

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

PEDRO DA COSTA NOGUEIRA

UM PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE LAYOUT MODELO EM UMA UNIDADE
DE PROCESSAMENTO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS DE CAÇADOR

Caçador
01/06/2022

PEDRO DA COSTA NOGUEIRA

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção do Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Caçador para a obtenção do diploma de Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. MSc. Bruno Santos Vieira

CAÇADOR

01/06/2022

Nogueira, Pedro da Costa
N778p Um planejamento sistemático de *layout* modelo em uma unidade de processamento de materiais recicláveis de Caçador / Pedro da Costa Nogueira ; orientador: Bruno Santos Vieira. -- Caçador, SC, 2022. 66 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Curso de Engenharia de Produção.

Inclui bibliografias

1. Engenharia de produção. 2. *Layout*. 3. Instalações industriais - *Layout*. I. Vieira, Bruno Santos. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Curso de Engenharia de Produção. III. Título.

CDD 658.5

PEDRO DA COSTA NOGUEIRA

UM PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE LAYOUT MODELO EM UMA UNIDADE
DE PROCESSAMENTO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS DE CAÇADOR

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Engenharia de
Produção, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora
abaixo indicada.

Caçador, 15 de Dezembro de 2022.

BRUNO SANTOS
VIEIRA:0753696
9910

Assinado digitalmente por BRUNO SANTOS
VIEIRA:0753696910
ND: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=presencial, OU=3402816000103,
OU=Secretaria de Reciclagem Federal do Brasil - RFB, OU=
ARCORREIOS, OLNRFB e-CPF A3, CN=BRUNO SANTOS
VIEIRA:0753696910
Razão: Eu concordo com os termos definidos por minha
assinatura neste documento
Localização:
Data: 2023.02.03 14:18:55-0300
Foxit PDF Reader Versão: 12.0.1

Prof. Bruno Santos Vieira, MSc.

Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente
 ERIC COSTA CARVALHO
Data: 03/02/2023 17:59:19-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Eric Costa Carvalho, Dr.

Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente
 STEFFAN MACALI WERNER
Data: 31/01/2023 13:43:57-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Steffan Macali Werner, Dr.

Instituto Federal de Santa Catarina

RESUMO

O *layout* é a área em que os recursos e setores de uma empresa estão dispostos. A correta utilização do espaço físico de uma fábrica garante um bom funcionamento de seus processos, uma vez que estabelece um padrão na organização, e nos fluxos de materiais e informações, com efeitos notórios no médio e longo prazo, impactando diretamente em seus resultados. Um bom *layout* proporciona um grande aproveitamento de uma área, assim como a minimização de custos de movimentação e manuseio, agindo como diferenciais estratégicos muito importantes para uma empresa. Com o intuito de sistematizar um adequado modelo de *layout*, um dos métodos para planejamento do macroespaço será o SLP (*Systematic Layout Planning* - Planejamento Sistemático de *Layout*). Para tanto, realizou-se levantamentos de dados tanto qualitativos, quanto quantitativos, e análises pontuais para promover decisões mais assertivas nas mudanças de *layout*. O objetivo deste trabalho é o de propor soluções para o atual *layout* para UPMR de Caçador utilizando a metodologia do SLP, como resultado foi construído um *framework* com as etapas e suas respectivas ferramentas para elaboração de um *layout* ideal. A proposta foi colocada em prática em uma Unidade de Processamento de Materiais Recicláveis (UPMR), sendo uma cooperativa do ramo reciclável em Caçador, que possui a necessidade de melhorar a eficiência dos seus processos de modo a diminuir os movimentos dos cooperados, ganhar espaços na empresa, e otimizar o fluxo de resíduos sólidos entre cada etapa.

Palavras chave: *Layout*; SLP; Recicláveis.

ABSTRACT

Layout is the area in which a company's resources and sectors are arranged. The correct use of the physical space of a factory guarantees a good functioning of its processes, since it establishes a standard in the organization, and in the flows of materials and information, with noticeable effects in the medium and long term, directly impacting its results. A good layout provides a great use of an area, as well as the minimization of movement and handling costs, acting as very important strategic differentials for a company. In order to systematize an adequate layout model, one of the methods for macro space planning will be the SLP (Systematic Layout Planning). To this end, both qualitative and quantitative data surveys were carried out, and specific analyzes were carried out to promote more assertive decisions in layout changes. As a result, a framework was built with the steps and their respective tools for the elaboration of an ideal layout. The objective of this work is to propose solutions for the current layout for UPMR of Caçador using the SLP methodology, the proposal was put into practice in a Recyclable Materials Processing Unit (RMPU), being a cooperative in the recyclable branch in Caçador, which has the need to improve the efficiency of its processes in order to reduce the movements of the cooperative members, gain spaces in the company, and optimize the solid waste flow between each stage.

Keywords: Layout; SLP; Recyclables.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de Santa Catarina de Caçador pelo conhecimento, em especial: Lucio, Bruno, Paulo, Vitor, Steffan, Anna, Eric, Sibeli, Eduardo, Dani, e Greyson; agradeço ao Instituto Recicleiros pela confiança, em especial: Franciele, Andréa, Amauri, e Marciano; agradeço a comunidade pelas oportunidades de crescimento profissional e pessoal, em especial: Maicon, Jennifer, Edilene, Suzana, Edite, Leonardo, Luh, Cleber, Laudemir, Michel, Janaina, Katiucia, Davi; agradeço à minha família e amigos por todo o apoio dado nesses últimos 5 anos, em especial: Nilson Nogueira, Sandra, Nilson Nogueira Junior, Nilson Nogueira Neto, Santana, Maria, Regina, Leonardo, Luiza, Luan, Anna, Larissa, Isabelle, Yasmin, Vini, Cesar, Solange, Selma, Silmara, Elaine, Adilson, Evandro, Cauê, Amanda, Evellin, Vitoria, Davi, Elias, José, Katielly, João, Gabriel, Luis, e por fim Thais.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Planta baixa atual da UPMR de Caçador	18
Figura 2 - Mapa atual dos setores	19
Figura 3 - Método SLP	31
Figura 4 - Mapa atual dos itens simplificado	34
Figura 5 - Formação atual da esteira de triagem	37
Figura 6 - Fluxo de tipos de fardos por comprador	40
Figura 7 - a) Relação de frequência; b) Relação de peso; c) Relação de volume; d) Relação de complexidade	46
Figura 8 - Diagrama de inter-relação	49
Figura 9 - Planta baixa proposto da UPMR de Caçador	51
Figura 10 - Formação proposta do estoque intermediário	52
Figura 11 - Formação proposta do estoque	54
Figura 12 - Formação proposta da esteira de triagem	55
Figura 13 - Mapa proposto simplificado	57
Figura 14 - Mapa simplificado alternativo 1	58
Figura 15 - Mapa simplificado alternativo 2	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de enfiamento	38
Tabela 2 – Fardos por comprador	39
Tabela 3 – Projeção Atual de Distância e Frequência	41
Tabela 4 – Caracterização dos Materiais	42
Tabela 5 – Inter-relação dos itens	43
Tabela 6 – Inter-relação dos materiais	45
Tabela 7 – Classificação dos materiais	48
Tabela 8 – Projeção Proposta de Distância e Frequência	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UPMR (Unidade de Processamento de Materiais Recicláveis)

SLP (*Systematic Layout Planning* - Planejamento Sistemático de *Layout*)

ERP (*Enterprise Resource Planning* - Sistema integrado de gestão empresarial)

OSC (Organização da Sociedade Civil)

OSCIP (Organização da Sociedade Civil de Interesse Público)

APLP (*Apple's Plant Layout Procedure*)

RPLP (*Reed's Plant Layout Procedure*)

ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável)

ERP (*Enterprise Resource Planning* - Sistema integrado de gestão empresarial)

PEAD (Polietileno de Alta Densidade)

PET (Poli Tereftalato De Etila)

PP (Polipropileno)

PS (Poliestireno)

ISWA (*International Solid Waste Association* - Associação Internacional de Resíduos Sólidos)

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	15
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	16
1.2	OBJETIVO	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	METODOLOGIAS DE <i>LAYOUT</i>	21
2.1.1	IMMER	21
2.1.2	<i>NADLER'S IDEAL SYSTEM APPROACH</i>	22
2.1.3	<i>APLP - APPLE'S PLANT LAYOUT PROCEDURE</i>	23
2.1.4	<i>RPLP - REED'S PLANT LAYOUT PROCEDURE</i>	23
2.1.5	<i>SLP - SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING</i>	24
2.2	ARRANJO FÍSICO	27
2.2.1	<i>LAYOUT POR PRODUTO (EM LINHA)</i>	28
3	METODOLOGIA	29
3.1	ETAPAS DO SLP	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	ENTRADA DE DADOS	33
4.2	FLUXO DE MATERIAIS	40
4.3	INTER-RELACIONAMENTO DE ATIVIDADES	43
4.4	DIAGRAMA DE INTER-RELAÇÃO	48
4.5	CONSIDERAÇÕES DE MUDANÇAS, LIMITAÇÕES PRÁTICAS, E AVALIAÇÃO	50
5	CONCLUSÃO	61
6	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a competitividade ocasionada pela globalização da economia impõe que as empresas tenham compromissos cada vez maiores, e um desses é o contínuo aperfeiçoamento de seus processos. A concorrência assume parâmetros globais e as empresas são impostas a aperfeiçoar seus processos de produção e gerenciamento. Alia-se a isso a melhoria constante do desempenho para se manterem competitivas. Assim, um *layout* correto é fundamental para a efetividade e eficiência operacional de uma empresa (JUNIOR E. L., 2009).

O planejamento do *layout*, ou arranjo físico, apresenta-se como um dos aspectos que podem conferir melhorias decisivas, uma vez que além de definir o fluxo de materiais no processo produtivo, influencia questões como o volume de produção, flexibilidade do sistema e até mesmo custos de material e mão-de-obra. Assim, o planejamento e a mudança de *layout* desempenham um papel importante nos empreendimentos atuais, contribuindo fortemente para a competitividade das organizações (EMAMI; NOOKABADI, 2013).

Utilizar corretamente o espaço disponível da empresa é alvo também para a eliminação de desperdícios, a considerar que problemas como excesso de transporte de materiais dentro da empresa ou ineficiência no atendimento dos pedidos podem estar relacionados a problemas referentes ao *layout* inadequado da empresa (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2010) afirmam que bons *layouts* funcionam como um fator de atração de clientes, enquanto que Haynes (2008) chama a atenção para a influência dos *layouts* no aumento da produtividade dos funcionários. Por outro lado, Schmenner (1995) afirma que os *layouts* ruins podem causar uma série de consequências negativas para as operações, aumentando assim seus custos totais.

A organização física dos recursos de produção, a interação desses recursos com o ambiente espacial e o estabelecimento dos fluxos do processo produtivo são tarefas diretamente ligadas ao projeto do *layout* das instalações. Os impactos de pequenas melhorias no arranjo físico da produção geralmente são sentidos diretamente na avaliação de desempenho empresarial, aumentando os indicadores

de produtividade da organização e, em última análise, alavancando a lucratividade do negócio (TOMPKINS et al. 2010). Para tanto, estudos envolvendo *layout* continuam sendo analisados por pesquisadores e gerentes de diversos ramos do mercado.

Os fatores que influenciam para o desenvolvimento de um novo *layout* podem ocorrer devido a muitas causas, como: a implantação de uma nova instalação produtiva; a aquisição de novos equipamentos; a necessidade de aumento de capacidade de produção; e a necessidade de otimização de fluxos. A alteração na estrutura física ou recursos de uma empresa passam pela reorganização de seu *layout*.

O *layout* é a área em que os recursos e setores de uma empresa estão dispostos, e o desenvolvimento do macroespaço de uma fábrica é, muitas vezes, o mais importante de um planejamento de instalação (LEE, 1998). Este estabelece a organização fundamental da fábrica e os padrões de fluxo de materiais, com uma série de benefícios: Segurança; Correto posicionamento de equipamentos; Clareza de fluxo; Conforto para os funcionários; Facilidade na coordenação gerencial; e Acessibilidade, como apontado por Slack, Chambers e Johnston (2009). A importância da distribuição física de uma empresa é reforçada pelas consequências em longo prazo das decisões e do custo de re-projetar a planta. Assim, um *layout* inicial correto é fundamental para a efetividade e eficiência operacional de uma empresa (URBAN, 1989). Os recursos de muitas organizações são destinados primeiramente a equipamentos e instalações físicas, e que grande parte dos custos de produção estão relacionados a materiais, pessoas ou fluxo de trabalho.

O *layout* para Davis, Aquilano e Chase (2001) é chamado de “Leiaute” e o mesmo considera as dimensões e restrições dos equipamentos e de mobiliário, assim como aberturas, áreas de trabalho e de manutenção. O *layout* tem grande impacto na otimização do fluxo de processos e por este motivo demanda tanta importância. Para as empresas o *layout*, além de moldar o fluxo produtivo pode representar o seu diferencial competitivo.

O Instituto Recicleiros (palco de estudo deste trabalho) é uma organização da sociedade civil (OSC), qualificada como OSCIP e reconhecida como entidade ambientalista, atua como agente integrador entre prefeituras, empresas e catadores,

atendendo à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) e ao Marco Legal do Saneamento Básico (Lei 14.026/2020), um dos principais focos do Instituto é capacitar as prefeituras para que elas elaborem e implementem suas políticas públicas para a coleta seletiva e reciclagem.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A iniciativa “Recicleiros Cidades” traz a concepção da atuação circular pela conexão das entidades que precisam estar envolvidas no sistema para que a reciclagem inclusiva ocorra, e seja viável economicamente. Para os municípios, esse projeto leva conhecimento técnico, conexões e investimentos complementares aos esforços das prefeituras para estabelecer a coleta seletiva como uma política pública, sendo um projeto que tem como um de seus fundamentos a construção e disseminação de conhecimentos adquirido, providos do aprendizado de cada uma das unidades produtivas de resíduo sólido do Brasil, interligadas pela rede e que todo aprendizado precisa reverberar de modo a capacitar as pessoas e outros projetos semelhantes.

Esta proposta tem um grande ideal, porém é uma iniciativa relativamente nova, em um país que ainda engatinha no sentido operacional da reciclagem de resíduos sólidos, somente 4% dos materiais recicláveis são processados no Brasil, segundo dados da *International Solid Waste Association* (ISWA), o índice está bem abaixo de países de renda e grau de desenvolvimento econômico semelhantes, como Chile, Argentina, África do Sul e Turquia, onde a média é de 16% de reciclagem. A diferença é ainda maior em relação aos países desenvolvidos, na Alemanha, por exemplo, o índice de reciclagem alcança 67%. A falta de reciclagem adequada do lixo tem gerado uma perda econômica significativa para o país. Um levantamento feito em 2019 pela ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), mostrou que materiais recicláveis que vão para lixões geram uma perda de R\$ 14 bilhões anualmente, que poderiam servir de receita e renda para a população que trabalha diretamente com essa atividade. O levantamento demonstra que em torno de 1.500 municípios não possuem nenhuma iniciativa de coleta seletiva.

Além disso, cada município que passa pelo projeto possui fatores próprios, como o espaço que a cidade pode ceder, infraestrutura, condições trabalhistas, e até mesmo o clima influencia nas obras adotadas. Todas estas condições geram divergências e algumas falhas por não carregarem padrões claros em alguns processos específicos, como por exemplo:

- A falta de uma definição da distribuição dos tipos de materiais a serem separados nas *bags* dentro do processo de triagem dos resíduos sólidos.
- A falta de uma definição do local que cada tipo de material deva ficar no estoque intermediário.
- A falta de definição do local que cada tipo de material enfardado deva ficar no estoque final.

