicas, operacionais e administrativas, garantindo uma operação eficiente para o processamento de até 190 toneladas mensais de resíduos.

A avaliação de viabilidade econômica demonstrou resultados positivos, o que comprova a viabilidade do projeto sob o ponto de vista financeiro. Do ponto de vista ambiental, a proposta contribui significativamente para o aumento da taxa de reciclagem, redução da disposição final de resíduos em aterros e controle dos impactos ambientais associados. Já no aspecto social, destaca-se a geração de emprego e renda, além da valorização do trabalho de triagem, fundamental para a sustentabilidade da cidade.

Portanto, conclui-se que a implantação e adequação da Central de Triagem proposta representa uma solução tecnicamente viável e ambientalmente responsável, promovendo avanços importantes para a gestão de resíduos sólidos no município de Farroupilha – RS. Recomenda-se, como continuidade, o acompanhamento sistemático dos indicadores de desempenho da central, bem como a realização de campanhas educativas junto à população, visando a melhoria contínua da separação dos resíduos na fonte.

10 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

No Quadro 1, está apresentado o cronograma estimado para a implantação e operação da Central de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos de Farroupilha – RS, considerando todas as fases essenciais do projeto. Foram incluídas desde as etapas iniciais de licenciamento e aquisição de equipamentos até o início da operação, bem como as fases de ampliação e manutenção ao longo do tempo.

Quadro 1 – Cronograma de execução da Central de Triagem

Atividade	2025	2026	2027	2028– 2045	2046
Finalização do projeto técnico, estudos e licenciamento ambiental					
Construção das estruturas de apoio (cozinha, vestiário, banheiros, etc.)					
Ampliação e adequação do pavilhão principal (912,2 m²)					
Instalação da balança rodoviária e preparação da área externa					
Aquisição e instalação de equipamentos e materiais					
Testes operacionais e treinamento da equipe					
Início da operação oficial da Central de Triagem					
Monitoramento de desempenho e ajustes operacionais					
Ampliação gradual da equipe e dos turnos					
Manutenção de estrutura e equipamentos					
Previsão de capacidade plena atingida					
Revisão geral da estrutura e possíveis ampliações da operação					

Fonte: Autor (2025).

Esse cronograma visa garantir a eficiência da implantação, o atendimento progressivo à demanda regional e a sustentabilidade operacional da unidade para os próximos 20 anos.

REFERÊNCIAS

- ARMAC. Locação de equipamentos: minicarregadeiras. Disponível em: <https://armac.com.br/locacao-de-equipamentos/minicarregadeiras/>. Acesso em: 27 out. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BALANÇAS RR. Balança para Empilhadeiras - Sistema de Pesagem LOADER. Disponível em: <https://www.balancasrr.com.br/balanca-para-empilhadeira>. Acesso em: 10 out. 2023.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Mercado Focus. Brasília: BCB, publicação semanal. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- BRAMAQUINAS. Mini carregadeira skid-steer BBA 300. Disponível em: <https://www.bbamaquinas.com.br/mini-carregadeiras/mini-carregadeira-skid-bba-300>. Acesso em: 4 jun. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Preço médio de combustíveis – RS. Brasília: ANP, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anp>. Acesso em: 06 jun. 2025.
- BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 set. 1981.
- BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 12.342, de 30 de dezembro de 2024. Dispõe sobre o valor do salário mínimo a vigorar a partir de 1º de janeiro de 2025. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 31 dez. 2024.
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 29 nov. 2024.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 6 – Equipamentos de Proteção Individual. Brasília: MTE, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego>. Acesso em: 06 jun. 2025.
- BRASIL. Presidência da República. Lei Orçamentária Anual de 2025. Brasília: Diário Oficial da União, 10 abr. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2025/04/presidente-sanciona-orcamento-de-2025-com-aumento-do-salario-minimo-para-r-1.518>. Acesso em: 06 jun. 2025.

BSOFT. Capacidade de carga: conheça os limites e saiba como calcular. 2023. Disponível em: <https://bsoft.com.br/blog/capacidade-de-carga>. Acesso em: 16 jul. 2025.

CANEJO, Carlos. Gestão integrada de resíduos sólidos. 1. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2021. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 nov. 2024.

CDSIND. CDS INDUSTRIAL. Disponível em: <https://cdsind.com.br/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

CEEE-D. Tarifas de Energia Elétrica – Grupo B – Baixa Tensão. Porto Alegre: CEEE, 2025. Disponível em: <https://www.cee.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2025.

CLARO; VIVO; OI. Planos empresariais de internet banda larga para CNPJ. Cotações acessadas entre maio e junho de 2025. Disponível em: <https://www.claro.com.br>, <https://www.vivo.com.br>, <https://www.oi.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2025.

CORSAN. Tabela de Tarifas de Água e Esgoto – RS. Porto Alegre: Corsan, 2025. Disponível em: <https://www.corsan.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2025.

CORREIA, Juliana Elisabete et al. Caderno da reciclagem: programa gestão de resíduos sólidos 2019-2022. 1. ed. Foz do Iguaçu, PR: Fundação PTI, 2023. ePDF. ISBN 978-65-997421-1-8.

