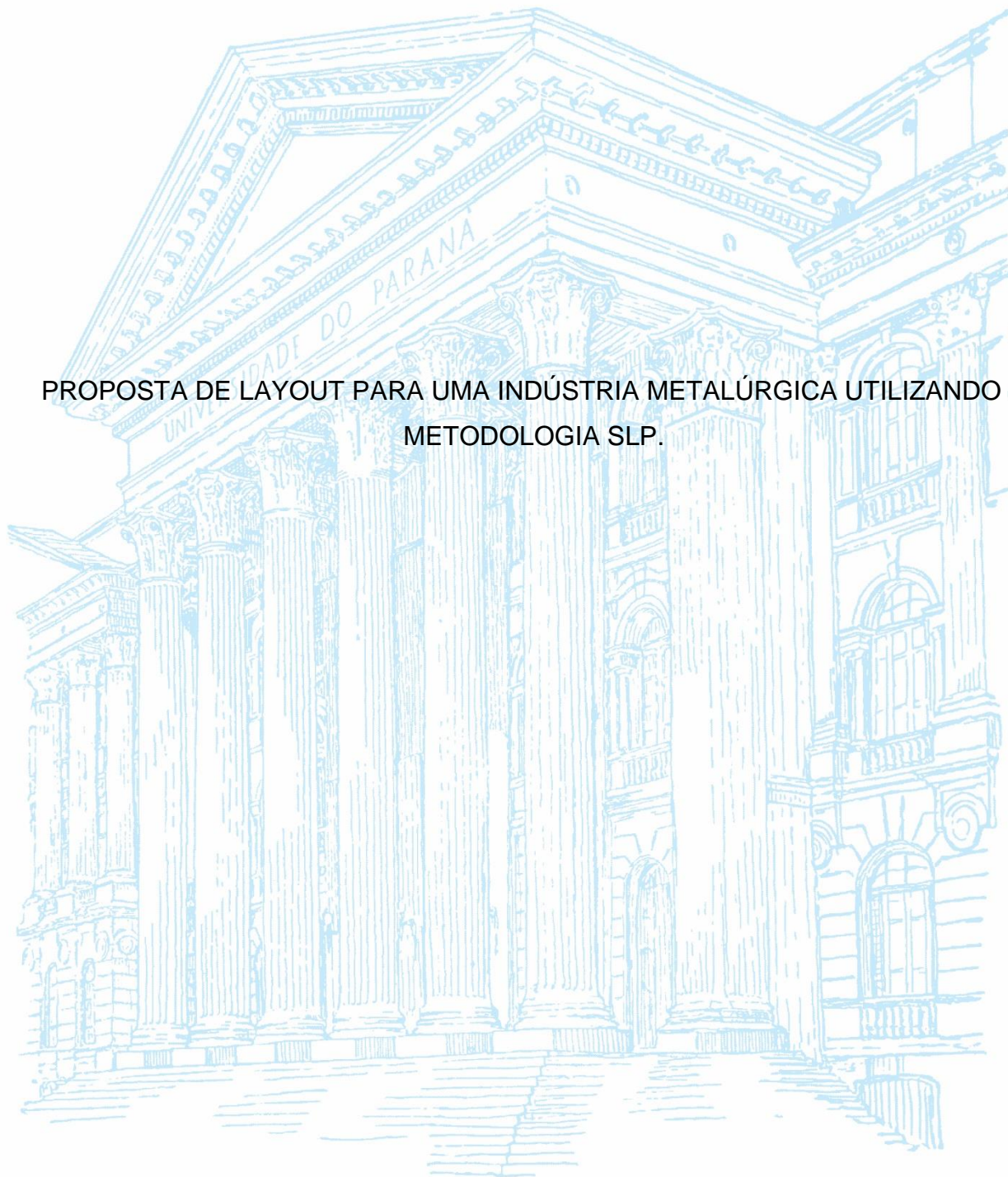


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEANDRO CELESTINO CONTE

PROPOSTA DE LAYOUT PARA UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA UTILIZANDO A
METODOLOGIA SLP.