Esses pontos de falha atingem diretamente a triagem, o estoque intermediário, e o estoque final respectivamente, causando confusões no manejo dos itens, conflitos entre os cooperados, retrabalho na operação, perda de materiais, etc. Tendo esses problemas à vista, é notável que a unidade de reciclagem de Caçador está perdendo tempo, desperdiçando movimentos, e ocupando espaços desnecessariamente, culminando em uma significável perda produtiva.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

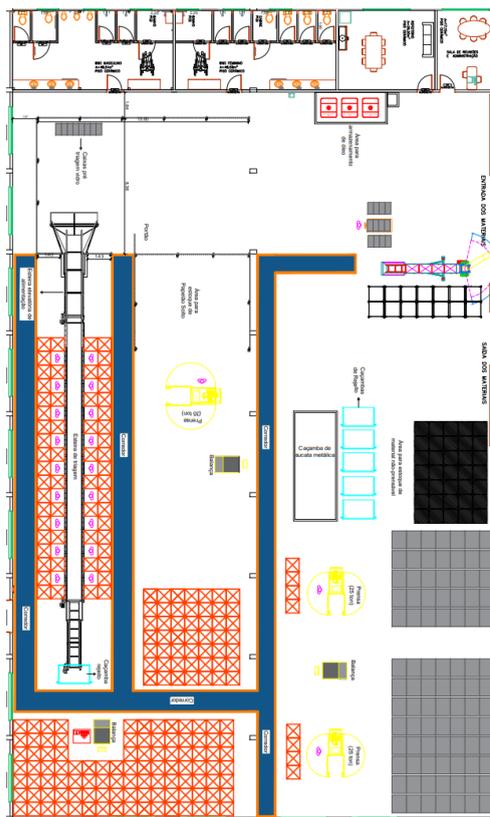
A Recicleiros fomenta e incuba cooperativas (operacionalmente, e administrativamente falando) de reciclagem, visando a inclusão de pessoas mais vulneráveis e capacitando as mesma sobre a importância do material reciclável e cooperativismo, para que se qualifiquem como empreendedores coletivos organizados em cooperativas e conquistem a emancipação sustentável de seus empreendimentos. Por sua vez, também é feito um estudo do melhor caminho para esse setor empresarial ter acesso regular e em escala a materiais recicláveis pós-consumo com garantia de origem e rastreabilidade, e aos resultados de logística reversa associados a operação, tornando um ecossistema inclusivo e promotor da mobilidade social.

O Instituto está alinhado às estratégias da política global da Agenda 2030, para o cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para

tanto, foi desenvolvido o Programa "Recicleiros Cidades" que engloba municípios de todo Brasil, buscando com isso, a eficiência e sustentabilidade da coleta seletiva nos locais destinados, estando presente em 16 Unidades de Processamento de Materiais Recicláveis (UPMR's) atuando em suas respectivas cidades. As localidades onde é implantada a coleta seletiva pelo programa são denominadas Territórios Recicleiros, podendo compreender um município inteiro ou, eventualmente, uma parte destinada da cidade.

Com as devidas ponderações, o projeto de *layout* pode fazer um bom uso de técnicas em ambientes de reciclagem, e para que o sistema SLP pudesse ser executado na UPMR, foram feitas algumas adaptações no modelo original de Muther (1973). A Unidade de Caçador(SC) será o foco em que metodologia será aplicada. Dentro da planta são observados sete setores fundamentais: a parte administrativa, a entrada e saída de materiais, o fosso, o setor de vidro, o setor de papelão, a triagem, o estoque intermediário, e o local de prensagem e estoque dos resíduos sólidos. Os três últimos listados serão o centro do estudo proposto por esse trabalho, e podem ser observados pela Figura 1.

Figura 1 - Planta baixa atual da UPMR de Caçador



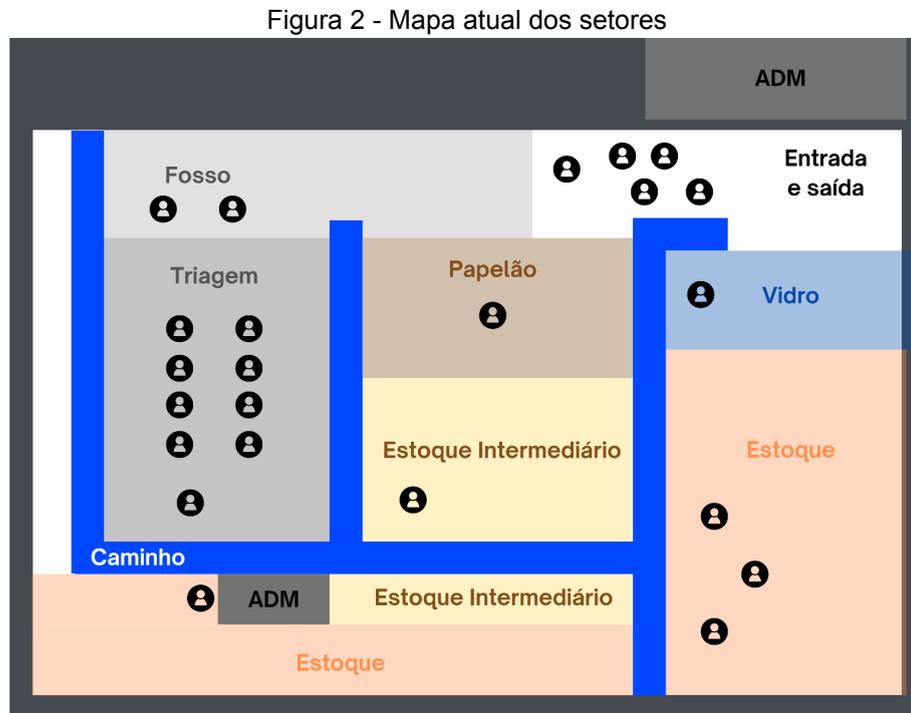
Fonte: Instituto Recicleiros (2021)

O mapa da Unidade possui cerca de 1500 metros quadrados, desse espaço 89 m² são ocupados pela triagem, 149 m² são utilizados para o estoque intermediário, e 291 m² para o estoque final.

A *layout* da Unidade trabalhada se caracteriza como linear, tendo uma linha produtiva com seus processos e maquinários lado a lado e favorecendo um sistema produtivo em massa, ou seja, em larga escala e com baixa variedade de produtos em uma linha de produção. Aqui, os postos de trabalho ficam fixos, enquanto o produto (Resíduo sólido) continua se movimentando. Muitas vezes os processos são interligados por esteiras, o que favorece essa produtividade. A desvantagem desse modelo de *layout*, é a dificuldade de realizar adaptações, pois é um sistema fixo, ou seja, uma etapa depende da outra. Se algum ponto está apresentando lentidão, todas as outras etapas são prejudicadas.

Com isso em vista, o foco do estudo abrangerá, como anteriormente mencionado, as três principais áreas de processamento da Unidade de Caçador, sendo elas a triagem, o estoque intermediário, e o estoque final. Ao todo são 23

trabalhadores, com suas funções pré localizadas, como pode ser observado na Figura 2.



Fonte: Autoria própria (2022)

O setor da triagem é o que dá o ritmo para a produção, seu processo dá início no fosso, em que os materiais recebidos pela coleta seletiva são pré-triados, separando os resíduos mais volumosos, uma parte significativa de papelão e vidro, e até mesmo os que possam apresentar algum risco para os cooperados da esteira, na sequência passa propriamente pela esteira, em que os materiais desejáveis são separados por 8 pessoas, e por fim toda a matéria restante cai no rejeito. Tem a função primordial de fazer a separação de 28 tipos de itens diferentes

O estoque intermediário armazena 17 dos 18 itens prensáveis dentro da Unidade, cada material possui uma quantidade ideal de material que deve ser aguardado antes de direcionar a próxima etapa. Dentro do estoque final existem uma balança e duas prensas de 25 toneladas de pressão, que são utilizadas para compactar o resíduo, com o intuito de agregar mais valor no momento da venda.

Boa parte das informações utilizadas ao longo deste trabalho foram coletadas dentro do banco de dados do ERP (Sistema integrado de gestão empresarial) denominado “Catafácil”.

1.3 OBJETIVO

O *layout* de uma organização pode trazer uma série de benefícios tanto produtivos quanto financeiros. No mesmo sentido, a correta utilização das áreas disponíveis com fluxos definidos e posicionamento correto de homens e máquinas traz grandes ganhos na competitividade. Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), “A meta principal do leiaute de uma instalação de manufatura ou distribuição é minimizar os custos de manuseio de materiais. Em uma organização, os objetivos principais são minimizar os custos e maximizar os lucros em meio a transformação de um produto”. Para Corrêa e Corrêa (2005), “A decisão de arranjo físico é uma parte importante da estratégia da operação. Um projeto bem elaborado de arranjo físico será capaz de refletir e alavancar desempenhos competitivos desejáveis.”

As disputas entre as empresas pelo mercado estão cada vez mais acirradas, sendo que qualquer diferenciação que possa minimizar custos de produtos ou tempo de processo são considerados como grandes diferenciais, uma vez que agregam valor ao seu produto final. Para a elaboração de um *layout* há algumas metodologias específicas disponíveis, entre elas: SLP (*Systematic Layout Planning*); *Apple's Plant Layout Procedure* (APLP); *Reed's Plant Layout Procedure* (RPLP); entre outras. A questão é como implementar uma metodologia adequada para a elaboração de um *layout* visando a diminuição de movimentos e tempos para uma cooperativa de reciclagem?

A fim de suprir essa necessidade, o objetivo geral deste trabalho é o de propor soluções para o atual *layout* da UPMR de Caçador utilizando a metodologia do *Systematic Layout Planning* (SLP), com apoio do *know how* presente dentro da instituição Recycleiros.

Os objetivos específicos são:

- a) Desenvolver um fluxo de processos;
- b) Levantar *layouts* com possíveis melhorias;
- c) Selecionar melhor opção de *layout*;
- d) Criar plano ação para implementação;
- e) Implementar o layout proposto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, a fim de possibilitar a consecução dos objetivos do trabalho, serão revisadas as metodologias de *layout*, e será discriminado o tipo de arranjo físico presente na UPMR de Caçador, de maneira a guiar as etapas de pesquisa e execução do projeto.

2.1 METODOLOGIAS DE LAYOUT

A metodologia é entendida como processo sistemático, lógico e coerente dos métodos e técnicas empregadas, afirma Heerdt (2007). As metodologias para elaboração de *layouts* são divididas em ferramentas, softwares e/ou algoritmos que auxiliam no desenvolvimento de *layouts*. Segundo Mallick e Gaudreau (1957) e Bartlett et al. (1994) o *layout* de uma planta é como uma impressão geral do gerenciamento da produção, integrando e coordenando fisicamente os diversos fatores do gerenciamento industrial.

Os problemas de *layouts* têm sido discutidos por Apple (1963), Immer (1950) e Moore (1962) e Bartlett et al. (1994). Para lidar com a problemática, conceitos baseados em métodos de *layout* tem sido desenvolvidos há vários anos, tais como o *Apple's Plant Layout Procedure* (APLP), o *Reed's Plant Layout Procedure* (RPLP), *Systematic Layout Planning Procedure* (SLP), e os métodos de Nadler (1963), e de Immer (1950), que são utilizados em várias metodologias atualmente.

Os métodos são divididos em etapas de coleta e análise das informações levantadas, definição de equipamentos, e escolha do *layout* ideal, e aplicação e evolução do *layout* proposto (TOMPKINS et al., 2010; FRANCIS; WHITE, 1974; SULE, 2009).

2.1.1 IMMERS

A metodologia Immer é segue um plano sistemático de 3 etapas, segundo Hiregoudar e Reddy (2007) e Immer (1950), sendo a primeira etapa focando no problema, a segunda nos fluxos, e a terceira no espaço, conforme descrito a seguir:

1. Esboço do projeto, evidenciando seus problemas e detalhes, facilitando as alterações;
2. Desenvolvimento da linhas de fluxo, que consiste em analisar e estabelecer o fluxo dos processos, esta etapa é volumosa e consiste em uma parte considerável da produção da planta. Com os dados adequadamente apontados, é possível poupar o tempo para a construção do *layout*.
3. Transformação das linhas de fluxo em linhas de produção, utilizando modelos em escala das máquinas, para visualização das linhas externas, os espaços livres, e os locais de trabalho.

2.1.2 NADLER'S IDEAL SYSTEM APPROACH

O modelo que é levantado por Nadler (1963) possui 3 níveis, sendo eles descritos como um sistema ideal teórico, para o primeiro nível, sistema ideal final, para o segundo nível, e sistema tecnologicamente viável, para o nível final.

Nadler (1963) ainda afirma que as linhas de divisão entre as etapas não são claras, que dependendo da atividade, podem ocorrer tarefas em paralelo que terão de ser passadas para a frente ou ainda são omitidas. Para estes níveis ainda discorre sobre as 10 etapas básicas para a aplicação do projeto de trabalho, estas etapas são:

1. Determinação;
2. Desenvolvimento do sistema ideal;
3. Coleta de dados;
4. Sugestões de processos alternativos;
5. Decisão de uma solução viável;
6. Construção do Sistema de Trabalho;
7. Revisão do projeto;
8. Teste do projeto;
9. Implementação do sistema de trabalho;
10. Avaliação de desempenho.

2.1.3 APLP - *APPLE'S PLANT LAYOUT PROCEDURE*

A metodologia proposta por Apple segundo Tompkins (2010) e Hiregoudar e Reddy (2007), é realizada em por 20 passos, sendo eles:

1. Levantar dados;
2. Analisar as informações levantadas;
3. Desenhar os processos da cadeia produtiva;
4. Planejar os caminhos padrões do material;
5. Considerar o fluxo gera;
6. Calcular quais equipamentos são necessários;
7. Demonstrar as estações de trabalhos individuais;
8. Escolher quais equipamentos específicos serão utilizados para a movimentação dos materiais;
9. Gerenciar os grupos de operações relacionadas;
10. Desenhar o inter-relacionamento entre atividade;
11. Dimensionar estoque;
12. Esboçar atividades de serviços e complementares;
13. Dimensionar áreas determinadas;
14. Posicionar as atividades no espaço total;
15. Considerar tipos de construção;
16. Desenvolver o macro *layout*;
17. Validar, ajustar e checar o *layout* com o time envolvido;
18. Obter aprovação dos tomadores de decisão;
19. Implementar o *layout* escolhido;
20. Acompanhar o desenrolar do *layout*.

2.1.4 RPLP - *REED'S PLANT LAYOUT PROCEDURE*

A metodologia Reed é difundida seguindo seu plano sistemático de 10 etapas conforme Tompkins (2010), Hiregoudar e Reddy (2007) e Ruddell Reed Jr. (1961). Quando as etapas são seguidas, sendo elas avaliadas e validadas, o *layout* pode ser realizado. Muitas vezes o design do *layout* é limitado a uma área definida.

Segundo Ruddell Reed Jr. (1961), a eficiência é mensurada com a habilidade de realizar a produção desejada com o mínimo de custo, sendo este rapidamente recuperado, complementando com o fato de planejar e agendar as mudanças com o mínimo de interferência nas operações durante a transição, estas etapas são: Com as informações da área de produção, o *layout* pode ser preparado. Porém estas áreas sozinhas não fazem uma planta e deve-se considerar mais 4 itens.

1. Levantamento e análise dos produtos a serem processados;
2. Determinação do processo necessário para a manufatura do produto;
3. Preparação do mapeamento do *layout*;
4. Escolha dos locais de trabalho;
5. Verificação da área de armazenamento;
6. Decisão da largura dos corredores;
7. Estabelecimento dos requisitos dos materiais;
8. Consideração da instalação de trabalhadores e serviços;
9. Verificação da planta de serviços;
10. Consideração para futuras expansões.

2.1.5 SLP (*SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING*)

Os primeiros estudos e análises do planejamento de *layout* surgiram, em sua maioria, por meio de Henry Ford e Charles Sorensen que puseram em prática a produção em linha de fluxo de larga escala (LEE, 1998). O *layout* das empresas está conectado com a disposição física dos recursos que fazem parte da produção, que incluem máquinas, equipamentos e pessoas (TOMPKINS et al., 2010). Essa inter-relação física, de acordo com a origem da atividade, determina o fluxo do processo e o arranjo físico dos processos produtivos (GARCIA-DIAZ; SMITH, 2008).

O Planejamento Sistemático do *Layout* (SLP) é fundamentado em uma estruturação de fases, ou seja, uma metodologia que irá auxiliar na tomada de decisão quanto ao melhor local das instalações de equipamentos, trabalhadores, e máquinas na linha produtiva (COSTA, 2004). Logo, ao configurar o *layout*, deve-se conjugar as disposições dos equipamentos com o pessoal da melhor forma com cada etapa do processo, de maneira a diminuir movimentos e maximizar os fatores

de produção, por meio da menor distância e no menor tempo possível (BORDA, 1998).