DEMAKINE. Esteira transportadora para reciclagem e triagem. Disponível em: <https://www.demakine.com.br/produto/esteira-transportadora-para-reciclagem-triagem/>. Acesso em: 27 out. 2024.

FABRICATEK. Rasga sacos. Disponível em: <https://www.fabriktec.com.br/rasgasacos>. Acesso em: 27 out. 2024.

FEPAM. Licenciamento Ambiental – taxas e procedimentos. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, 2025. Disponível em: <https://www.fepam.rs.gov.br>. Acesso em: 06 jun. 2025.

FOCUSECONOMICS. Brazil – Interest Rate. FocusEconomics, 2025. Disponível em: <https://www.focus-economics.com/country-indicator/brazil/interest-rate/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL. Licenciamento ambiental. Disponível em: <https://ww3.fepam.rs.gov.br/LICENCIAMENTO/area4/14.asp>. Acesso em: 3 jun. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Dados geográficos: curvas de nível obtidas pelo aerofotogramétrico do ano 2018. Disponível em: <https://geo.farroupilha.rs.gov.br/portal/apps/sites/#/geofarroupilha/pages/banco-de-dados>. Acesso em: 05 dez. 2024.

HIKVISION. Soluções em videomonitoramento. Catálogo técnico. 2025. Disponível em: <https://www.hikvision.com/br>. Acesso em: 03 jun. 2025.

HP. Impressoras multifuncionais para escritórios. São Paulo: HP Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.hp.com/br-pt>. Acesso em: 03 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama - Farroupilha. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 01 dez. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Em abril, IPCA fica em 0,43%. Agência de Notícias IBGE, 10 maio 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/43328-em-abril-ipca-fica-em-0-43>. Acesso em: 23 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. Pisos em concreto armado: conceitos básicos. Disponível em: <http://www.ibts.org.br/pdfs/pisos.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2024.

INTELBRAS. Linha de câmeras de segurança e monitoramento. São José (SC): Intelbras, 2025. Disponível em: <https://www.intelbras.com>. Acesso em: 03 jun. 2025.

IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). 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: 24 nov. 2024.

JZARDO. Página principal. Disponível em: <https://jzardo.com.br/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

JZARdo. Sistema de triagem com mezanino. Disponível em: <http://jzardo.com.br/products/sistema-de-triagem-com-mezanino>. Acesso em: 27 out. 2024.

LUZ, Gelson. Densidade de Resíduos Sólidos. Materiais por Gelson Luz, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2019/04/densidade-de-residuos-solidos.html>. Acesso em: 19 out. 2024.

MERCADO LIVRE. Computadores e periféricos – comparação de preços. Buenos Aires: Mercado Livre S.A., 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br>. Acesso em: 03 jun. 2025.

PLASPEL PRENSAS. Prensa Horizontal Enfardadeira. Disponível em: <https://www.plaspelprensas.com.br/prensa-horizontal-enfardadeira#:~:text=1000%20x%20750%20x%20C.V.,1000%20x%20750%20x%20C.V.&text=A%20prensa%20horizontal%20enfardadeira%20%C3%A9,processo%20e%20facilitar%20sua%20produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 10 out. 2023.

PLASPEL PRENSAS. Prensa para plástico modelo PEHC-1400. [s.l.: s.n.], [2023?]. Disponível em: <https://www.plaspelprensas.com.br/prensa-para-plastico-modelo-pehc-1400>. Acesso em: 6 jun. 2025.

QUARESMA, J.B. Proposta para tratamento dos resíduos sólidos na cidade de Monte Alegre. Ministério de Minas e Energia e Governo do Estado do Pará: Monte Alegre, 1998.

RIO GRANDE DO SUL. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). Resolução CONSEMA nº 372, de 18 de dezembro de 2018. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 19 dez. 2018.

RIO GRANDE ENERGIA – RGE. Tarifas aplicadas a unidades consumidoras do grupo B – 2025. Caxias do Sul: RGE/CPFL Energia, 2025. Disponível em: <https://www.rge-rs.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2025.

SINAPI. Relatório de Insumos e Composições - DEZ/2024 - SEM DESONERAÇÃO. Publicado em 14 de janeiro de 2025. Formato ZIP, tamanho 20.818 KB.

TOK&STOK. Catálogo de produtos: móveis para escritório e refeitório. São Paulo: Tok&Stok, 2025. Disponível em: <https://www.tokstok.com.br>. Acesso em: 06 jun. 2025.

TOLEDO DO BRASIL. Balança rodoviária para pesagem de veículos pesados. Catálogo técnico. São Bernardo do Campo: Toledo do Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.toledobrasil.com>. Acesso em: 03 jun. 2025.

VOLUS. Encargos trabalhistas. Disponível em: <https://volus.com.br/encargos-trabalhistas/>. Acesso em: 28 jun. 2025.

WAIG. Vantagens do mezanino metálico. Disponível em: <https://www.waig.com.br/vantagens-do-mezanino-metalico/>. Acesso em: 26 out. 2024.

WORLD BANK. Solid waste management. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>. Acesso em: 24 de out. 2024.