JANDAIA DO SUL

2018

LEANDRO CELESTINO CONTE

PROPOSTA DE LAYOUT PARA UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA UTILIZANDO A
METODOLOGIA SLP.

TCC apresentado ao curso de Engenharia de Produção, Campus de Jandaia do Sul, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. William Rodrigues dos Santos.

JANDAIA DO SUL

2018

C761p Conte, Leandro Celestino
Proposta de *layout* para uma indústria metalúrgica utilizando a metodologia SLP. / Leandro Celestino Conte. – Jandaia do Sul, 2018.
81 f.

Orientador: Prof. Dr. William Rodrigues dos Santos
Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação) – Universidade Federal do Paraná. Campus Jandaia do Sul. Curso de Graduação em Engenharia de Produção.

1. *Layout*. 2. Arranjo físico. 3. *Systematic Layout Planning*. 4. SLP. Indústria metalúrgica. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD: 658.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PARECER Nº 001/2019/2019/UFPR/R/JA
PROCESSO Nº 23075.003911/2019-39
INTERESSADO: WILLIAM RODRIGUES DOS SANTOS

TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: PROPOSTA DE LAYOUT PARA UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA UTILIZANDO A METODOLOGIA SLP

Autor(a): LEANDRO CELESTINO CONTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau no curso de Engenharia de Produção, aprovado pela seguinte banca examinadora.

- David Iubel de Oliveira Pereira
- Juliana Verga Shirabayashi
- William Rodrigues dos Santos

Jandaia do Sul, 12 de dezembro de 2018.



Documento assinado eletronicamente por **WILLIAM RODRIGUES DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/01/2019, às 09:59, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **David Iubel de Oliveira Pereira, Usuário Externo**, em 28/01/2019, às 10:28, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA VERGA SHIRABAYASHI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/01/2019, às 17:30, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **1529651** e o código CRC **392CF001**.

Aos meus pais e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela saúde e disposição que me permitiu a realização deste trabalho.

Aos meus pais José Carlos Conte e Maria das Graças Celestino Conte, por estarem comigo em todos os momentos e por terem apoiado a minha escolha para iniciar este curso.

Aos proprietários e colaboradores da indústria metalúrgica Brasfer (Mandaguari, PR) por abrirem as portas para realizar este trabalho.

Ao meu orientador William Rodrigues dos Santos.

Aos meus professores: Rafael Dal Molin Filho, André Luis Gazoli de Oliveira, Marco Aurélio Reis dos Santos e David Iubel, que desde 2014 fizeram parte da minha graduação e foram essenciais para eu chegar na etapa final do curso.

A todos os professores da Universidade Federal do Paraná Campus de Jandaia do Sul.

A toda a minha família e amigos que me apoiaram.

Agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo.

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação.
Mas se você não fizer nada, não existirão.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

O layout ou arranjo físico, é a alocação das ferramentas, maquinários, operadores e todos os espaços utilizados dentro de uma certa linha de produção. O arranjo físico bem planejado dentro de uma indústria é essencial para o desempenho estratégico de produção, no qual muitas empresas optam por desenvolver novas propostas a fim de otimizar o processo produtivo. Nesta pesquisa é realizado o desenvolvimento de propostas de layouts para uma indústria metalúrgica utilizando a metodologia *SLP (Systematic Layout Planning)*. Através de um estudo de caso foram desenvolvidas três propostas de baixa complexidade considerando o fluxo dos processos e movimentação dos materiais. Os resultados mostraram que as propostas conseguiram atingir resultados superiores em relação ao layout atual com a diminuição da complexidade e da distância de movimentação entre as etapas de produção, podendo agilizar o processo produtivo e melhorar os aspectos ergonômicos dos colaboradores.

Palavras-chave: Layout. Arranjo físico. *Systematic Layout Planning*. *SLP*. Indústria metalúrgica.