O Planejamento Sistemático de *Layout* é uma metodologia fundamentada para habilitar os estudos de *layout*. O SLP segue um modelo de procedimentos e de convenções para levantamento, identificação, visualização, classificação das processo, inter-relações entre cada atividade e alternativas viáveis envolvidas em todo o arranjo físico (MUTHER, 1978). Segundo Muther (1978), o SLP tem seu planejamento construído em quatro fases, são elas:

Fase I Localização - determinar a localização da área que será realizado o planejamento das instalações. Nessa etapa, é necessário avaliar se a proposta será implantada no mesmo local, em uma área utilizada para armazenagem, mas que pode ser liberada, ou até mesmo se irá adquirir um espaço novo;

Fase II - Arranjo físico geral - estabelecer a posição relativa entre diversos locais. Os fluxos e áreas são estudados em conjunto de maneira que as inter-relações e a configuração global da área sejam estabelecidas;

Fase III - Arranjo físico detalhado - Detalhar a localização de cada máquina e equipamento, estabelecendo o local de cada uma das características físicas da área, contando também com suprimentos e serviços;

Fase IV - Implantação – Elaborar os passos do planejamento da implantação, realizando a movimentação de máquinas, pessoal, equipamentos e recursos para que todos sejam postos nos locais planejados.

Todas as etapas são inter-relacionadas entre si, de maneira que as saídas da fase anterior sirvam de entradas para a fase seguinte. Embora exista uma aparente relação de dependência entre as etapas, o escopo da proposta pode ser delimitado em apenas uma ou duas fases, especialmente quando o Planejamento Sistemático de *Layout* é executado no projeto de *layouts* existentes, que possuem necessidades específicas de melhoria. Pode-se afirmar, de uma maneira geral, que a construção das fases do SLP demonstra a abrangência do mesmo, que pode ser destinado ao projeto completo de uma instalação produtiva. Além disso, as etapas do SLP são compatíveis e até mesmo equivalentes aos níveis de aplicação adotados em outros procedimentos relevantes para projeto de layout (KERNS, 1999; LEE, 1998).

Com uma abordagem alternativa, Djassemi (2007) desenvolveu um

procedimento denominado “fluxo de materiais modificado” e juntou técnicas de análise e pesquisa do Planejamento Sistemático de *Layout* para otimizar o uso do espaço no projeto de *layouts* industriais, essa proposta se divide em 10 etapas, sendo elas:

1. Coleta de entradas dados de entrada: P, Q, R, S, T;
2. Levantamento do fluxo de materiais;
3. Desenvolvimento da inter-relações de atividades;
4. Construção do diagrama de inter-relações;
5. Definição do espaço necessário;
6. Definição do espaço disponível;
7. Desenvolvimento do diagrama de inter-relações de espaços;
8. Considerações de mudanças;
9. Limitações práticas;
10. Avaliação.

Antes da continuidade de qualquer planejamento de *layout*, todos os detalhes relacionados com processos produtivos e fluxo de materiais devem ser levantados (WILDE, 1996). O primeiro conjunto de atividades no planejamento sistemático de *layout* envolve a coleta de informações, tanto quantitativas quanto qualitativas, necessárias para desenvolver planos de macroespaço sólidos, iniciando se com uma análise de PQRST (Produto, Quantidade, Rota, Suporte e Tempo) para todas as atividades produtivas envolvidas na fábrica. A análise das informações sobre produto, quantidade, roteiro, serviços de suporte e tempo constitui dados preliminares básicos para o desenvolvimento de um projeto de arranjo físico (Muther, 1978). Esta análise proporcionará os dados de entrada do problema (YANG et al., 2000).

A fase de análise do fluxo de materiais, onde todos os fluxos da produção são colocados em uma planilha que representa a vazão do fluxo entre os diferentes locais. As atividades relacionadas são qualitativamente analisadas, com vistas a decidir a necessidade de proximidade entre os diferentes setores (YANG et al., 2000).

Na fase seguinte é feito uma elaboração de um diagrama de relacionamento de espaço, que adiciona as áreas dos setores ao diagrama de relacionamento,

focando na obtenção de arranjo ideal de espaços. O diagrama de relacionamento posiciona e destaca as taxas de relacionamento entre os diferentes locais, definindo a proximidade em que cada departamento deve permanecer, e, a partir da análise de espaço, define-se a quantidade de espaço dentro da fábrica a ser reservado. Esta decisão é essencial para o projeto de *layout* devido à possibilidade de futuras expansões (YANG et al., 2000). A proximidade das atividades, não tem significado até que as necessidades de espaço sejam vinculadas a uma informação que de propósito as mesmas (MUTHER et al., 2000). Na sequência, é trabalho com um arranjo realístico, idealmente apresentando uma mínima variação em comparação ao ideal (MUTHER et al., 2000).

Após desenvolvimento do *layout*, inicia-se a última fase, em que *layouts* são avaliados, viabilizados e aprovados entre os departamentos envolvidos. Este processo de avaliação deve considerar se os critérios da proposta foram satisfeitos (KERNS, 1999). Além disso, essa metodologia permite que os usuários-chave e as pessoas que vão aprovar o *layout* participem das decisões (MUTHER et al., 2000).

2.2 ARRANJO FÍSICO

Os tipos básicos de arranjos físicos encontrados em indústrias e parques fabris são: o arranjo celular; arranjo por processo, arranjo posicional e arranjo por produto (em linha). Para este trabalho, necessita-se revisar, especificamente, o arranjo físico por produto, cabendo portanto uma seção mais específica sobre esse arranjo.

O arranjo físico celular consiste na disposição das máquinas e equipamentos agrupados em seções separadas para atender atribuições particulares dentro do processo geral. Geralmente, uma célula específica atua em operações similares. Conforme descreve Slack, Chambers e Johnston (2002), os recursos a serem transformados entram na operação em uma parte específica (uma célula) onde encontram os recursos transformadores necessários para atender uma necessidade imediata de processamento. Após terem passado por uma célula, os recursos a serem transformados podem prosseguir para outra célula. A finalidade da divisão do processo em células é organizar um fluxo complexo em etapas setorializadas.

O arranjo físico por processo, por fim, segundo Ferreira, Avegliano e Gonzaga (2011) ocorre quando operações similares são reunidas no mesmo ambiente. Refere-se a um processo descontínuo em que material é movimentado por seções especializadas; e os recursos, tais como funcionários e equipamentos, são organizados em torno do processo. Esse arranjo, dessa forma, propicia uma maior facilidade na disponibilidade e na reposição dos produtos, já que setores parecidos permanecerão aproximados.

O arranjo físico posicional (também conhecido como arranjo físico de posição fixa) caracteriza-se pelo material ou pessoa processado pela operação, ficando estacionário por impossibilidade, por inconveniência, e/ou por inviabilidade de mover-se entre as etapas do processo que agregam valor ao produto final. Segundo Moreira (2008), o destaque principal desse arranjo físico é a baixa produção. Com frequência, se pretende processar apenas uma unidade do produto, quem tenha características diferenciadas e baixo nível de padronização.

2.2.1 LAYOUT POR PRODUTO (EM LINHA)

No arranjo físico por linha, por sua vez, a disposição dos recursos transformadores (máquinas e equipamentos) é organizada em uma sequência de tarefas que orientam o roteiro do produto, sendo adaptada da forma mais conveniente possível ao processo produtivo. De acordo com Moura (2008) “o *layout* por produto é indicado no caso de instalações que produzem pequeno número de itens, em grande quantidade”. Conforme Ferreira, Avegliano e Gonzaga (2011), os setores de trabalho obedecem a ordem de processamento, em que as máquinas e equipamentos se mantêm fixos no local, enquanto o material a ser transformado se move seguindo as atividades. Este tipo de arranjo deixa o fluxo muito mais claro e fácil de controlar, os processos são dispostos na ordem requerida pelos produtos, de maneira a impactar positivamente o fluxo das etapas, tornando mais previsível o roteiro produtivo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Este tipo de *layout* é baseado em processos sequenciais das peças na forma de linha, conforme Krajewski e Ritzman (1999) afirmam, os materiais seguem um fluxo diretamente de um setor para outro, com a formação dos equipamentos

colocados ao longo da produção, proporcionando um volume de produtivo maior. Embora muitos dos *layouts* em linha sejam elaborados em um formato de reta, existem ainda os arranjos em “L”, “O”, “S” ou “U”. Este tipo de *layout* é conhecido também como linha de montagem ou linha de produção. Segundo Tompkins et al. (1996) e Silveira (1998), o *layout* em linha proporciona um fluxo lógico e suave em pequenos espaços, pouca movimentação e manejo de um processo para outro, atividades simples que não necessitam de muito treinamento da mão de obra, um planejamento e controle da operação relativamente orgânica, e pouco tempo de produção unitário.

De acordo com Tompkins et al. (1996) e Silveira (1998), as principais limitações do *layout* em linha ocorrem na parada de um dos setores, ocasionando a parada de toda a linha, nas mudanças do *layout* (baixa flexibilidade), nos gargalos, que possuem um grande impacto negativo no sistema, nas linhas múltiplas, que requerem duplicação de equipamentos, e na necessidade de uma supervisão geral.

Slack et al. (2002) afirma que o arranjo físico em linha envolve identificar os recursos produtivos transformadores, priorizando a melhor conveniência, em função da matéria-prima que está sendo trabalhada, sendo os produtos, e elementos de informação pré-definidos em um roteiro no qual a sequência necessária de processos está interligada diretamente com as atividades que foram programadas no arranjo físico. Portanto, os *layouts* em linha possuem um grau de dificuldade baixo no que se diz respeito à decisão onde alocar cada setor, pois as operações ocorrem na ordem sequencial prescrita.

3 METODOLOGIA

Este projeto é uma pesquisa-ação de caráter exploratório, pois tem por objetivo utilizar técnicas padronizadas de coleta de dados para desenvolver e implementar um plano modelo de replicação das coletas seletivas, tendo uma abordagem tanto qualitativa, por tratar de questões comportamentais, opiniões, e atitudes dos indivíduos, quanto quantitativa por levantar ações de análise e interpretação de informações relacionados ao projeto. Utilizou-se o procedimento proposto por Muther , o SLP, pois representa uma metodologia que tem uma grande

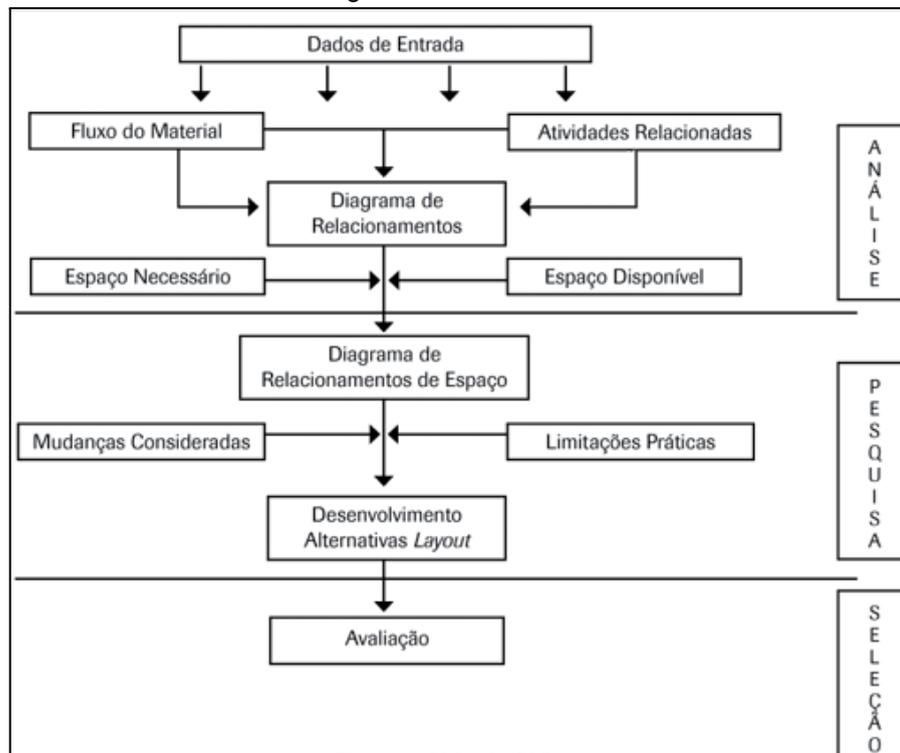
aplicabilidade no projeto e no reprojeto de *layouts*, e ainda apresenta uma grande aplicabilidade nos modernos sistemas de produção e, apesar de ser antigo, serve de referência para modelos de instalações produtivas e também para pesquisas na área, podendo ser mais facilmente adaptado para diferentes propostas. A partir desse método foi realizado um estudo do macro *layout* na UPMR de Caçador. Investigou-se oportunidades de melhoria nas operações da Unidade. Assim, foram diagnosticados problemas relevantes no que diz respeito à organização dos setores e equipamentos no espaço. O *layout* final foi proposto a partir da avaliação direta de alternativas de diferentes arranjos dos equipamentos.

A melhoria do *layout* dentro da Unidade de Reciclagem de Caçador se relaciona diretamente com o ensino, a pesquisa e a extensão fomentados pelo IFSC, na medida em que esse trabalho tem em sua proposta impactar positivamente uma cooperativa em que 23 cooperadores dependem para tirar suas rendas. Foi utilizado os conhecimentos das disciplinas: Projeto Integrador, Gestão da Inovação, Projeto de Unidade Produtiva, Gestão de Pessoas, Controle Estatístico de Processos, Planejamento e Controle de Produção, Organização do Trabalho e Ergonomia, Gestão Da Qualidade, etc. Esse *know how* da Instituição Federal foi de suma importância para formar a base sólida para a execução deste trabalho. Além do que foi ensinado pelos docentes, esse projeto conta com conhecimentos externos ao aprendizado nos cursos, visando atender as necessidades específicas da reciclagem da melhor maneira possível.

3.1 ETAPAS DO SLP

Para a aplicação do sistema SLP no projeto, o modelo de procedimentos sofreu algumas adaptações, de modo a apresentar uma maior aderência às operações da Cooperativa. Conforme pode ser verificado na Figura 3, cada etapa do modelo proposto envolve processos para sua operacionalização.

Figura 3 - Método SLP



Fonte: Adaptada de Tompkins (1996)

O modelo de procedimentos do SLP pressupõe que o projeto de um arranjo físico deve estar apoiado em três conceitos fundamentais (MUTHER, 1973; MUTHER; WHEELER, 2000):

- Inter-relações (grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades);
- Espaço (quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados);
- Ajuste (arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível).

Com base nesses três conceitos, o modelo de procedimentos do SLP será constituído pelos seguintes elementos:

- Dados de entrada: Os dados de entrada são as variáveis que devem ser levadas em consideração antes do início da análise do arranjo físico. Além das atividades do processo de produção, os outros dados de entrada são representados pelas letras PQRST, que significam: Revista Gestão Industrial 5 produto (P), quantidade ou volume de produção (Q), roteiro ou sequência do processo de produção (R), serviços de suporte (S) e tempos envolvidos na produção (T);

- Fluxo de materiais: O fluxo de materiais quase sempre se torna o fator

predominante de decisão no projeto do arranjo físico. Devem-se identificar os fluxos através das áreas envolvidas, de acordo com a sequência e a intensidade do deslocamento do material. As principais ferramentas utilizadas nessa etapa são aquelas destinadas à análise do fluxo de processos, tais como: fluxograma, carta de processos múltiplos, carta “de-para”, mapofluxograma, etc;

- Inter-relações de atividades: Esta é uma análise mais qualitativa, que procura identificar a importância da proximidade relativa entre as áreas. A ferramenta indicada para essa tarefa é conhecida como carta de interligações preferenciais;

- Diagrama de inter-relações: O diagrama de inter-relações é uma ferramenta que procura integrar o mapeamento do fluxo de materiais com a avaliação das interligações preferenciais. Também é necessário a determinação do espaço requerido para alocação de máquinas e equipamentos;

- Considerações de mudanças, limitações práticas, avaliação: Nesta etapa ocorrem os ajustes necessários, levando-se em consideração fatores relativos a tipos de processos, métodos de movimentação de materiais, necessidades de pessoal, etc. Para analisar a viabilidade dos projetos de *layout*, cada consideração de mudança que houver deve ser comparada com as limitações práticas referentes a custos, restrições técnicas, e segurança. Ao final do procedimento, os diferentes planos alternativos que forem gerados devem ser avaliados, ponderando seus benefícios e limitações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As etapas cruciais para a execução desse projeto foram divididas em 5: entrada de dados; fluxo de materiais; inter-relação de atividades; diagrama de inter-relação; considerações de mudanças, limitações práticas, e avaliação.