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE I – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

APÊNDICE II – TABELAS ORÇAMENTARIAS

APÊNDICE III – PEÇAS GRÁFICAS

Prancha 1 - Planta Baixa do Pavilhão Principal

Prancha 2 – Corte A: Linha de Triagem

Prancha 3 – Corte B: Vista Lateral do Pavilhão

Prancha 4 – Corte C: Vista Frontal do Pavilhão

APÊNDICE I – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Neste capítulo estão apresentadas as especificações técnicas do Projeto de adequação da Central de Triagem para o recebimento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do município de Farroupilha – RS. As especificações estão organizadas em dois grupos: Serviços e Equipamentos. Sempre que possível, foram associadas as normas técnicas da ABNT (NBR) pertinentes.

ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS

Todos os serviços descritos devem ser executados por empresas ou profissionais qualificados. Os orçamentos devem contemplar todos os custos relacionados à mão de obra, transporte de materiais, instalações, materiais de apoio e demais recursos necessários para a execução adequada das atividades.

S1. Licença Prévia:

Deve ser incluindo análise de viabilidade ambiental do local, estudo de impacto de vizinhança e a documentação técnica necessária.

S2. Licença de Instalação:

Mediante apresentação de documentação do projeto executivo, cronograma e medidas mitigadores.

S3. Licença de Operação:

Deve ter a comprovação de atendimento das condicionantes das licenças anteriores.

S4. Execução de terraplanagem

Com base compactada e brita graduada, abrangendo 1.900 m² de área, sendo vias internas, áreas de manobras e estacionamentos.

S5. Execução de terraplanagem e nivelamento para ampliação do pavilhão principal:

Deve abranger toda área nova do pavilhão, sendo ela de 452,2 m².

S6. Construção do pavilhão principal e de instalações complementares como vestiários, banheiros, cozinha/refeitório, escritório e galpão auxiliar:

Devem seguir as diretrizes estabelecidas pela NBR 9050 (Acessibilidade) e NBR 9077 (saídas de emergência).

S7. Pavimentação de vias internas:

Devem ser feitas com pedra britada número 2 (19 a 38mm).

S8. Calha do telhado pavilhão principal

Calha de beiral, semicircular de pvc, diâmetro 125 mm, incluindo cabaceiras, emendas, bocais, suportes e vedações, excluindo condutores.

S9. Construção de piso em concreto armado do pavilhão principal:

Piso industrial em concreto armado de acabamento polido. Ampliação de 460 m² para 912,2 m². Com espessura de 20 cm e resistência mínima de 25 t/m². Deve seguir as diretrizes estabelecidas pela NBR 6118. Incluso Execução.

S10. Estrutura metálica do pavilhão principal:

Com pilares perfil H, vigas e tesouras em aço. Deve seguir as diretrizes estabelecidas pela NBR 8800.

S11. Instalação e cobertura do pavilhão principal:

Em telha metálica aço/alumínio trapezoidal com espessura mínima de 0,5 mm e inclinação mínima de 5%.

S12. Fechamento lateral do Pavilhão Principal:

Em telha metálica trapezoidal com espessura mínima de 0,75 mm, com vão livre de 2 metros abaixo do telhado para ventilação natural.

S13. Construção de área elevada para recebimento de RSU:

Piso industrial em concreto armado de acabamento polido. Com espessura de 20 cm e resistência mínima de 25 t/m². Com altura de 1 metro acima da área de triagem, deve possuir inclinação mínima de 2% em direção a calha de coleta de chorume.

S14. Instalação de drenagem na área de recebimento de RSU:

A calha deve possuir 0,1m de largura e 0,1m de altura, além de uma inclinação de 5% em direção a caixa de coleta de chorume. A calha deve ser feita de aço inoxidável em formato U. Deve entrar junto no orçamento o custo da caixa coletora de 1 m³ (aço inox 5 mm).

S15. Construção de contenções laterais da área de recebimento de RSU:

Devem ser constituídas de parede de alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto aparente de 19x19x39 cm (espessura 19 cm) e argamassa de assentamento com preparo com betoneira, devem ser preenchidos com concreto dentro.

S16. Construção de três docas externas para colocação de containers:

Devem possuir frente aberta e lateral e traseira fechada, para fácil manuseio dos containers. Devem ser cobertas com telha metálica trapezoidal com espessura mínima de 0,75 mm, possuir espaço total para 10 containers próprios de no mínimo 9 m³.

S17. Setorização dos setores:

Através de pinturas no piso.

S18. Sinalização em toda unidade.

Com placas informativas e de segurança, deve possuir no mínimo 20 unidades e ter dimensões mínimas de 50 cm x 60 cm (AxL).

S19. Cercamento:

Quando necessário devem ser de com mourões de concreto, seção "t" ponta inclinada, 10x10 cm, espaçamento de 2,5 m, cravados 0,5 m, com 11 fios de arame de aço ovalado 15x17 - fornecimento e instalação.

S20. Impermeabilização do piso:

Impermeabilização de superfície com membrana à base de poliuretano 2 de mão no mínimo, seguindo as recomendações do fabricante, para garantir vedação total contra umidades e infiltrações. Deve ser aplicada em quantidade e camadas indicadas pelo fabricante, garantindo acabamento liso, resistente e durável.

S21. Software para gestão de resíduos:

O software de gestão de resíduos deve atender a conformidade com legislações ambientais vigentes, incluindo emissão automática de documentos fiscais e de transporte, assim como o cadastro completo e classificação dos resíduos conforme normas técnicas.

ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS

Os equipamentos devem ser adquiridos com transporte, instalação, suporte técnico e treinamento operacional incluídos. Deve-se garantir a compatibilidade com a infraestrutura elétrica da central de triagem. Os fornecedores devem dispor de manuais e dar garantia mínima de 12 meses dos seus equipamentos. Além disso, o fornecedor de cada equipamento deve ser responsável pela realização dos ajustes necessários para o alinhamento correto de seu equipamento na linha de triagem.

E1. Balança rodoviária:

Sobre o piso, feita de metal. Dimensões 12 m x 3 m, capacidade mínima de 40 toneladas, com estrutura metálica em vigas tipo “I” galvanizadas, célula de carga de alta precisão e painel digital externo, controlador da balança localizado no escritório.

E2. Funil de alimentação de resíduos:

Deve ficar nivelado ao chão da Área 1. Deve possuir dimensões de 3 m (C) x 2 m (L) x 0,8 m (A) e ser feita em aço 5 mm.

E3. Mini carregadeira:

Com capacidade mínima de 700 kg, equipada com concha frontal.

E4. Esteira de alimentação de resíduos:

Com ângulo entre 30° e 35°, comprimento de 3,0 a 4,0 m, largura de 1,0 m, nervuras \geq 30 mm, deve possuir controle de velocidade, motor de tração de 2 cv.

E5. Rasga sacos:

Deve possuir caixa de alimentação, esteira transportadora interna, fracionador de resíduos. Altura de 2 m a 2,2 m; largura de 1,9 m a 2 m; comprimento de 3,5 m a 3,6 m; peso máximo de 4.500 kg; altura de saída de resíduos: 0,5 m.

E6. 4 Esteiras transportadoras:

Devem possuir largura de 1 m, nervuras \geq 30 mm, controle de velocidade, comprimento variando de 3,5 m a 12,2 m, ângulo variando de 0 ° a 45°; motor de tração 2 cv.

E7. Peneira rotativa (Trommel):

Deve possuir altura de 2,5 m a 3 m; largura de 1,4 m a 1,6 m; comprimento de 5 m a 5,5 m; tambor de 1,0 m de diâmetro por 3,0 m de comprimento; potência do motor entre 4 e 6 cv; peso máximo de 2,5 toneladas.

E8. Esteira com mezanino:

Deve possuir 12,2 m de comprimento, 16 postos de trabalho, largura do mezanino 3 m, altura 2,8 m, altura livre de movimentação 2,7 m, estrutura de fixação com vigas metálicas, assoalho em chapa expandida, motor elétrico trifásico 7,5 cv, com inversor de frequência e controle de velocidade, passarela dos dois lados, guarda-corpo, tubos de descarga de 400 mm x 400 mm, escadas laterais e guia lateral de 100 mm.

E9. Prensa hidráulica vertical:

Deve possuir força de compactação de 20 a 35 toneladas; fardos com medidas 1100 x 1000 x 700 mm e peso até 400 kg; motor trifásico 220/360 V; dimensões máximas 3,8 m x 2 m x 2 m; peso máximo de 2.000 kg.

E10. Prensa hidráulica horizontal automática:

Deve possuir força de compactação mínima de 42 toneladas; capacidade de produção de 12 ciclos por hora; fardos com medidas 1000 x 750 x 1200 mm e peso entre 400 e 600 kg; esteira alimentadora de 6000 x 1200 x 1200 mm; altura total do conjunto: 1,7 m; comprimento total: 10 m; peso máximo do equipamento: 6.500 kg.

E11. Empilhadeira com balança LOADER-EX:

Deve possuir capacidade de carga superior a 800 kg, equipada com balança LOADER-EX e mini impressora Bluetooth para impressão da pesagem, sensor hidráulico (875 bar) e sensor de posicionamento.

E12. Equipamentos para instalações complementares:

Todos novos e necessário possuir no mínimo as seguintes especificações:

E121. Computadores:

Deve ser adquirido 2 unidades, com processador Intel i5 ou superior, 8GB RAM, HD de 1TB ou SSD de 256GB, monitor de 23", Windows 11.

E122. Impressora multifuncional:

Deve se adquirir 1 unidade. com impressora, cópia, digitalização, colorida, Wi-Fi e Ethernet, mínimo 20 ppm.

E123. Câmeras de monitoramento:

Sendo o mínimo de 6 unidades, HD 1080p, visão noturna, gravação contínua, Wi-Fi/Ethernet, armazenamento em DVR ou nuvem.

E124. Mesas para refeitório:

Deve se adquirir 4 unidades, sendo de aço ou madeira, com 1,20m x 0,80m;

E125. Cadeiras refeitório:

Deve se adquirir 20 unidades, sendo empilháveis, metálicas, assentos plásticos ou estofados.

E126. Mesas de escritório:

Deve se adquirir 2 unidades, com tampo de madeira ou laminado, 1,20m x 0,60m;

E127. Cadeiras escritório:

Deve se adquirir 4 unidades, sendo cadeiras ergonômicas, ajustáveis, com rodízios e suporte lombar.