ABSTRACT

The layout or physical arrangement is the allocation of tools, machinery, operators and all spaces used within a certain production line. Well planned physical arrangement within an industry is essential for strategic production performance, in which many companies choose to develop new proposals in order to optimize the production process. In this research is presenting the development of layouts proposals for a metallurgical industry using the methodology SLP (Systematic Layout Planning). Through a case study, three proposals of low complexity were developed considering the flow of processes and material movement. The results showed that the proposals were able to achieve superior results in relation to the current layout, reducing the complexity and the distance of movement between the production stages, being able to streamline the productive process and improve the ergonomic aspects of the collaborators.

Key-words: Layout. Physical arrangement. Systematic Layout Planning. SLP. Metallurgical industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - TIPOS DE ARRANJOS FÍSICOS MAIS COMUNS	19
Figura 2 - PROCEDIMENTOS <i>SLP</i>	22
Figura 3 - MAPOFLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO LAYOUT ATUAL.....	31
Figura 4 - CARTA DE INTERLIGAÇÕES PREFERENCIAIS.....	32
Figura 5 - DIAGRAMA DE INTER-RELAÇÃO	33
Figura 6 - DIAGRAMA DE RELACIONAMENTO DE ESPAÇO	35
Figura 7 - FLUXO ATUAL DAS CABINES DE SOLDA	36
Figura 8 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DAS PRENSAS	37
Figura 9 - ÁREA PARA FUTURAS INSTALAÇÕES.....	38
Figura 10 - PROPOSTA 1.....	39
Figura 11 - PROPOSTA 2.....	40
Figura 12 - PROPOSTA 3.....	41
Figura 13 - FLUXO DOS PROCESSOS DA PROPOSTA 1.....	43
Figura 14 - FLUXO DOS PROCESSOS DA PROPOSTA 2.....	44
Figura 15 - FLUXO DE MATERIAIS DAS CABINES DE SOLDA DAS PROPOSTAS 1 E 2.....	45
Figura 16 - FLUXO DOS PROCESSOS DA PROPOSTA 3.....	46
Figura 17 - FLUXO DOS PROCESSOS COM PRODUÇÃO EQUILIBRADA.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - ROTEIRO SEQUENCIAL DE OPERAÇÕES	29
Quadro 2 - GRAU DE PROXIMIDADE DA CARTA DE INTERLIGAÇÕES PREFERENCIAIS	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - DIMENSÕES DOS ELEMENTOS DO PROCESSO ESTUDADO	34
Tabela 2 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE MONTAGEM DE RADIADOR HARPA PARA SOLDA	48
Tabela 3 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE MONTAGEM DE RADIADOR ALETADO/CÉLULA PARA SOLDA	48
Tabela 4 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE SOLDA PARA TESTE DE RADIADOR HARPA	49
Tabela 5 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE SOLDA PARA TESTE DE RADIADOR ALETADO	49
Tabela 6 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE SOLDA PARA TESTE DE RADIADOR CÉLULA	50
Tabela 7 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS PROCESSOS	50
Tabela 8 - MENOR DISTÂNCIA MÉDIA	50
Tabela 9 - MENOR DESVIO PADRÃO	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTO E PROBLEMA	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 ARRANJO FÍSICO	18
2.2 MÉTODOS DE ELABORAÇÃO DE LAYOUT	20
2.2.1 Método de Immer	20
2.2.2 Método de Reed	20
2.2.3 Método de Nadler	21
2.2.4 Método de Apple	21
2.2.5 Método de Muther	21
2.2.6 Método SimuCAD (1996)	25
2.2.7 Método de Neumann e Scálice	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 ENQUADRAMENTO DA PESQUISA	27
3.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DADOS	27
3.3 FERRAMENTAS DE COLETA DE DADOS	28
3.4 PROTOCOLO DE PESQUISA	28
3.5 DESCRIÇÃO DO CASO.....	29
3.5.1 Entrada de dados	29
3.5.2 Fluxo de atividades	30
3.5.3 Atividades relacionadas.....	31
3.5.4 Diagrama de inter-relação	32
3.5.5 Espaço necessário e disponível	33
3.5.6 Diagrama relacionamento de espaço	34
3.5.7 Considerações de mudança.....	35
3.5.8 Limitações e restrições.....	36