Para tanto, foram combinadas técnicas do Planejamento Sistemático de *Layout* *Apple's Plant Layout Procedure* (APLP), do *Reed's Plant Layout Procedure* (RPLP), do *Systematic Layout Planning Procedure* (SLP), e dos métodos de Nadler (1963), e de Immer (1950), para compor as etapas listadas neste capítulo.

Quando comparado com o passo a passo do SLP nota-se algumas

alterações, isso se deve principalmente pelo layout modelo, proposto por esse trabalho, estar sendo aplicado em um layout já existente na UPMR de Caçador, e a própria metodologia do SLP permitir tais mudanças na ferramenta.

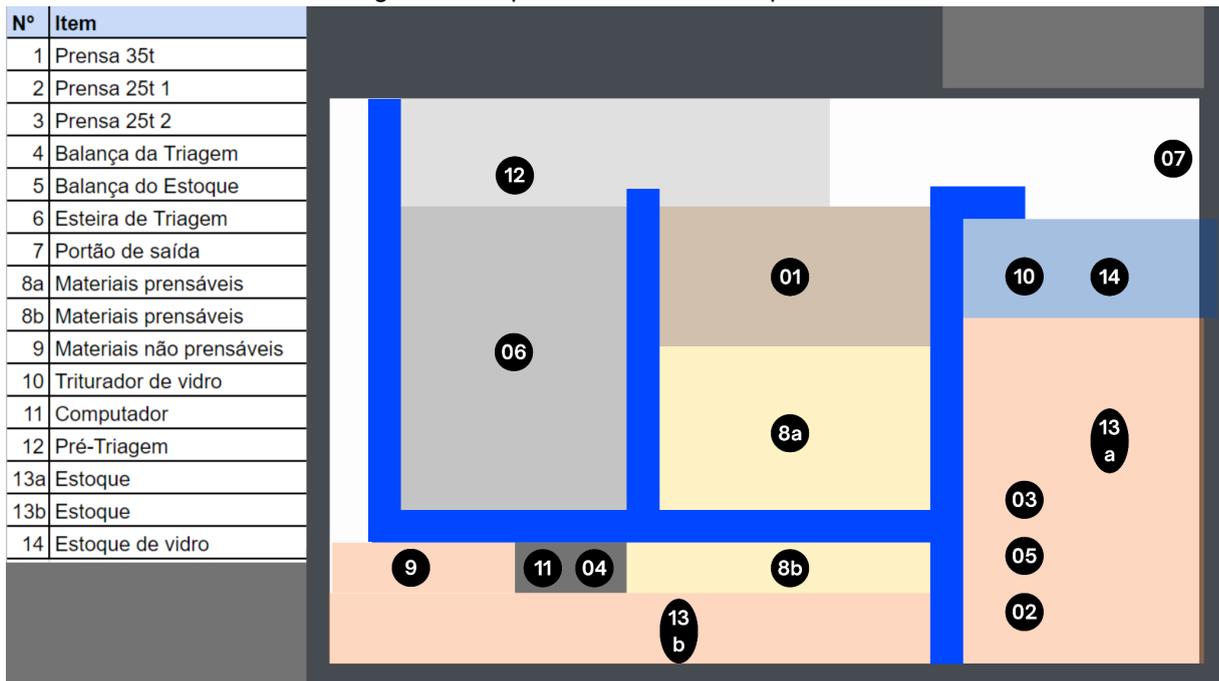
4.1 ENTRADA DE DADOS

No presente capítulo, foram levantadas as informações das relações entre P, Q, R, S, T, e a projeção dos dados iniciais. Os dados são: Produto (material ou serviço), Quantidade (volume), Roteiro (processo), Serviço (suporte), e Tempo (processo). fluxo de materiais inter-relação de atividades diagrama de inter-relação considerações de mudanças, limitações práticas, e avaliação

O volume de material acabado (Reciclado) entre o período de Setembro e Outubro de 2022 foi de 80939,3 Kg, gerando uma receita de aproximadamente 122828 reais. O produto acabado da UPMR de Caçador pode ser caracterizado de duas formas: a primeira e mais representativa, comercialmente falando, sendo os fardos, que nada mais são do que os resíduos sólidos compactados por uma prensa, diminuindo seu volume, e agregando mais valor econômico, e a segunda sendo os materiais não prensáveis, seja por gerar riscos em sua compactação (Vidro e materiais volumosos), seja por adequação produtiva (Papel branco).

O processo inicia-se quando o caminhão de coleta seletiva entra pelo "Portão de saída" representado pelo número 07 e segue até o fosso ou pela "Pré-triagem", representado pelo número 12. conforme a Figura 4:

Figura 4 - Mapa atual dos itens simplificado



Fonte: Autoria própria (2022)

Assim que o caminhão despeja os materiais e sai do local, os cooperados se mobilizam em suas funções, o operador do “Triturador de Vidro”, representado pelo número 10, armazena o máximo de vidro possível em 09 caixas disponíveis para esse fim, e leva até o “Estoque de vidro”, representado pelo número 14. O operador da “Prensa 35t”, representado pelo número 01, coleta o máximo papelão possível na pré-triagem e retorna ao seu posto para prensar o material disponível.

Enquanto isso, um dos cooperados apoia o operador do fosso, aproximando o resíduo sólido reciclável, e separando itens muito volumosos, cortantes, farmacêuticos, sujos, e orgânicos, tendo o intuito de assegurar ao máximo a proteção dos outros cooperados e dos equipamentos ao longo do processo da Unidade.

Com a matéria prima em mãos, o operador do fosso manda os materiais diretamente para a “Triagem”, representado pelo número 06, dando o ritmo da esteira. No processo de triagem ocorre efetivamente a separação dos materiais, sendo estes: Papel Misto; Pet Transparente; Sucata Mista; Sucata Mista de Alumínio; Flexível Colorido; Longa Vida; Flexível Cristal; PEAD Branco; Papel Branco; Papelão; Pet Verde; Balde/bacia; PEAD Colorido; PP Branco; Latinha; Pet Colorido; Pet Óleo; Ráfia; Pet Galão; PP Colorido; Pet Azul; PVC; PS; Pet Sleeve,

Cápsula de café Eletrônico, Cobre e Alumínio Aerossol. Dos itens triados, não estarão presentes no estudo apenas os tipos:

- Sucata Mista de alumínio; Eletrônico; e Cobre não serão envolvidos no estudo, apesar deles terem um valor agregado economicamente, ocuparem espaço, e principalmente serem recicláveis. Isso se deve pois a Unidade não pode lidar com esses materiais, pois existe uma legislação própria para trabalhar com esse tipo de material, e a Unidade não comporta atualmente;
- Sucata Mista não tem um peso em específico e sua ocupação é fora da área produtiva;
- Pet Sleeve por passar por um processo paliativo que o transforma em Pet Transparente, e que está sendo feito outro estudo para adequar esse processo;-Cápsula de café por ter uma representatividade praticamente nula, pelo seu baixo volume de entrada na Unidade de Reciclagem.

Quando os materiais triados chegarem no meio esteira, cada cooperado irá tirar o resíduo sólido, previamente estabelecido, dentro de uma *big bag*, a formação estabelecida pelo instituto recicladores é que cada triador deve ter 5 *big bags* em torno de si, sendo duas compartilhadas pelas pessoas da ponta, e quatro *big bags* compartilhadas pelas pessoas no meio do processo.

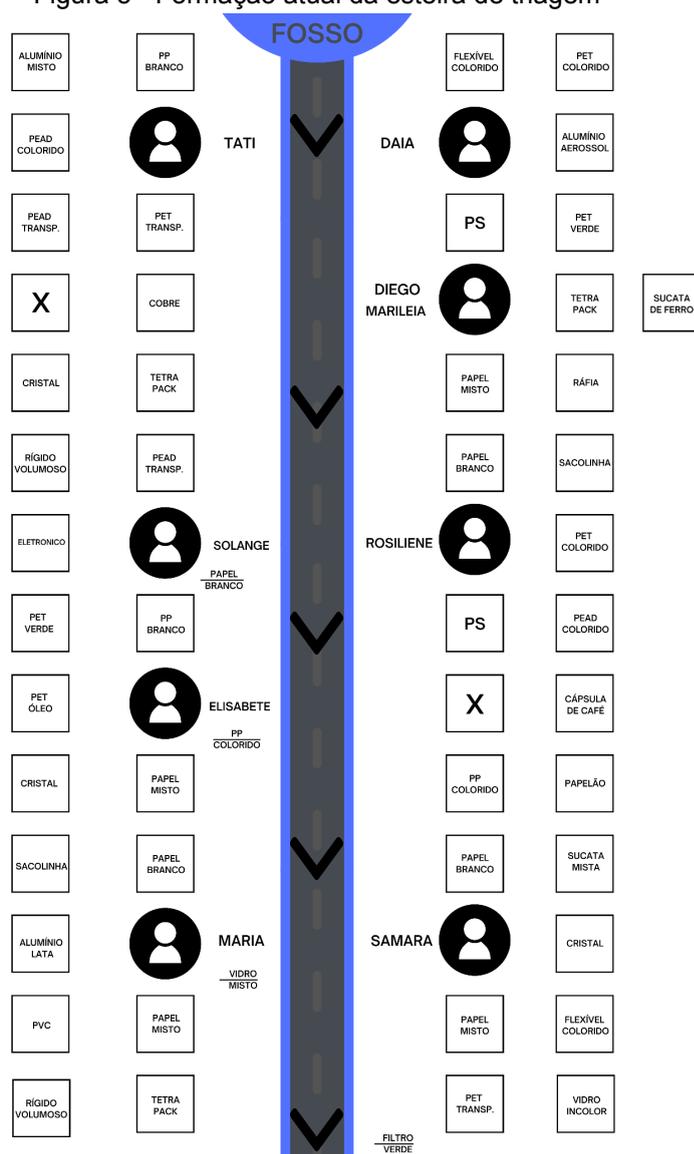
Essas *bags* estão dentro de carrinhos e assim que ficam preenchidas o cooperado chama o apoio da triagem que leva esse carrinhos até a “Balança da triagem”, representado pelo número 04, pesa e registra no “Computador”, representado pelo número 11, no ERP “CataFácil”. Após a computação dos dados, o apoio da triagem organiza o *big bag* com “material prensável” no estoque intermediário, representado pelo número 8a e 8b, caso seja um material não prensável, o *big bag* é armazenado no “Estoque”, representado pelo número 13a e 13b.

Após isso, o apoio da prensa deve pegar os materiais prensáveis e aproximá-los da “Prensa 25 1t” ou “Prensa 25 2t”, representado respectivamente pelos números 03 e 02. Em seguida o prensista prensa o material e o transforma em um fardo, cujo é tirado na sequência pelo prensista e levado até a “Balança do Estoque”, representado pelo número 05, onde é pesado e registrado no “Catafácil” por um tablet manuseado pelo coordenador de produção.

Por fim, o material pesado é retirado da balança e destinado ao “Estoque”, representado pelos números 13a e 13b, onde aguarda a venda, para então ser direcionado até ao “Portão de saída”, representado pelo número 07, o mesmo ocorre com os materiais não prensados, vidro, e papelão.

Cada *big bag* tem uma área quadrada de ocupação equivalente a 1, e a triagem possuía em sua disposição 49 *big bags* em torno dos cooperados, A formação atual dos cooperados na triagem desrespeita as orientações do Instituto Recicleiros e tem uma perda de resíduo sólido, potencialmente reciclável, de 7,8% que vai para o rejeito, como é possível verificar na Figura 5:

Figura 5 - Formação atual da esteira de triagem



Fonte: Autoria própria (2022)

Nessa formação os cooperados ficavam distantes dos *big bag's*, tanto é que ocorria arremessos de materiais, gerando mistura e riscos de impacto. Alguns dos tipos de materiais se repetiam sem uma real necessidade, como é o caso do PS que tem uma taxa de saída baixa, tendo um desequilíbrio nos materiais de maior vazão e deixando uma parte passar para o rejeito.

No estoque intermediário, o *big bag* deve aguardar até atingir o volume e quantidade ideal para ser prensado, como pode ser visualizado na Tabela 1:

Tabela 1 - Tabela de enfardamento

Mescla (tipo e classe)		Média (kg/BB)	Média (BB/fardo)	Média (kg/fardo)
1	Pet transparente - N 1	12,9	9	116,1
2	Pet oleo - N 1	8,7	10	87
3	Pet verde - N 1	10,6	9	95,4
4	Pet colorido - N 1	13,6	7	95,2
5	PEAD branco/ transparente - N 2	19,3	6	115,8
6	PEAD colorido - N 2	19,3	6	115,8
7	PP branco - N 5	17,8	7	124,6
8	PP colorido - N 5	21,8	6	130,8
9	PS - N 6	13,9	9	125,1
10	Plástico filme cristal	13,2	13	171,6
11	Plástico filme colorido	12,7	14	177,8
12	Ráfia	15	8	120
13	Papel misto	17,3	13	224,9
14	Longa Vida	13,8	12	165,6
15	Pet 5L Galão	7,7	12	92,4
16	Alumínio Lata	17,2	4	68,8
17	Pet azul	10,6	9	95,4

Fonte: Autoria própria (2022)

Ao todo são 18 materiais prensáveis na Cooperativa, porém como o papelão possui um processo próprio, não tem um peso determinado no *bag* (o fardo pesa em torno de 260 kilogramas, e 280 quilogramas devido aos limites da prensa 35t), e é um material exclusivo da prensa 35t, não foi colocado dentro da Tabela a ser analisada, sendo a mesma estruturada com o nome do material, peso médio, e quantidade de *big bags* necessárias para fazer 1 fardo com o peso determinado, como por exemplo: Para fazer 1 fardo de 165,6 kg de “Longa Vida”, é necessário 12 *big bag's* de 13,8 kg .

O fardo é o produto final de maior valor agregado dentro da Unidade, essa valorização se dá principalmente pela redução do volume de um material determinado por meio da prensagem do mesmo, favorecendo assim a parte logística da venda dos fardos.