E128. Eletrodomésticos:

Deve se adquirir 1 geladeira 300L, 1 fogão 4 bocas com forno, 1 micro-ondas 20L, 1 bebedouro industrial 20L/h com filtro.

E13. big-bag:

Ter capacidade de 1000 litros ou 1 m³, feito de Polipropileno reforçado (PP) de alta resistência ou material similar, com alças.

E14. Rack metálico:

Devem ser feitos de metal e possuir capacidade de carga superior a 500 kg, possuir no mínimo 4 rodas para deslocamento, deve ser de cores vibrantes.

E15. Kit Epi e uniforme:

Conter capacete, luvas, botas, óculos, protetores auriculares, para o uso interno os uniformes devem conter faixas refletivas. Deve seguir as diretrizes da NBR 14787.

E15. Containers Metálicos:

10 unidades, deve ser feito de aço reforçado, com capacidade mínima de 9m³ e máximo 12m³, deve possuir alças compatível com sistema hidráulico de içamento por caminhões

APÊNDICE II - ORÇAMENTO - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO		FONTE
				UNITÁRIO	TOTAL	
S1	Licença Prévia	un	1	R\$ 1.738,87	R\$ 1.738,87	FEPAM
S2	Licença de Instalação	un	1	R\$ 2.964,85	R\$ 2.964,85	FEPAM
S3	Licença de Operação	un	1	R\$ 2.087,27	R\$ 2.087,27	FEPAM
S4	Execução de terraplanagem	m²	1900	R\$ 157,90	R\$ 300.010,00	SINAPI RS 2024 – 4230+88908+4718
S5	Execução de terraplanagem e nivelamento para ampliação do pavilhão principal	m²	452,2	R\$ 147,90	R\$ 66.880,38	SINAPI RS 2024 – 4230+88908+4718
S6	Construção das instalações complementares	un	1	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00	Estimativa com base SINAPI RS 2024
S7	Pavimentação de vias internas	m²	300	R\$ 88,00	R\$ 26.400,00	SINAPI RS 2024 - 4718
S8	Calha do telhado pavilhão principal	m	122,4	R\$ 168,91	R\$ 20.674,58	SINAPI RS 2024 - 100434
S9	Construção de piso em concreto armado pavilhão principal	m²	460	R\$ 170,12	R\$ 78.255,20	SINAPI RS 2024 - 40647
S10	Estrutura metálica do pavilhão principal	un	24	R\$ 2.925,80	R\$ 70.219,20	SINAPI RS 2024 - 92620
S11	Instalação de cobertura do pavilhão principal	m²	912,2	R\$ 62,12	R\$ 56.665,86	SINAPI RS 2024 - 94213
S12	Fechamento lateral do pavilhão principal	m	750	R\$ 62,12	R\$ 46.590,00	SINAPI RS 2024 - 94213
S13	Construção de área elevada para recebimento de RSU	un	98,16	R\$ 170,12	R\$ 16.698,98	SINAPI RS 2024 - 40647
S14	Instalação de drenagem na área de recebimento de RSU	un	1	R\$ 20.798,75	R\$ 20.798,75	SINAPI RS 2024 - 5654
S15	Construção de contenções laterais da área de recebimento de RSU	m	28	R\$ 25,76	R\$ 721,28	SINAPI RS 2024 - 6035
S16	Construção de três docas externas para colocação de containers	un	3	R\$ 15.000,00	R\$ 45.000,00	Estimativa com base SINAPI RS 2024
S17	Setorização em toda unidade	m²	912,2	R\$ 49,51	R\$ 45.163,02	SINAPI RS 2024 - 6035
S18	Sinalização em toda unidade	un	20	R\$ 100,00	R\$ 2.000,00	Estimativa conforme modelos disponíveis na internet
S19	Cercamento	m	100	R\$ 94,79	R\$ 9.479,00	SINAPI RS 2024 - 101198
S20	Impermeabilização do piso	m	912,2	R\$ 184,08	R\$ 167.917,78	SINAPI RS 2024 - 98553
S21	Software para gestão de resíduos	un	1	R\$ 4.500,00	R\$ 4.500,00	Estimativa conforme modelos disponíveis na internet