3.5.9 Alternativas	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 FLUXO DE OPERAÇÕES.....	42
4.2 DISTÂNCIA PERCORRIDA.....	47
4.2.1 Análise dos dados	48
4.2.2 Aspectos ergonômicos	51
4.3 AVALIAÇÃO FINAL DAS PROPOSTAS	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

De acordo com Slack et al. (2007), o arranjo físico ou layout, é definido como um modo de alocação das etapas de produção no chão de fábrica de uma organização. Segundo Pugliesi (1989), o arranjo físico também é considerado um fator essencial para trazer melhores resultados na produção, caso for bem desenvolvido, garante um maior rendimento em suas etapas produtivas podendo trazer resultados positivos como a minimização do deslocamento de materiais, o balanceamento de linha, a utilização racional no espaço e até a minimização do esforço realizado por operadores designados em múltiplas tarefas.

Entretanto, para Slack et al. (2007), um arranjo físico mal planejado e formulado pode trazer consequências negativas em relação a eficiência da produção, podendo ocasionar perda de tempo na localização e deslocamento de peças de estoque e produto acabado, extravio de peças no decorrer do processo, etc. Para Rawabdeh e Tahboub (2005), é preciso elaborar um layout eficiente, pois o planejamento leva tempo e investimento, sendo estes dois aspectos considerados como um desafio para os gestores.

Por meio dessas características, as empresas de pequeno e médio porte (PME's) para Ramos (1995), são as que possuem um maior nível de criticidade em relação ao planejamento e controle da produção, aonde o fluxo do processo produtivo de acordo com o layout utilizado é um dos fatores envolvidos. Os motivos que ocasionam a má utilização do espaço produtivo por essas empresas podem ser pela baixa capacidade financeira para investimentos, espaço físico com tamanho restrito, resistência dos proprietários por pouco conhecimento na área e a falta de profissionais capacitados para desenvolver um estudo adequado sobre a melhor forma de adequação ou implantação.

Para um layout ser desenvolvido com mais agilidade e segurança, existem ferramentas e métodos específicos que auxiliam o responsável pelo desenvolvimento na análise de variáveis que se relacionam com os elementos do processo produtivo. Algumas das variáveis de estudo podem ser: tempo, espaço, produtividade, ergonomia, etc.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é elaborar propostas de layout para o setor de fabricação de radiadores de uma indústria metalúrgica.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar o fluxo produtivo;
- Estabelecer a relação entre as atividades;
- Verificar a relação de espaço necessário;
- Desenvolver e avaliar as propostas de arranjo físico.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Rattner (1984), uma empresa que se adapta ao ambiente atual precisa mudar a sua estrutura organizacional, a tecnologia, a localização do estabelecimento e a natureza de seus produtos. Com isso, a justificativa desta pesquisa busca desenvolver propostas de layout utilizando um método pouco complexo, para mostrar às empresas de qualquer porte, inclusive as PME's, que é possível melhorar diversas variáveis do processo produtivo através de etapas simples e com baixo investimento, aumentando a competitividade e garantindo maior credibilidade em seus produtos.