Conforme a Tabela 2, é possível verificar a quantidade de fardos por comprador produzidos no período de Setembro e Outubro de 2022

Tabela 2 - Fardos por comprador

Fardos/Comprador	Ciente 1	Ciente 2	SIG	Global Pet	Wise
Flexível Colorido	22	0	0	0	0
Flexível Cristal	11	0	0	0	0
Latinha	11	0	0	0	0
Ráfia	4	0	0	0	0
PVC	14	0	0	0	0
Pet Galão	2	0	0	0	0
Balde/bacia	53	0	0	0	0
Pet Colorido	41	0	0	0	0
Alumínio Aerosol	3	0	0	0	0
Papelão	0	40	0	0	0
Papel Misto	0	47	0	0	0
Papel Branco	0	65	0	0	0
Longa Vida	0	0	23	0	0
Pet Transparente	0	0	0	45	0
Pet Azul	0	0	0	2	0
Pet Óleo	0	0	0	4	0
Pet Verde	0	0	0	6	0
PEAD Branco	0	0	0	0	13
PEAD Colorido	0	0	0	0	8
PP Branco	0	0	0	0	6
PP Colorido	0	0	0	0	3
PS	0	0	0	0	1

Fonte: Autoria própria (2022)

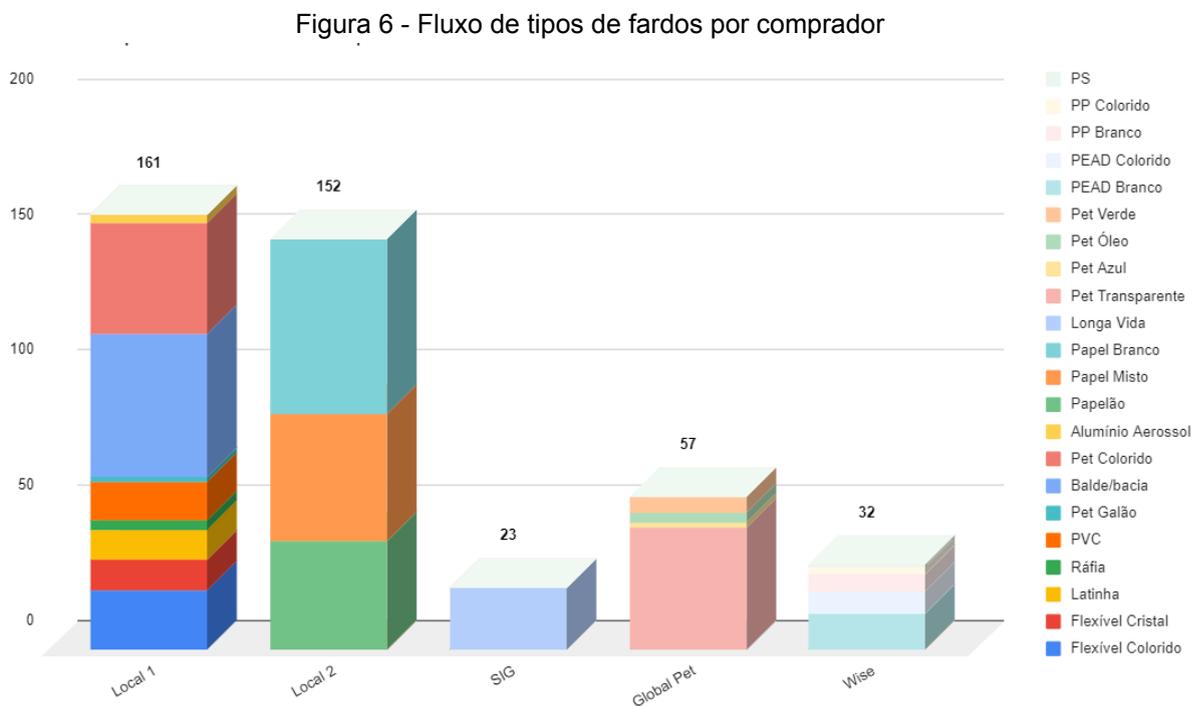
Os compradores são extremamente importantes para a viabilidade econômica dos materiais recicláveis, além disso cada um tem uma frequência e volume de cargas definidas, influenciando na disposição tanto das big bags, quanto dos fardos dentro do Cooperativa, portanto, os compradores são um dos fatores estratégicos relevantes para a composição do *layout*. Ao todo são 5 compradores, podendo ser divididos em dois grupos:

- Compradores de SP: Esse grupo conta com a Global Pet, SIG, e Wise, que compram os pet's, o longa vida, e os PEAD's e PP's respectivamente. A logística para entregar os fardos é mais complexa e demorada, uma vez que a carga requer um mínimo de 120 fardos a serem destinados a São Paulo, e os materiais correspondentes aos fardos não tem tanta vazão.
- Comprador Cliente 1 e 2: Esse grupo conta com um comprador voltado ao celulósico, e outro que compra todos os materiais por um valor mais baixo. A

logística para entregar os fardos simples e rápida, uma vez que a carga requer um mínimo de 28 fardos a serem destinados a venda local, e os materiais correspondentes aos fardos tem muita vazão.

Os materiais “Alumínio Aerossol”, “Balde/bacia”, “PVC”, e “Papel Branco” não são fardados, logo o número representado na tabela corresponde ao número de *big bags*.

O Gráfico 6 facilita a visualização da quantidade dos tipos de fardos que são vendidos para cada um dos compradores de resíduo sólido .



Fonte: Autoria própria (2022)

Com essa base de dados, é notória a diferença de produção para o atendimento das demandas de São Paulo, porém, quando se junta em três grupos, se torna mais equilibrada as vendas entre os diferentes clientes.

4.2 FLUXO DE MATERIAIS

Nessa etapa buscou-se evidenciar o fluxo de materiais entre cada um dos processos, destacando principalmente a frequência que os movimentos exigem, bem como a distância entre a origem e destino final do movimento, como é possível verificar na Tabela 3:

Tabela 3 - Projeção Atual de Distância e Frequência

Projeção Atual				
Origem	Destino	Frequência	Distância (m)	Distância Mensal (m)
Prensa 35t	Balança do Estoque	< 3 horas	28,54	1778,99
Prensa 25t 1	Balança do Estoque	< 2 horas	4,60	430,1
Prensa 25t 2	Balança do Estoque	< 2 horas	2,76	258,06
Esteira da Triagem	Balança da Triagem/C	< 6 Minutos	18,77	35099,90
Balança da Triagem/C	Estoque intermediario	< 6 Minutos	21,57	40335,90
Balança da Triagem/C	Materiais não prensav	< 11 Horas	3,20	54,40
Balança do Estoque	Estoque	< 1 hora	15,45	2889,15
Estoque intermediario	Prensa 25t 1 e Prensa	< 1 hora	19,25	3599,75
Pré-Triagem	Esteira de Triagem e F	< 1 hora	10,35	1935,45
Estoque	Portão de saída	Quinzenal	64,80	20243,52
Totais			189,29	106625,22

Fonte: Autoria própria (2022)

Para estimar as distâncias da movimentação dos *big bags* e dos fardos, foi feito uma média ponderada considerando a frequência de cada material e suas distâncias pré-determinadas, e em caso de uma não existência de uma pré-determinação, será considerado a maior distância possível, como por exemplo:

- O *big bag* tem um comprimento de 0,8 metros, o “Material A” tem uma distância de 30 metros do seu próximo processo, e representa uma frequência de 60% no estoque intermediário e o “Material B” tem uma distância de 29,2 metros do seu próximo processo, e representa uma frequência de 40% no estoque intermediário, ambos não tem uma posição pré-determinada, então seria possível se estabelecerem em qualquer lugar, inclusive em locais mais distantes. Logo chega-se na equação:

$$Distância\ ponderada = \sum_x frequencia\ do\ material\ x * distancia\ do\ material\ x$$

Logo a distância ponderada deste exemplo é de 29.68 metros, como demonstrado abaixo:

$$Distância\ ponderada = 30 * 0,6 + 29,2 * 0,4$$



$$Distância\ ponderada = 18 + 11,68$$



Distância ponderada = 29,68

Essas informações são de muita valia para identificar os gargalos entre os processos e as distâncias necessárias para o cumprimento de início e término de um movimento.

Em seguida foi levantado os dados de caracterização de cada um dos materiais triados, que pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização dos Materiais

Tabela de Caracterização	Nº Bags	Nº Fardos	Peso (Kg)	Prensável	Hora/Bag	Hora/Fardo
Flexível Colorido	307	22	3903,8	Sim	5	70
Flexível Cristal	147	11	1943,2	Sim	10	136
Latinha	44	11	751,3	Sim	35	141
Ráfia	29	4	434,4	Sim	53	424
PVC	14	-	328,2	Não	114	-
Pet Galão	27	2	209,7	Sim	56	677
Balde/bacia	53	-	1199,4	Não	29	-
Pet Colorido	41	6	560,7	Sim	37	261
Papelão	56	3	889,4	Sim	27	455
Papel Misto	690	47	11944,1	Sim	2	33
Papel Branco	65	-	3405,6	Não	24	-
Longa Vida	275	23	3792,1	Sim	6	67
Pet Transparente	407	45	5255,1	Sim	4	34
Pet Azul	15	2	157,1	Sim	104	933
Pet Óleo	38	4	331,3	Sim	40	403
Pet Verde	54	6	576,6	Sim	28	254
PEAD Branco	79	13	1519,6	Sim	20	117
PEAD Colorido	49	8	942,8	Sim	31	189
PP Branco	45	6	808,6	Sim	34	237
PP Colorido	17	3	374,2	Sim	89	537
Alumínio Aerossol	3	-	121,3	Não	509	-
PS	9	1	118,5	Sim	180	1622

Fonte: Autoria própria (2022)

A quantidade e pesos dos *big bags* e de fardos retratados na tabela acima correspondem aos meses de setembro e outubro de 2022, e são informações fundamentais para determinar o tempo de produção de cada um dos materiais, e também conta com a relação de prensagem, definindo mais facilmente o destino dos resíduos sólidos, podendo ser enviados para o estoque intermediário como materiais prensáveis, ou para enviados para o estoque final como materiais não prensáveis

A Tabela 4 evidencia, do vermelho (Maior quantidade de *bag's*) ao verde (Menor quantidade de *bag's*), a quantidade de *big bags* desses dois meses,

tornando notável a discrepância entre cada uma das frequências, como por exemplo o “Papel Misto” em comparação com o “Alumínio Aerossol”, respectivamente o primeiro produz um *bag* a cada 2 horas, enquanto o outro produz um *bag* a cada 509 horas.

É possível fazer a mesma analogia para os fardos, enquanto o “Pet Transparente” leva 34 horas para a produção de um fardo, o “PS” leva em torno de 1622 horas para a produção de um fardo.

4.3 INTER-RELAÇÃO DE ATIVIDADES

A análise das relações entre os setores foi realizada tendo como base a planta da empresa, que possibilitaram estabelecer a proximidade relativa de cada setor, relacionando todos os setores envolvidos no processo. Utilizou – se as vogais para estabelecer o grau de relações, onde A - Absolutamente Necessário (4 pontos), E – Especialmente importante (3 pontos), I - Importante (2 pontos), O - Proximidade normal (1 pontos), U - Sem importância (0 pontos) e o X - indesejável (-1 pontos). Com base nos dados levantados foi feito o mapa de relacionamentos, esse mostra o grau de relacionamento dos itens, como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Inter-relação dos itens

Inter-relação dos itens		Prensa 35t	Prensa 25t 1	Prensa 25t 2	Balança da Triagem	Balança do Estoque	Esteira de Triagem	Portão de saída	Estoque para SP	Estoque para comprador local 2	Estoque para comprador local 1	Materiais prensáveis	Materiais não prensáveis	Triturador de vidro	Computador	Pré-Triagem	Estoque	Estoque de vidro	A - Absolutamente Necessária - 4	E - Especialmente importante - 3	I - Importante - 2	O - Pouco importante - 1	U - Desprezível - 0	X - Indesejável	Pontuação	Priorização
1	Prensa 35t	O	O	O	O	A	I	O	O	I	O	O	O	X	O	A	A	X	3	0	2	9	0	2	23	12
2	Prensa 25t 1	O	O	O	O	A	O	I	A	A	A	A	U	X	I	O	A	X	6	0	2	5	1	2	31	6
3	Prensa 25t 2	O	O	O	O	A	O	I	A	A	A	A	U	X	I	O	A	X	6	0	2	5	1	2	31	5
4	Balança da Triagem	O	O	O	O	U	A	O	U	U	U	E	E	X	A	O	U	U	2	2	0	5	6	1	18	15
5	Balança do Estoque	A	A	A	U	O	I	A	A	A	O	O	X	O	O	A	X	7	0	1	5	1	2	33	4	
6	Esteira de Triagem	I	O	O	A	O	O	U	U	U	O	O	X	A	A	U	X	3	0	1	6	4	2	18	14	
7	Portão de saída	O	I	I	O	I	O	E	A	A	I	E	E	U	O	A	A	4	3	4	4	1	0	37	2	
8	Estoque para SP	O	A	A	U	A	U	E	O	O	A	O	X	O	U	A	X	5	1	0	5	3	2	26	9	
9	Estoque para comprador local 2	I	A	A	U	A	U	A	O	O	A	O	X	O	U	A	X	6	0	1	4	3	2	28	7	
10	Estoque para comprador local 1	O	A	A	U	A	U	A	O	O	A	O	X	O	U	A	X	6	0	0	5	3	2	27	8	
11	Materiais prensáveis	O	A	A	E	O	I	A	A	A	O	X	A	O	I	X	6	1	2	5	0	2	34	3		
12	Materiais não prensáveis	O	U	U	E	O	O	E	O	O	O	O	X	A	O	E	X	1	3	0	8	2	2	19	13	
13	Triturador de vidro	X	X	X	X	X	X	E	X	X	X	X	X	X	X	E	U	A	1	2	0	0	1	12	-2	17
14	Computador	O	I	I	A	O	A	U	O	O	O	A	A	X	I	O	X	4	0	3	6	1	2	26	10	
15	Pré-Triagem	A	O	O	O	O	A	O	U	U	U	O	O	E	I	O	E	2	2	1	8	3	0	24	11	
16	Estoque	A	A	A	U	A	U	A	A	A	I	E	U	O	O	X	8	1	1	2	3	1	38	1		
17	Estoque de vidro	X	X	X	U	X	X	A	X	X	X	X	X	A	X	E	X	2	1	0	0	1	12	-1	16	

Fonte: Autoria própria (2022)

A pontuação está ligada com o bom relacionamento entre os itens listados, quanto maior a pontuação, mais intenso a cor verde fica, enquanto a menor a pontuação, mais intensa a cor vermelha fica. A priorização determina o foco e estudo de cada item, quanto maior a pontuação melhor deve ser a posição do item em relação aos outros.

Portanto, foi possível verificar que pelo menos 3 grupos de relações são absolutamente necessárias entre cada um dos itens: A Balança dos Estoques com os Estoques e com o Portão de saída, a Balança da Triagem com os Materiais prensáveis (Estoque Intermediário) e com a Triagem, e os Materiais prensáveis com as prensas. Sendo os itens que precisam de mais proximidade.

Essa matriz foi construída já pensando em uma futura interação de uma subdivisão dentro do estoque, sendo os itens incorporados ao estudo os “Estoque para comprador local 2”, os “Fardos SP”, e os “Fardos para comprador local 1”, iniciativa que se provou muito eficiente ao longo da implementação.

Foi desenvolvida uma inter-relação mais simplificada para os materiais, uma vez que necessitou-se de informações complementares e mais específicas, além da inter-relação, para determinar sua melhor posição. Como podemos visualizar na Tabela 6, a maioria dos materiais são inertes entre si, ou seja, não tem uma relação direta, mas possuem relações fortes com determinados equipamentos.