Custo Serviços =

R\$ 1.104.765,03

ITEM	EQUIPAMENTOS	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	FONTE
E1	Balança rodoviária	un	1	R\$ 65.000,00	R\$ 65.000,00	Catálogo fornecedor Toledo 2025
E2	Funil de alimentação de resíduos	un	1	R\$ 18.000,00	R\$ 18.000,00	Esimativa conforme preço do aço e mão de obra
E3	Mini carregadeira	un	1	R\$ 65.991,20	R\$ 65.991,20	Catálogo fornecedor BRAMAQUINAS 2025
E4	Esteira de alimentação de resíduos	un	1	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	Cotação fornecedor (Jzardo)
E5	Rasga sacos	un	1	R\$ 130.000,00	R\$ 130.000,00	Cotação fornecedor (FABRITEK)
E6	Esteiras transportadoras (JZARDO MEIO AMBIENTE E NEGOCIOS)	un	4	R\$ 25.000,00	R\$ 100.000,00	Cotação fornecedor (Jzardo)
E7	Peneira rotativa (Trommel)	un	1	R\$ 65.000,00	R\$ 65.000,00	Cotação fornecedor (Jzardo)
E8	Esteira com mezanino (JZARDO MEIO AMBIENTE E NEGOCIOS)	un	1	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00	Cotação fornecedor (Jzardo)
E9	Prensa hidráulica vertical	un	0	R\$ 19.900,00	R\$ 0,00	Presente no local
E10	Prensa hidráulica horizontal automática	un	1	R\$ 150.000,00	R\$ 150.000,00	Cotação fornecedor (Plasbel)
E11	Empilhadeira com balança (LOADER-EX)	un	1	R\$ 110.000,00	R\$ 110.000,00	Preço médio de mercado
E12	Equipamentos para instalações complementares	un	variado	R\$ 13.250,00	-	
E121	Computadores	un	2	R\$ 3.000,00	R\$ 6.000,00	Cotação fornecedor (DELL)
E122	Impressora multifuncional	un	1	R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00	Cotação fornecedor (HP)
E123	Câmeras de monitoramento	un	6	R\$ 350,00	R\$ 2.100,00	Hikvision / Intelbras
E124	Mesas para refeitório	un	4	R\$ 650,00	R\$ 2.600,00	Cotação TokStok / móveis industriais
E125	Cadeiras refeitório	un	20	R\$ 180,00	R\$ 3.600,00	Cotação TokStok / móveis industriais
E126	Mesas de escritório	un	2	R\$ 650,00	R\$ 1.300,00	Cotação TokStok / móveis industriais
E127	Cadeiras escritório	un	4	R\$ 400,00	R\$ 1.600,00	Mercado Livre
E128	Eletrodomésticos	un	4	R\$ 750,00	R\$ 3.000,00	Mercado Livre
E13	Big-bag	un	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00	Mercado Livre
E14	Rack metálico	un	1	R\$ 850,00	R\$ 850,00	Mercado Livre
E15	Kit Epi e uniforme	Kit	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00	Mercado Livre
E16	Containers Metálicos	un	1	R\$ 4.200,00	R\$ 4.200,00	Cotação fornecedor (CDS Industrial)

Custo Equipamentos =

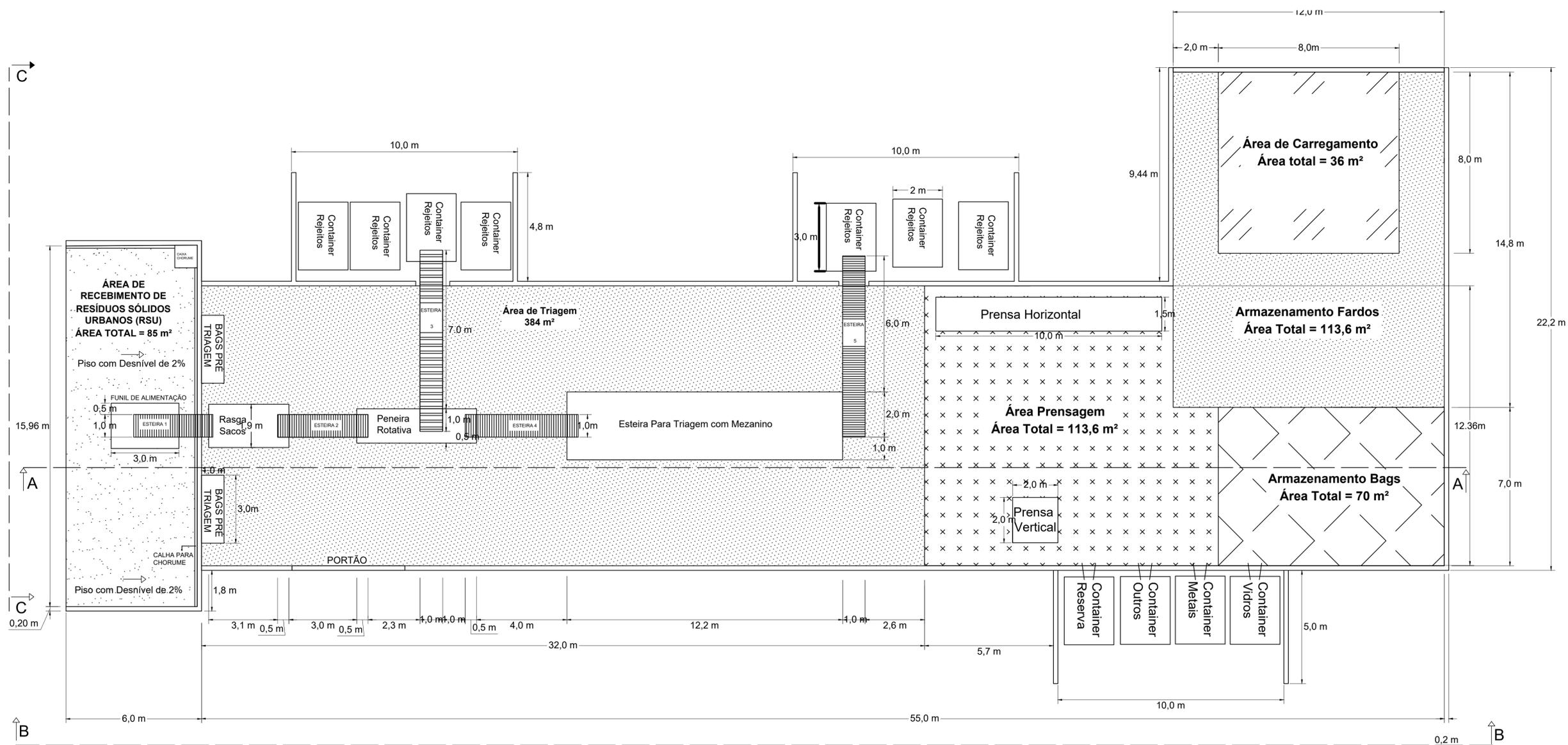
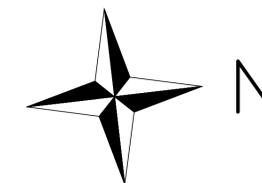
R\$ 837.053,70