Pelo fato de ter sido identificado na indústria escolhida um layout complexo e com improvisos que aparentemente não foram estudados com cautela para serem implementados, as propostas elaboradas poderão facilitar a tomada de decisão dos gerentes em modificar o processo para uma possível melhora nos resultados, podendo também influenciar o desenvolvimento de layouts de outros barracões da empresa.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia foi estruturada em 5 capítulos, conforme descrito a seguir:

Capítulo 1: apresenta a contextualização seguida da problemática de pesquisa, justificativa e objetivos;

Capítulo 2: expõe o referencial teórico, trazendo conceitos referentes à definição de arranjo físico e layout assim como descrever os métodos de elaboração de layout existentes;

Capítulo 3: revela os procedimentos metodológicos, iniciando com o enquadramento metodológico da pesquisa, seguido pela descrição do caso, especificação dos métodos de coleta e análise dos dados e, por fim, os passos a serem percorridos para alcançar os objetivos propostos;

Capítulo 4: apresenta os resultados obtidos e suas análises;

Capítulo 5: traz um resumo dos principais resultados encontrados seguido pelas limitações desta pesquisa assim como a sugestão de trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Serão apresentados a seguir os assuntos abordados na pesquisa obtidos através de um estudo literário.

2.1 ARRANJO FÍSICO

A definição de arranjo físico para Peinaldo e Graeml (2007) é a atividade de converter os elementos que se relacionam dentro de uma organização com uma estrutura que consiga alcançar os objetivos minimizando os custos e aumentando os lucros.

Já para o autor Schenk et al. (2010), o layout em uma indústria é a representação gráfica do arranjo espacial de unidades funcionais e estruturais em nível operacional, determinando que o layout ideal é o que identifica a melhor solução possível. Existem alguns objetivos para o arranjo físico de acordo com Oliveira (2013), dentre eles são: evitar desgaste físico do colaborador, oferecer um clima confortável, aumentar a produtividade e trazer mais facilidade de comunicação entre as diversas áreas da empresa.

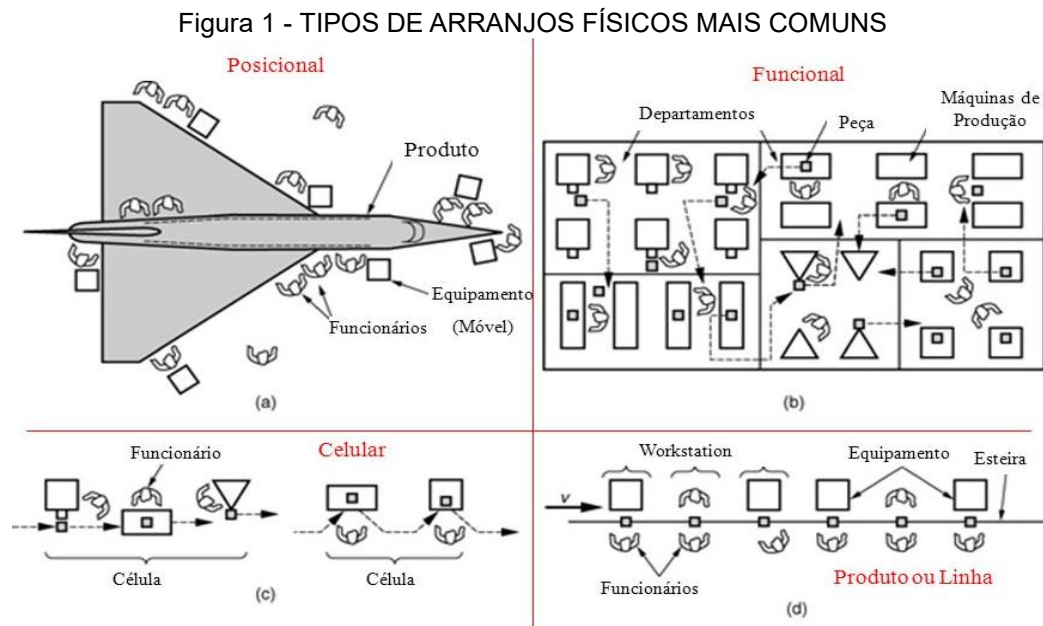
Lee (1998) afirma: “O layout de uma fábrica é produto de decisões passadas e presentes. É a manifestação física da estratégia de produção da empresa”.