Tabela 6 - Inter-relação dos materiais

Inter-relação dos materiais	Início da esteira	Final da esteira	Balança da triagem	Prensa 25t	Balança do estoque	Portão de saída	Papel misto	Pet transparente	Plástico filme colorido	Longa Vida	Plástico filme cristal	Sucata Mista	Pet colorido	PEAD branco	Rígido Volumoso	Papel branco	PEAD colorido	Pet verde	PP branco	Alumínio Lata	Pet Óleo	PP colorido	PS	Rafia	PVC	Papelão	Alumínio Aerossol	Vidro	Capsula de café	Pet Galão	Pet Azul			
Início da esteira	X	I	U	U	O	I	O	O	O	O	E	O	O	O	A	O	O	O	O	U	O	O	I	U	O	A	E	O	A	O	O			
Final da esteira		A	I	O	O	O	O	O	O	O	U	O	E	U	O	O	O	O	O	A	O	O	A	O	U	U	O	X	I	O	O			
Balança da triagem			O	U	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O		
Prensa 25t				A	I	I	I	I	I	X	I	I	X	X	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	X	U	X	X	X	I	I			
Balança do estoque					E	E	E	E	E	E	X	E	E	X	X	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	X	U	X	X	X	E	E		
Portão de saída						A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Papel misto							U	U	U	U	O	O	O	O	O	U	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Pet transparente								U	U	U	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Plástico filme colorido									O	O	O	O	O	O	O	O	U	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Longa Vida										O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Plástico filme cristal											O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Sucata Mista												O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Pet colorido													O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
PEAD branco														O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Rígido Volumoso															O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Papel branco																O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
PEAD colorido																	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Pet verde																		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
PP branco																			O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Alumínio Lata																				O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Pet Óleo																					O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
PP colorido																						O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
PS																							O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Rafia																								O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
PVC																									O	O	O	O	O	O	O	O	O	
Papelão																										O	O	O	O	O	O	O	O	O
Alumínio Aerossol																											O	O	O	O	O	O	O	
Vidro																												O	O	O	O	O	O	
Capsula de café																													O	O	O	O	O	
Pet Galão																														O	O	O	O	
Pet Azul																															O	O	O	O

Fonte: Autoria própria (2022)

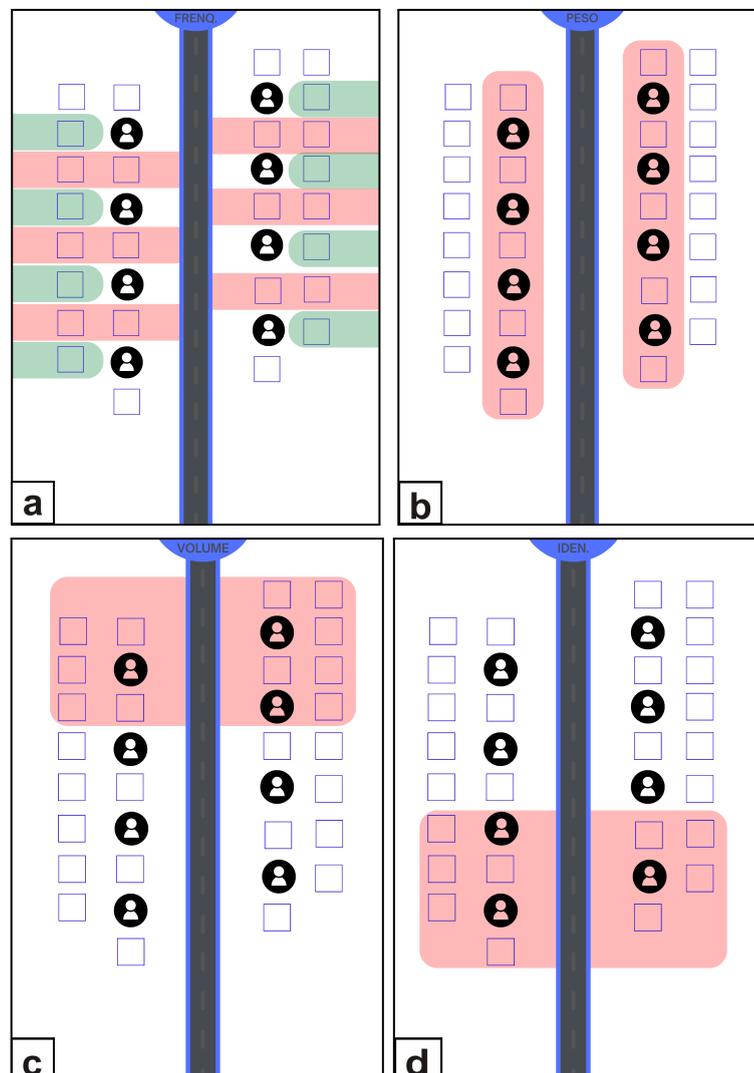
A Tabela 6 foi construída separando os tipos de resíduos sólidos em diferentes etapas e os relacionando com os equipamentos, como por exemplo:

- A entrada e saída da esteira com as *big bags* da triagem;
- A balança da triagem e a prensa 25t com as *big bags* do estoque intermediário;
- A balança do estoque e portão de saída com os fardos.

Com isso podemos deduzir que quanto menor a distância entre esses equipamentos, menor será a distância necessária para a realização dos movimentos.

Na sequência foi feito um estudo estratégico sobre critérios relevantes que poderiam influenciar na escolha da formação dos bag's mais adequados para a triagem, culminado na Figura 7, que resume os melhores posicionamentos para as *bag's*, segundo quatro critérios essenciais, caso fossem analisados individualmente.

Figura 7 - a) Relação de frequência; b) Relação de peso;
c) Relação de volume; d) Relação de complexidade.



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 7 - a) Relação de frequência: A frequência ditará a quantidade de movimentos necessários para cada material, com isso em mente os materiais que possuam uma maior frequência devem ser postos na frente e compartilhados com outros cooperados, representado na área vermelha, ao mesmo tempo, os materiais de menor frequência devem posicionar atrás, representado na área verde;

Figura 7 - b) Relação de peso: O peso do material pode impactar negativamente na ergonomia, logo os materiais de maior peso devem ser colocados na frente, representado na área vermelha;

Figura 7 - c) Relação de volume: Qualquer objeto grande que passe pela

esteira pode prejudicar na triagem, e esconder itens em torno e/ou até dentro de si. Com isso, os cooperados devem deixar as *big bags* que possuam um maior volume no início da esteira, representado na área vermelha.

Figura 7 - d) Relação de complexidade: Alguns materiais são semelhantes entre si, e alguns são difíceis de identificar rapidamente. Por tanto, os materiais mais complexos devem ficar no final da esteira, representado pela área vermelha.

Na sequência foi organizado uma pesquisa qualitativa para explorar onde os resíduos sólidos se encaixam na formação da triagem. Com isso, foram chamados 3 cooperados experientes da triagem para determinar a classificação de cada material, foram feitas perguntas subjetivas relacionadas ao peso, o quão pesado é o material para erguê-lo (Se havia dificuldades), complexidade de identificação, o quão difícil é de compreender qual é o tipo de material (Pensando que há materiais muito semelhante como o PS e o PP branco), e volume, o quanto atrapalha a visualização e retirada de outros materiais (Quanto maior o volume, maior será seu tamanho, podendo esconder materiais em seu entorno e até mesmo dentro de si). Sendo 1 a nota mais baixa, apresentando uma cor verde mais intensa, e 5 a nota mais alta, apresentando uma cor vermelha mais intensa, foi possível identificar os locais mais adequados para os itens listados, como pode ser verificado na Tabela 7.

Tabela 7 - Classificação dos materiais

Material/Classificação	Peso	Identificação	Volume
Papel Misto	2,66	2	3
Pet Transparente	2	2	2,66
Plástico filme colorido	2	2	4
Longa Vida	2	2	2,33
Plástico filme cristal	2	2,66	3,33
Sucata	5	2,33	4
Pet Azul	2	2,33	2,33
Pet Verde	2	2,33	2,33
Pet Colorido	2	2,33	2,33
PEAD branco/ transparente	2,66	3,33	3
Pet Galão	3	1,66	4,33
Plástico rígido/ Volumoso/ Balde/ Bacia	3	1,66	4,33
Papel branco	2,33	2	2,66
PEAD colorido	2,66	2,33	3
PP branco	2	4	2,66
Alumínio Lata	2	2,66	2,66
Pet óleo	2	2,33	2,66
PP colorido	3	3	2,66
PS	2	4	2,66
Ráfia	2	2	3,66
PVC	3	2	4
Papelão	2,66	2	3
Alumínio Aerossol	2	2,66	2
Vidro	2	2	2
Capsula de café	2	2	2
Pet Sleeve	2	2,33	2,33

Fonte: Autoria própria (2022)

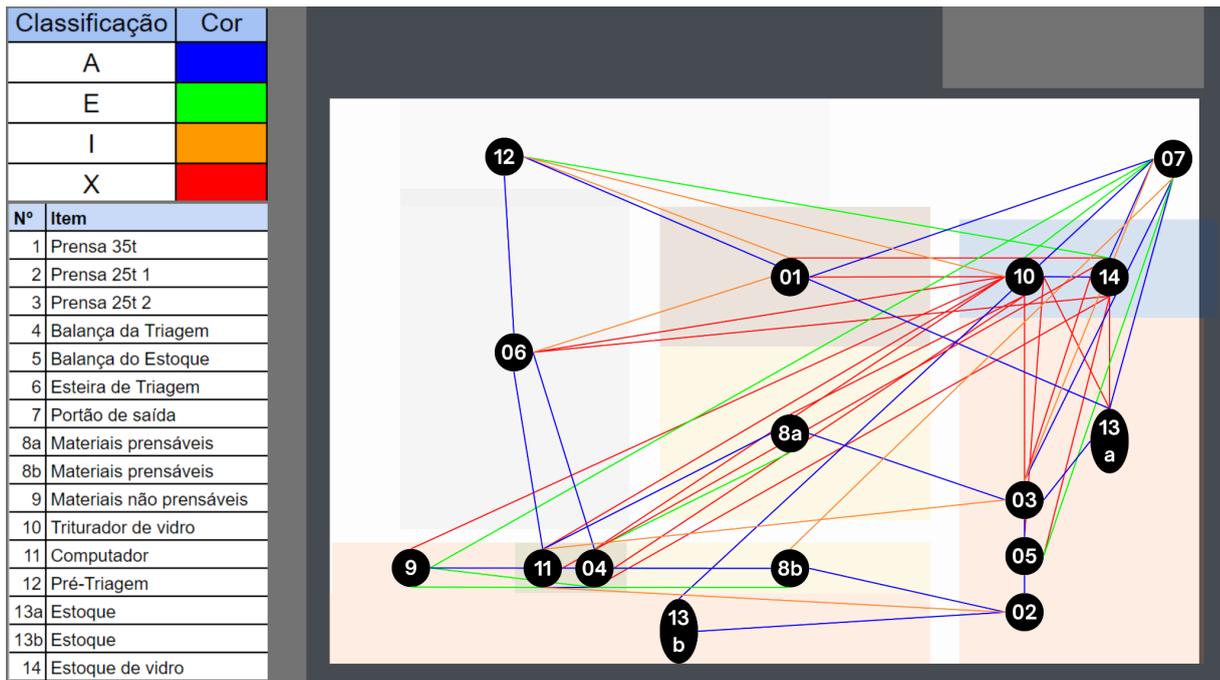
Como por exemplo a “Ráfia”, que é leve, é fácil de se identificar, tem um volume considerável, e possui uma frequência baixa, como demonstrado anteriormente na Tabela 4, em que demora cerca de 53 horas para encher um big bag, logo esse material deve ser posicionado próximo do começo da esteira, e atrás de um triador.

4.44 DIAGRAMA DE INTER-RELAÇÃO

Conhecendo as necessidades de espaço e características físicas, pode-se

compreender as relações de forma mais objetiva na Figura 8, onde as relações de absoluta necessidade tem uma linha azul, as relações especialmente importantes tem uma linha verde, as relações importantes tem uma linha laranja, e as relações identificadas como indesejáveis tem uma linha vermelha, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Diagrama de inter-relação



Fonte: Autoria própria (2022)

Com esse diagrama em mãos, é possível extrair algumas informações fundamentais, como por exemplo:

- O quão indesejável o vidro é para toda a operação;
- O portão de saída é um dos mais bem relacionados
- Os "Materiais não prensáveis" e o "Portão de saída" são os itens de maior distância entre si.
- Tanto os itens 8a e 8b, quanto os itens 13a e 13b, dividem algumas linhas de relação.
- Os "Materiais prensáveis" e o "Estoque" possuem linhas absolutamente necessárias que se chocam, culminando em cruzamentos de processos em locais em que o fluxo de materiais de ambas as partes é auto.

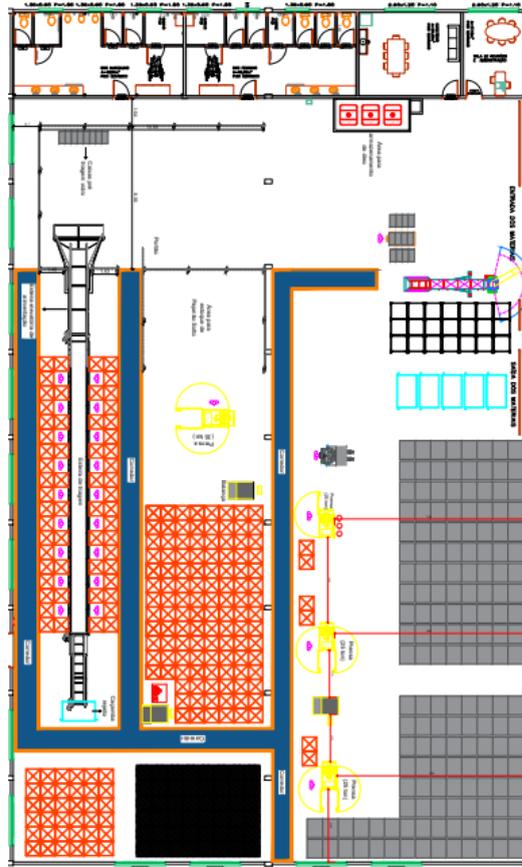
Está análise é de suma importância para o trabalho, pois qualquer proposta de arranjo físico deve seguir estas prerrogativas, auxiliando para uma boa definição

do melhor arranjo para os setores.

5.5 CONSIDERAÇÕES DE MUDANÇAS, LIMITAÇÕES PRÁTICAS, E AVALIAÇÃO

A presente seção irá orientar quanto ao processo a ser cumprido, a qual deve envolver detalhadamente as mudanças necessárias e as suas motivações. Com base nos dados das etapas anteriores expostas, foi elaborado uma proposta de *layout* da planta de Caçador fundamentada na Figura 1 “Planta baixa atual da UPMR de Caçador”, como pode ser visualizado na Figura 9:

Figura 9 - Planta baixa proposta da UPMR de Caçador



Fonte: Instituto Recicleiros (2022)

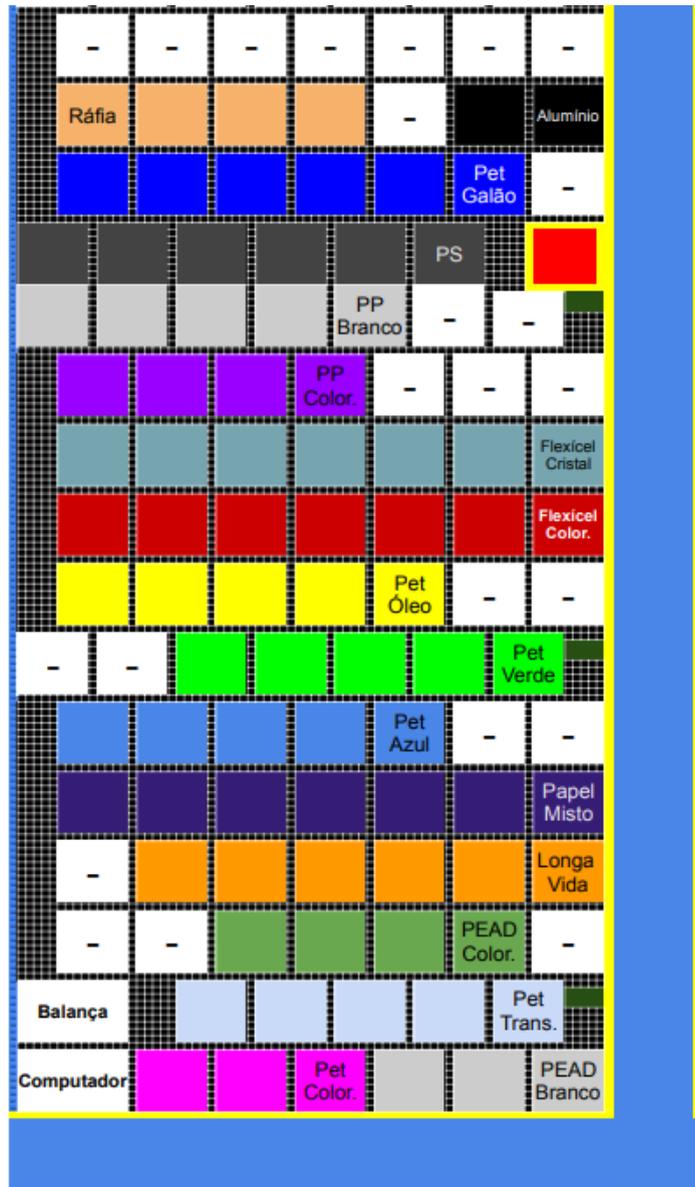
As principais mudanças que devem ocorrer na seguinte ordem no layout da UPMR DE Caçador são:

1. Reestruturar a triagem com a ordem dos *big bag's* definidos e a aproximação dos mesmos com o final da esteira.
2. Definir as posições dos tipos de materiais das *bags* no estoque intermediário.
3. Concentrar o estoque intermediário e o estoque final em um único ponto, evitando cruzamento de materiais.
4. Reposicionar a prensa de 35t 2,30m mais próxima da pré-triagem.
5. Reestruturar o estoque intermediário com a ordem dos *big bags* definidos.
6. Mudar a balança da triagem e computador de local, introduzindo ambos dentro do estoque intermediário
7. Aproximar as prensas de 25t 2,85m em direção ao estoque intermediário.
8. Reestruturar o estoque com a ordem dos fardos definidos.
9. Virar a balança do estoque intermediário e aproximar a mesma em 2,85m do

estoque intermediário.