Custo Total =

R\$ 1.941.818,73

APÊNDICE II - ORÇAMENTO - CUSTOS DE OPERAÇÃO

Item	Descrição do Custo	Unidade	Qnt. Mensal	Meses por ano	Valor mensal (R\$)	Valor Total Anual (R\$)	Fonte
1	Salário: trabalhadores da triagem	-	16	12	R\$ 40.609,54	R\$ 487.314,43	1,5 salário mínimo - Decreto nº 12.342/2024
2	Salário: técnicos responsáveis	-	2	12	R\$ 7.614,29	R\$ 91.371,46	2 salários mínimos - Decreto nº 12.342/2024
3	Salário: operador de balança	-	1	12	R\$ 2.538,10	R\$ 30.457,15	2 salário mínimo - Decreto nº 12.342/2024
4	Salário: setor administrativo	-	2	12	R\$ 10.152,38	R\$ 121.828,61	2 salário mínimo - Decreto nº 12.342/2024
5	Salário: operadores de equipamentos	-	2	12	R\$ 5.076,19	R\$ 60.914,30	2 salário mínimo - Decreto nº 12.342/2024
6	Salário: auxiliares de pátio e limpeza	-	3	12	R\$ 7.614,29	R\$ 91.371,46	1,5 salário mínimo - Decreto nº 12.342/2024
7	Energia elétrica	kWH/Mês	7000	12	R\$ 7.420,00	R\$ 89.040,00	(R\$:1,06 = 1kWh) - RGE 2025
8	Água e esgoto	Litros	1000	12	R\$ 400,00	R\$ 4.800,00	Corsan
9	Manutenção de equipamentos e eventuais despesas	mês	1	12	R\$ 2.000,00	R\$ 24.000,00	Estimativa
10	EPIs (4x ao ano para 26 pessoas)	unidade	26	4	R\$ 9.100,00	R\$ 36.400,00	Custo de Implantação
11	Treinamentos e capacitações semestral	-	2	2	R\$ 2.000,00	R\$ 4.000,00	Estimativa institucional por setor
12	Combustível transporte interno	Litros	400	12	R\$ 2.200,00	R\$ 26.400,00	ANP média RS (óleo diesel)
13	Taxas e licenças ambientais	-	1	1	R\$ 4.500,00	R\$ 4.500,00	FEPAM RS
14	Serviços administrativos e materiais de consumo	-	1	12	R\$ 1.500,00	R\$ 18.000,00	Estimativa
15	Seguro patrimonial e de equipamentos	-	1	12	R\$ 1.000,00	R\$ 12.000,00	Estimativa com base em patrimônio médio
16	Serviços terceirizados de limpeza	-	15	12	R\$ 3.300,00	R\$ 39.600,00	Estimativa para limpeza de Caixa de Coleta Chorume
17	Comunicação e internet	-	1	12	R\$ 300,00	R\$ 3.600,00	Pacote empresarial – estimativa média RS
18	Alimentação dos trabalhadores	mês	572	12	R\$ 11.440,00	R\$ 137.280,00	26 pessoas × R\$ 20 × 22 dias úteis/mês
Custo Total =					R\$ 118.764,78	R\$ 1.282.877,41	



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM PARA O RECEBIMENTO DE RSU NA CIDADE DE FARROUPILHA - RS

ESCALA:
1:100

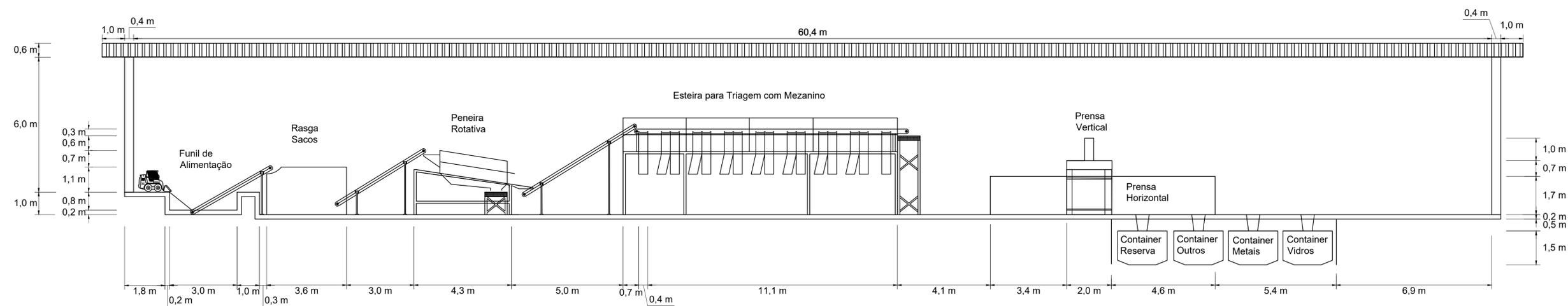
PEÇA GRÁFICA:
PLANTA BAIXA - PAVILHÃO CENTRAL