Entre a saída do *big bag* da balança de triagem, até o armazenamento do estoque intermediário é um dos processos que mais envolve deslocamento no presente estudo, exigindo cerca de 40335,90 metros mensais para o cumprimento de sua função. Espera-se reduzir esse deslocamento em 64,6% com a nova formação demonstrada na Figura 10.

Figura 10 - Formação proposta do estoque intermediário



Fonte: Autoria própria (2022)

Essa configuração das big bag's foi pensada levando em consideração dois fatores fundamentais, sua frequência e a posição das prensas em que esse fardos

serão submetidos.

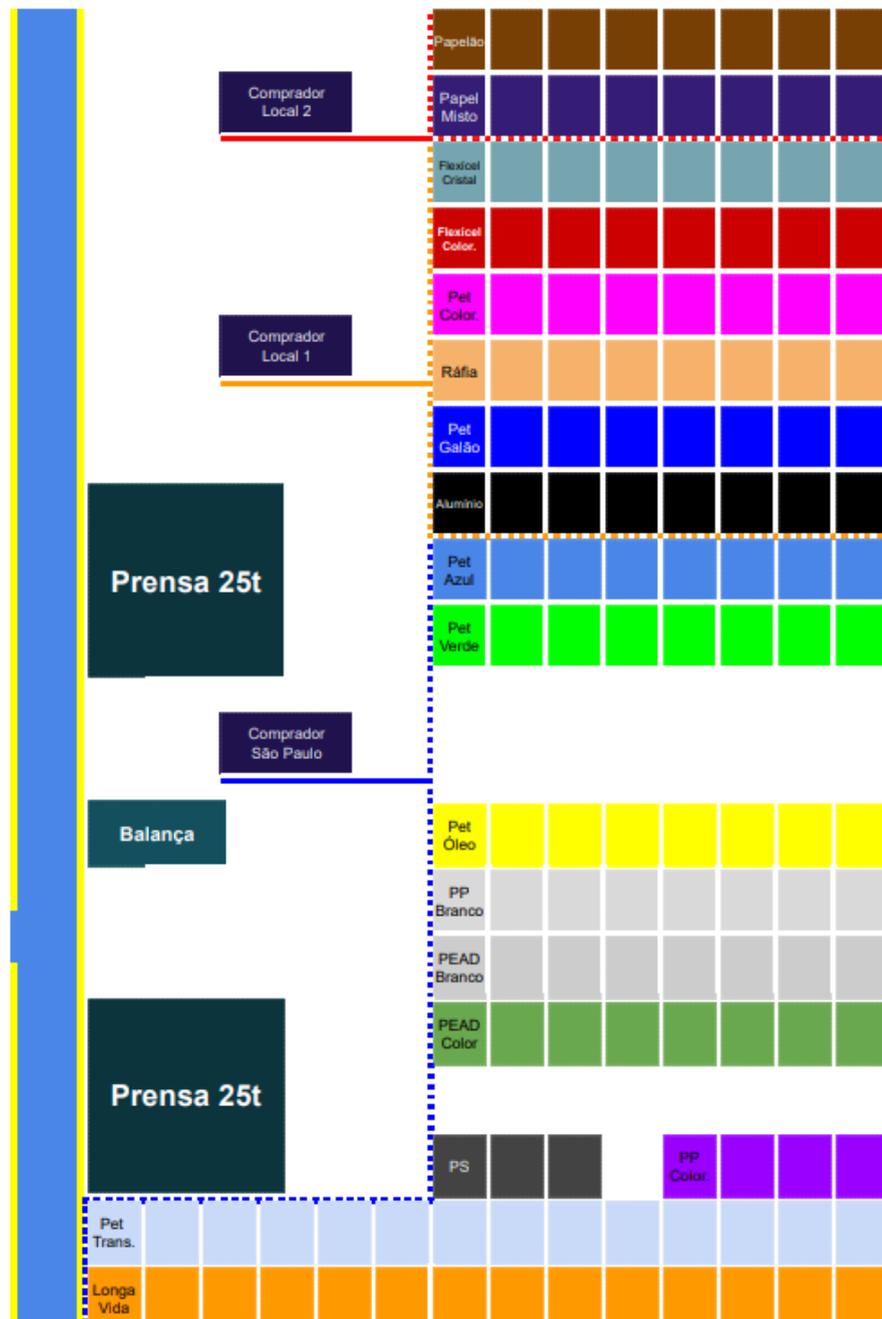
Quanto maior a frequência de um material, mais próximo ele deve ficar de uma das prensas, diminuindo assim a distância ponderada necessária para chegar ao seu destino.

Entre todas as modificações, um dos maiores ganhos da proposta foi de levar tanto o computador, quanto a balança da triagem, para o estoque intermediário, e por mais que não tenha beneficiado a triagem diretamente, essa mudança impactou positivamente toda a cooperativa, uma vez em que diminui em 7,35 metros de distância todas as *big bags* que iriam ser triadas.

A fim de fazer essas mudanças, é preciso que afaste a “Prensa 35t” em 2,3 metros do estoque intermediário, trazendo assim espaço suficiente para a realização da proposta.

Entre o estoque de fardos, e a retirada dos mesmos pelo portão de saída, decorrente de uma venda, é um dos processos que mais envolve deslocamento no final da linha produtiva, observado no presente estudo, exigindo cerca de 20243,52 metros mensais para o cumprimento de sua função. Espera-se reduzir esse deslocamento em 46,0% com a nova formação, como é possível ver na Figura 11.

Figura 11 - Formação proposta do estoque



Fonte: Autoria própria (2022)

Essa configuração do estoque foi desenvolvida levando em consideração a demanda de cada um dos compradores em relação ao portão de saída. Quanto maior a frequência, mais próximo deve ficar do portão de saída.

Os compradores de São Paulo pegam os fardos de Longa Vida, Pet Transparente, Pet Azul, Pet Óleo, Pet Verde, PEAD Branco, PEAD Colorido, PP

Branco, PP Colorido, e PS, representando a menor frequência 26,2%, e tem uma característica determinante que é possuir uma carga mínima de venda de 120 fardos. Por esses fatores a posição ideal para esses fardos deve ser desprezada em relação aos outros compradores.

O “Comprador local 1” fica com os materiais Flexível Colorido, Flexível Cristal, Latinha, Ráfia, PVC, Pet Galão, Balde/bacia, Pet Colorido, e Alumínio Aerossol, enquanto o “Comprador local 2” fica com Papelão, Papel Misto, e Papel Branco, os materiais de cada comprador tem uma representatividade somada de saída de 38,0% e 35,8 respectivamente. Por lógica, o comprador 1 ficaria mais próximo do portão de saída, porém foi considerado a média dos pesos dos fardos, sendo que o comprador 1 teria 120,9 quilogramas, e o comprador 2 teria 252,5 quilogramas, mais de duas vezes o peso, portanto um trabalho maior em relação ao comprador 1.

Com essas informações trabalhadas, foi possível estruturar a posição de cada comprador. A linha azul representa o comprador de São Paulo, a linha laranja representa o comprador 1, e a linha vermelha representa o comprador 2.

Na sequência foi estruturada uma formação para a triagem levando em consideração a frequência de saída desses materiais. Entre a saída do *big bag* da triagem, até a balança de triagem são cerca de 36 km mensais para o cumprimento de sua função. Espera-se reduzir esse deslocamento em 6,2% com a nova formação demonstrada na Figura 12.

Figura 12 - Formação proposta da esteira de triagem

		Esteira		
Balde/Bacia	Pet Trans.	    	Flexível Colorido	Rafia
PVC	COOPERADO 1		COOPERADO 2	Aerossol
PEAD branco	Vidro		Papel Misto	Pet Galão
Sucata Mista	Longa Vida		Pet Trans.	Pet Oleo
PEAD colorido	COOPERADO 3		COOPERADO 4	Pet Colorido
Pet Verde	Papel Branco		Papel Misto	Latinha
PP branco	Flexível Colorido		Longa Vida	Pet Azul
PP colorido	COOPERADO 5		COOPERADO 6	Sleeve / Longa Lata
Papelão	Flexível Cristal		Papel Misto	Sucata Alumínio
Flexível Cristal	Papel Misto		Pet Trans.	Papel Branco
Flexível Colorido	COOPERADO 7		COOPERADO 8	Flexível Cristal
PS	Papel Branco		Misturadão	Cobre / Eletrônico

Fonte: Autoria própria (2022)

Os fatores de frequência, volume e complexidade foram de suma importância, para a proposta da nova configuração das *big bags* na esteira de triagem, colocando materiais de maior vazão próximo da esteira e os de menor vazão atrás dos cooperados, os resíduos sólidos foram postos perto do fosso, enquanto os de maior complexidade ficaram no final da esteira. Ao longo do trabalho, observou-se que o peso não impacta tanto quanto a quantidade de movimentos necessários para encher um *bag*, logo os materiais “sucata”, “pet galão”, e “plástico volumoso” permaneceram atrás dos cooperados.

Os materiais Flexível Colorido (12,4%), Papel Misto (28,0%), Longa Vida (11,1%), Pet Transparente (16,5%), Flexível Cristal (6,0%), Papel Branco (2,6%), representam 76,8% de saída do número de *big bags* da triagem, por tanto devem ser repetidos ao longo da triagem.

A balança da triagem está mais próxima do lado direito da esteira, pensando nisso os materiais Flexível Colorido, Papel Misto, e Pet Transparente que apresentam o maior fluxo de saída devem ser posicionados do lado direito.

Os *bags* devem se aproximar do fim da esteira, aumentando o campo de visão e percepção dos cooperados, e diminuindo 1,6 metros de distância.

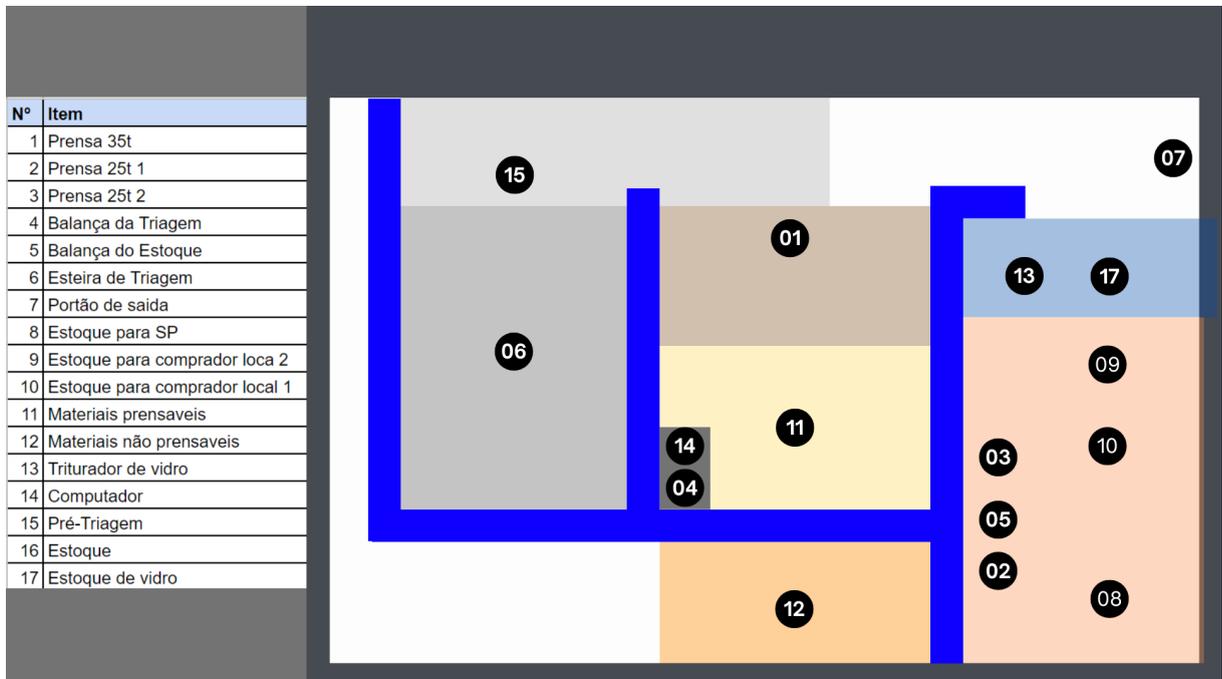
O Vidro Branco com o Vidro Misto, o Pet Sleeve com o Longa Vida Sucata, e o Cobre com o Eletrônico foram colocados juntos dentro de um *big bag* cada um desses 3 grupos. Os *bags* de Vidro Branco com Vidro Misto, os *bags* de Pet Sleeve com Longa Vida Sucata serão separados pelo operador do vidro e pelos prensistas respectivamente. Os *bags* de Cobre com Eletrônico não estão previstos nas recomendações do Instituto Recicleiros, logo não possuem prioridade de coleta.

O “Longa vida” é muito mais volumoso que o “Papel Branco”, e por mais que tenha uma frequência maior de *big bags*, seu trabalho é relativamente menor, empiricamente falando, é para tanto que o longa vida tem menos *big bags* dedicadas quando comparado com o papel branco. O mesmo caso ocorreria com o “Pet Transparente”, porém como o processo de separação desse material exige que seja retirado a tampinha da garrafa coletada, seu trabalho se torna equivalente ao do “Papel Branco”.

Com todas essas mudanças em vista, e com base na Figura 4 “Mapa atual dos itens simplificado”, foi desenhado um mapa simplificado com as propostas de

mudança, representado pela Figura 13

Figura 13 - Mapa proposto simplificado

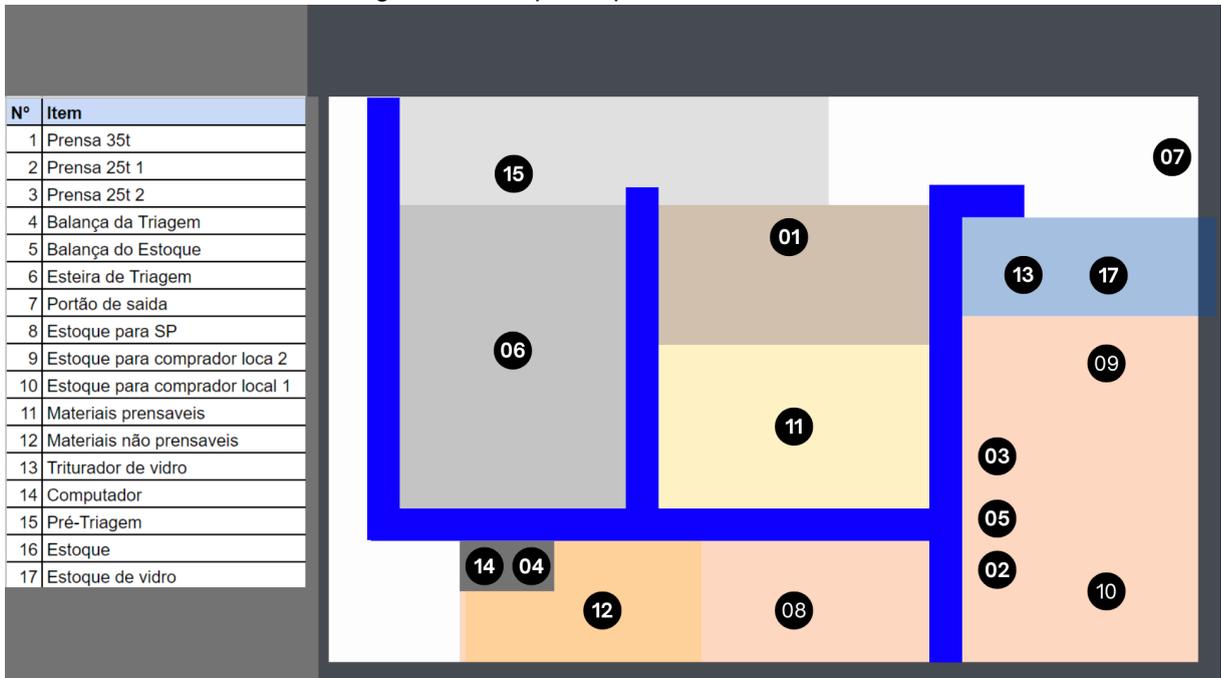


Fonte: Autoria própria (2022)

Além dessa proposta de *layout* mais duas foram consideradas:

1. A primeira alternativa dividiu o estoque final, colocando os fardos com destino a São Paulo (08) mais próximos do meio da planta, e aproximou o computador (14) e a balança da triagem (04) da esteira (06), como é possível verificar na Figura 14.

Figura 14 - Mapa simplificado alternativo 1

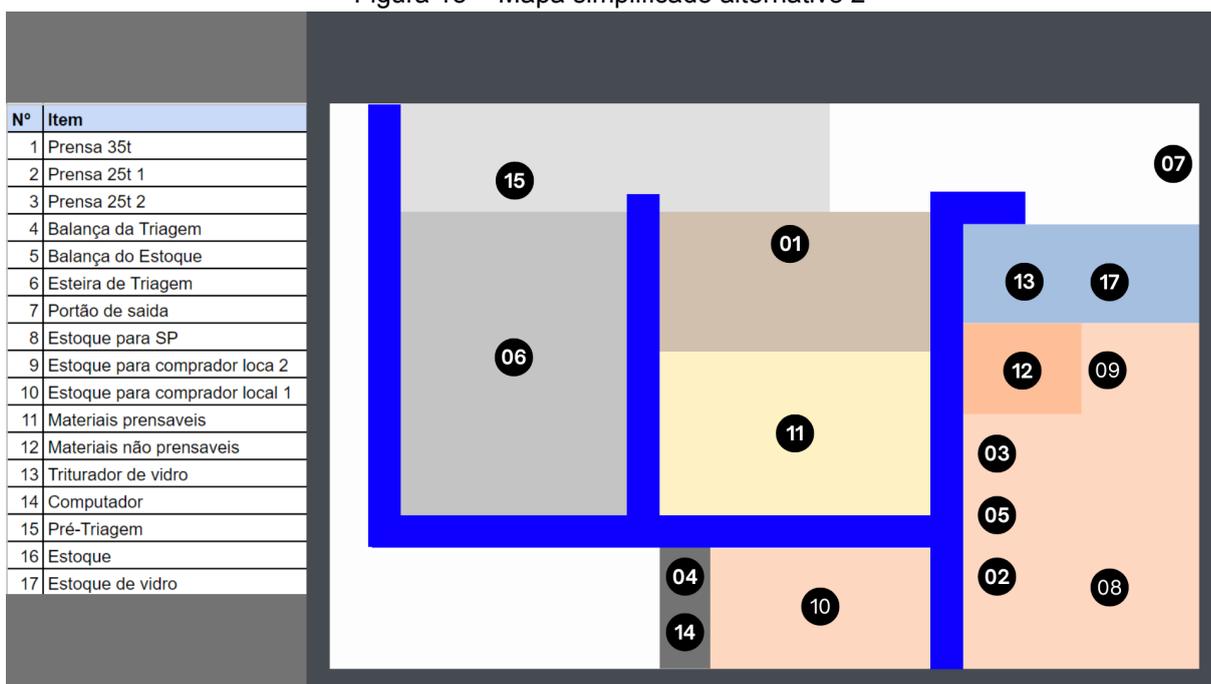


Fonte: Autoria própria (2022)

Essa configuração do layout não foi escolhida por não aproveitar da melhor forma possível os espaços disponíveis, e ter aumentado a distância entre o estoque intermediário. Apesar de ter diminuído a distância entre a esteira de triagem, o estoque intermediário, em comparação a esteira, provou-se ser um gargalo maior ao longo do presente trabalho, portanto deve ser priorizado.

2. Nessa alternativa o computador (14). e a balança (04) da esteira foram colocados mais próximos do estoque e os materiais não prensáveis (12) dentro do estoque para o comprador 2 (09), como representado pela Figura 15.

Figura 15 - Mapa simplificado alternativo 2



Fonte: Autoria própria (2022)

Essa configuração do *layout* não foi escolhida por permitir alguns cruzamentos de fluxo, afastar muito a balança da triagem (04) da esteira (06), e, apesar de ganhar distâncias entre os materiais não prensáveis (12) e o portão de saída (07), nem sempre os fardos vão na mesma carga que os materiais não prensáveis, comprometendo o processo.

Após a aplicação da metodologia SLP foi possível obter um novo *layout* para a UPMR de Caçador. A maioria da antiga disposição do *layout* foi mantida, modificando apenas a linha de produção, os estoques, e a posição das prensas, balanças e computador, pois o restante dos equipamentos e setores estavam localizados nos locais adequados quanto a movimentação (setor de triagem, fosso, vidro, papelão estoque e estoque intermediário).

Os ganhos em movimentação foram de 40262,41 metros, mensalmente falando. A maior parte sendo pela definição da formação do estoque intermediário.

Também se observou ganhos de espaço totalizando cerca de 100,9 metros quadrados. Esses espaços foram obtidos principalmente com a adequação das posições das prensas e da unificação dos estoques. Além disso, notou-se uma queda no rejeito por *big bag*, caindo de 7,8% para 4,2%. Essa diminuição se deve pela nova proposta formalizada na triagem, redistribuindo os *big bags* de maneira mais eficiente para cada cooperado.

Durante a execução do projeto, novas separações de materiais foram colocadas, além de algumas mudanças significativas nos processos, que foram revisados pela Recicleiros, como por exemplo:

- a) A adoção da separação do Pet Azul e Pet Galão do Pet Colorido, aumentando a quantidade de itens a serem manuseados na triagem, estoque intermediário, e estoque final;
- b) O não enfardamento do Papel Branco, culminando em uma ocupação cinco vezes maior desse tipo de material;
- c) A diminuição da pilha de fardos, de 4 passou para 3 fardo de altura, tendo ganhos em estabilidade e segurança, mas perdendo $\frac{1}{4}$ do espaço do estoque no processo.
- d) Foi introduzido mais uma prensa de 25t no setor de estoque.
- e) Foi determinado que os *big bags* não fossem mais compartilhados na triagem, logo cada triador assumiu a responsabilidade de 5 materiais diferentes.

Com a implementação deste trabalho foi possível vislumbrar que todas essas alterações foram incorporadas na rotina dos cooperados naturalmente e que a triagem, o estoque intermediário, e o estoque final obtiveram melhorias no manejo dos itens, no retrabalho na operação e na perda de materiais, impactando positivamente na produtividade, na qualidade do rejeito, nos espaços ocupados em cada estoque, e redução da movimentação, como podemos observar na Tabela 8.

Tabela 8 - Projeção Proposta de Distância e Frequência

Projeção Dimensionada				
Origem	Destino	Frequência	Distância (m)	Distância Mensal (m)
Prensa 35t	Balança do Estoque	< 3 horas	26,52	1653,08
Prensa 25t 1	Balança do Estoque	< 2 horas	4,60	430,10
Prensa 25t 2	Balança do Estoque	< 2 horas	2,76	258,06
Esteira da Triagem	Balança da Triagem/C	< 6 Minutos	17,62	32949,40
Balança da Triagem/C	Materiais prensáveis	< 6 Minutos	7,64	14286,80
Balança da Triagem/C	Materiais não prensáveis	< 11 Horas	9,9	168,30
Balança do Estoque	Fardos para SP	< 5 Horas	11,9	445,06
Balança do Estoque	Fardos para comprado	< 3 Horas	9,6	598,40
Balança do Estoque	Fardos para comprado	< 3 Horas	14,4	897,60
Materiais prensáveis	Prensa 25t 1 e Prensa	< 1 hora	10,22	1911,14
Pré-Triagem	Esteira de Triagem e F	< 1 hora	9,75	1823,25
Fardos para SP	Portão de saída	Bimestralmente	57,6	1689,60
Fardos para comprado	Portão de saída	Quinzenal	37,6	4191,15
Fardos para comprado	Portão de saída	Quinzenal	42,6	5060,88
		Totais	262,71	66362,82

Fonte: Autoria própria (2022)

Essas mudanças geraram um gasto irrisório quando comparado com os ganhos, uma vez que o investimento foi de R\$ 4250 e os movimentos necessários reduziram em 38,8%. Os custos foram para o reposicionamento das prensas, computador e balança, bem como os materiais necessários para esse fim.

5 CONCLUSÃO

Atualmente as cooperativas têm demandado um grande esforço por parte do corpo técnico do Instituto Recicleiros, no sentido de desenvolver novas técnicas que possam ser adequadas à realidade de cada Cooperativa. A partir do cenário identificado na empresa, o estudo esteve voltado às mudanças no arranjo físico e nos fluxos de materiais, de forma a permitir a minimização de perdas de tempo, de retrabalhos e da subutilização dos recursos produtivos como: espaço, mão-de-obra e insumos. Com o intuito de fornecer soluções para tais problemas, utilizou-se a metodologia do SLP para o desenvolvimento de alternativas de arranjo físico adequadas ao sistema produtivo da empresa. O *layout* proposto possui um fluxo produtivo lógico, onde o sequenciamento das atividades visa trazer melhorias na produtividade da empresa, com eliminação de deslocamentos desnecessários, além

de uma melhor alocação das atividades por meio da aproximação das áreas com significativas relações de afinidade. O sistema SLP é uma metodologia de projeto de *layout* que foi desenvolvida para operações de manufatura, reforçando ainda mais a utilidade e aplicação do mesmo, com base nos resultados obtidos.

Uma das principais contribuições teóricas deste trabalho está no modelo que foi proposto para a Unidade de Processamento de Materiais Recicláveis de Caçador, otimizando os movimentos da esteira de triagem, da organização do estoque intermediário, e do processo de armazenamento e carregamento de carga nos estoques, seja ele intermediário, ou final. Embora as etapas do procedimento do SLP tenham sido moderadamente modificadas, a maneira que as ferramentas do modelo foram utilizadas demonstra um caminho viável para o projeto de *layout* ser replicado em outras Cooperativas.

Apesar da cautela que se deve ter com a generalização de apenas uma aplicação em uma realidade específica, o modelo tem potencial de beneficiar *layouts* semelhantes. A aplicação na UPMR de Caçador permitiu que fossem descritos os problemas no *layout* anterior ao proposto, com isso, as posições dos fardos e *big bags*, nos estoques e esteira, respectivamente, foram modificados, resultando em um melhor aproveitamento do tempo, novos espaços, gerando um fluxo de processos mais eficiente e um modelo sistemático de *layout* consolidado.

Durante o trabalho foi desenvolvido um fluxo de processos, e levantado possíveis melhorias para o layout, na sequência foram escolhidas as opções mais vantajosas a serem aplicadas na Unidade, com isso foi construído um plano de ação para o modelo selecionado, e implementado as soluções propostas na Cooperativa. Para tais soluções de *layout* o apoio do tripé do Instituto Federal de Santa Catarina: o ensino, a pesquisa e a extensão, foram de extrema relevância, de tal maneira que consolidaram a base em que todas as mudanças.

As mudanças aplicadas dentro da Cooperativa de Reciclagem de Caçador já trazem impactos perceptivos aos olhares dos cooperadores. Segundo o relato de um deles, "Não percebia que eu andava tanto assim", reforçando a ampliação do conhecimento produtivo individual, outro colocou a questão do retrabalho afirmando que "Toda semana tinha que ficar arrumando o estoque".

Esse trabalho pode colocar à prova os conhecimentos obtidos através do IFSC Câmpus Caçador, para além disso, foi de grande valia para acrescentar experiências desafiadoras, no que se diz respeito ao tratamento e gestão de pessoas, metodologias aplicáveis, limitações práticas, etc. Como relato próprio quero deixar em destaque que pude devolver um pouco de toda a acolhida que a comunidade me deu, tanto por parte do ensino gratuito de qualidade, quanto pela estrutura cedida. Graças a isso, me desenvolvi e me tornei um profissional melhor.

6 REFERÊNCIAS

APPLE, J.M., **Plant Layout and Materials Handling**. Ronald Press Company. New York. 1963.

BARTLETT, H.; BAXEVANOGLU, A. ,KOCHHAR, A.K. **The application of systematic techniques to the re-layout of a low volume manufacturing system**. Journal of Engineering Manufacture. Proc. Instn. Mech. Engrs, vol 208, p. 87-103, 1994.

BORDA, M. **Layout**. Florianópolis, 1998.

CORRÊA, H. L. CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e de Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Editora Atlas, 2005.

COSTA, A. J. **Otimização do layout de produção de um processo de pintura de ônibus**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Escola de Engenharia: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2004.

DAVIS, M. M. AQUILANO, N. J. CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

DJASSEMI, M. **Improving factory layout under a mixed floor and overhead material handling condition**, *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 18, n. 3, p. 280-293, 2007.

Emami, S, & Nookabadi, A. S. **Managing a new multi-objective model for the dynamic**

facility layout problem. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v.68, p. 2213-2232, 2013.

FERREIRA, S. L.; AVEGLIANO, R. P. GONZAGA, C. C. T. **Diretrizes para elaboração e avaliação de leiaute de refeitório de restaurante universitário**. 2011. 2º Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. X Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Rio de Janeiro, RJ – Brasil. Disponível em <http://goo.gl/g4wk16>. Acesso em 30 de nov.de 2022.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

FRANCIS, R. L.; MCGINNIS Jr., L. F.; WHITE, J. A. **Facility Layout and Location – An Analytical Approach**. 2 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

GARCIA-DIAZ, A.; SMITH, J. M. **Facilities planning and design**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2008.

HAYNES, B. P. **The impact of office layout on productivity**. Journal of Facilities Management, v. 6, n. 3, p. 187-202, 2008.

HEERDT, M. L. **Metodologia de Pesquisa: livro didático**. 5. ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2007.

HIREGOUDAR, C.; REDDY, B. R. **Facility Planning & Layout Design: An Industrial Perspective**. Pune: Technical Publications Pune, 2007.

IMMER, J.R. **Layout Planning Techniques**. McGraw-Hill. New York. 1950.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **Somente 4% dos resíduos sólidos são reciclados no Brasil, aponta levantamento**. Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/mercados/brasil-e-politica/noticia/2022/06/05/somente-4percent-dos-residuos-solidos-sao-reciclados-no-brasil-aponta-levantamento.ghtml>>. Acessado em: 05 nov. 2022.

JUNIOR, A. T., SANTOS, K. A., VENDRAME, F. C., SARRACENI, J. M., & VENDRAME, M. C. **LAYOUT: A importância de escolher o Layout ideal devido à exigência no mercado competitivo.** São Paulo: Lins, 2009.

KERNS, F. **Strategic facility planning (SFP).** Work Study, v. 48, n. 5, p. 170-182. São Paulo: Lins, 1999.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.P., **Operations Management – Strategy Analysis** 5th Edition, Ed. Addison-Wesley Longman, Inc. p. 878-880, 1999.

LEE, Q. **Projeto de instalações e do local de trabalho.** São Paulo: IMAM, 1998.

MALLICK, R.W. and GAUDREAU, A.T. **Plant Layout: planning and practice.** John Wiley. New York. 1957.

MOORE, J.M. **Plant: Layout and Design.** Macmillan Company. New York. 1962.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações.** 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MOURA, Reinaldo A. **Armazenagem: Do Recebimento à Expedição em Almoarifados ou Centros de Distribuição.** 5. Ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2008.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: Sistema SLP.** São Paulo: Editora Edgar Blücher, 1978.

MUTHER, R. **Systematic Layout Planning.** 2.ed. Boston: Cahnerns Books, 1973.

MUTHER, R.; WHEELER, J. D. **Planejamento Sistemático e Simplificado de Layout.** São Paulo: IMAM, 2000.

RUDELL REED JR., P. E. **Plant Layout: Factors, Principles, and Techniques.** **Homewood:** Richard D. Irwin, 1961. Disponível em:

<<http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015004537547>>. Acessado em: 12 out. 2022.

SCHMENNER, R. W. **Service operations management**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995.

SILVEIRA, G. **Layout e Manufatura Celular**. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGE. UFRGS. Porto Alegre. 1998.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SULE, D. R. **Manufacturing facilities – location, planning, and design**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A. et.al. **Facilities Planning**. 2nd Edition. New York: John Willey & Sons, Inc. p.732-734, 1996.

TOMPKINS, J. A.. **Facilities planning**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 2010.

URBAN, T. L. **Combining Qualitative and Quantitative Analyses in Facility Layout**. Production and Inventory Management Journal, n. 3/4, p. 71-74, 1989.

WILDE, E. **Functional Planning**. **Facilities**, v. 14, July-August, p. 34-38, 1996.

Yang, T.; Su, C.; Hsu, Y. (2000); **Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities**, International Journal of Operations & Production Management, p. 1356-1375, 2011.