DATA:
JUL/2025

ALUNO:
KAUÊ BERTELLI

UNIDADE DE MEDIDA:
METRO

PRANCHA:
01/04



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM PARA O RECEBIMENTO DE RSU NA CIDADE DE FARROUPILHA - RS

ESCALA:
1:100

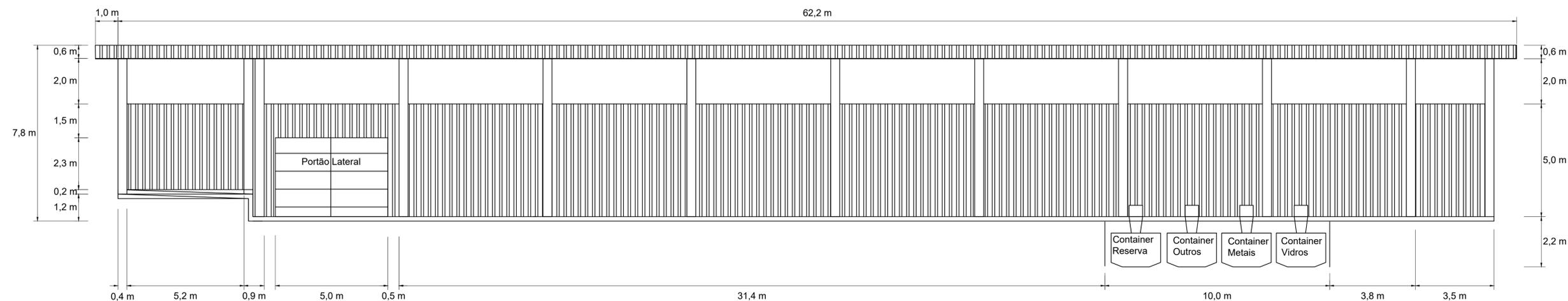
PEÇA GRÁFICA:
CORTE A - Linha de Triagem

DATA:
JUL/2025

ALUNO:
KAUÊ BERTELLI

UNIDADE DE MEDIDA:
METRO

PRANCHA:
02/04



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM PARA O RECEBIMENTO DE RSU NA CIDADE DE FARROUPILHA - RS

ESCALA:
1:100

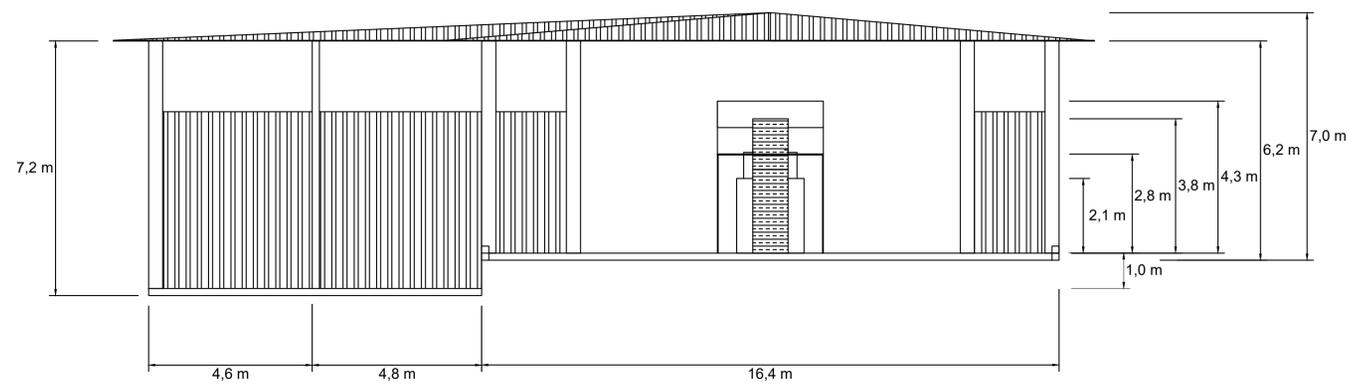
PEÇA GRÁFICA:
CORTE B - Vista Lateral do Pavilhão

DATA:
JUL/2025

ALUNO:
KAUÊ BERTELLI

UNIDADE DE MEDIDA:
METRO

PRANCHA:
03/04



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM PARA O RECEBIMENTO DE RSU NA CIDADE DE FARROUPILHA - RS

ESCALA:
1:100

PEÇA GRÁFICA:
CORTE C - Vista Frontal do Pavilhão

DATA:
JUL/2025

ALUNO:
KAUÊ BERTELLI

UNIDADE DE MEDIDA:
METRO

PRANCHA:
04/04