O posicionamento físico dos recursos no chão de fábrica e a correta utilização do espaço físico, fazem parte do arranjo de uma operação industrial segundo Slack et al. (2007). Para o autor, o arranjo físico é dividido em quatro tipos principais:

- Arranjo físico posicional: as máquinas, ferramentas e mão-de-obra se movem até o produto, pelo fato das características do produto inviabilizarem sua movimentação no chão de fábrica;
- Arranjo físico funcional: o produto segue um caminho de operações a serem realizadas sobre ele;
- Arranjo físico celular: os recursos transformados são pré-selecionados para serem movimentados até uma parte específica da operação onde todos os recursos transformadores necessários para atender suas necessidades imediatas de processamento se encontram no local;

- Arranjo físico por produto: os recursos de transformação ficam localizados em ordem de acordo com o tipo de produto a ser produzido.

Para Cury (2012) os arranjos físicos mais utilizados em indústrias são: por células e por produto.



Fonte: Slack et al. (2009).

Ao elaborar um arranjo físico, primeiramente é necessário estar claro o tipo de processo que sua organização possui assim como o modelo básico mais adequado para este processo. Segundo Lee (1998), é essencial o conhecimento do sistema produtivo que será realizado o desenvolvimento do arranjo físico. Para ele, é importante analisar os produtos e seus respectivos volumes de produção, como também os processos de fabricação envolvidos.

De acordo com Oliveira (2011) e Francis e White (1994), durante o desenvolvimento de um arranjo físico, é essencial que sejam observados os seguintes objetivos:

- Proporcionar de maneira eficiente, eficaz e efetiva o fluxo de comunicação entre os setores da empresa;
- Reduzir investimentos em equipamento;
- Flexibilizar as operações;
- Minimizar o custo de tratamento do material;
- Reduzir o tempo de produção;

- Utilização do espaço existente da melhor forma possível;
- Melhorar o fluxo de trabalho;
- Reduzir desgastes físicos do funcionário;
- Ter um clima favorável para o trabalho.

Segundo Moura (2005), os custos com armazenagem e movimentação representam de 30% a 50% dos custos totais de produção.

2.2 MÉTODOS DE ELABORAÇÃO DE LAYOUT

Para garantir um layout adequado e de acordo com a necessidade da empresa, existem diversos métodos que ajudam no desenvolvimento, no qual utilizam ferramentas e análise de dados para conseguir elaborar um projeto que consiga oferecer uma melhoria no processo produtivo. Alguns desses métodos são: Método de Immer, Método de Reed, Método de Nadler, Método de Apple, Método de Muther, Método SimuCAD e Método de Neumann e Scálice.

2.2.1 Método de Immer

Segundo Immer (1950), este método foi desenvolvido para tornar os processos mais eficientes quantitativamente, ou seja, com menores distâncias entre eles e menor tempo de produção. Neste método o lado ergonômico não é levado em consideração no desenvolvimento das propostas. As etapas do método são basicamente identificar o problema, representar os fluxos dos processos, e transformá-los em sequências de máquinas.

2.2.2 Método de Reed

Reed (1961), desenvolveu cartas de processos detalhadas para identificar diversas áreas do arranjo físico. Nesta carta é analisado o fluxo dos processos, recursos utilizados, sistemas de transporte, dimensionamento de área de maquinários, estoques, etc. Utilizando a carta de planejamento do layout, é possível identificar os fatores citados acima e utilizá-los como dados estratégicos para elaborar propostas alternativas.

2.2.3 Método de Nadler

O método desenvolvido por Nadler (1965), levou em consideração a elaboração dos layouts utilizando situações ideais de aplicação. As atividades do desenvolvimento das propostas são realizadas de forma hierarquizada com a teorização do sistema ideal, conceitualização do sistema ideal e projeto do sistema de trabalho com a tecnologia ideal. Sendo assim é realizada a instalação do sistema recomendado.

2.2.4 Método de Apple

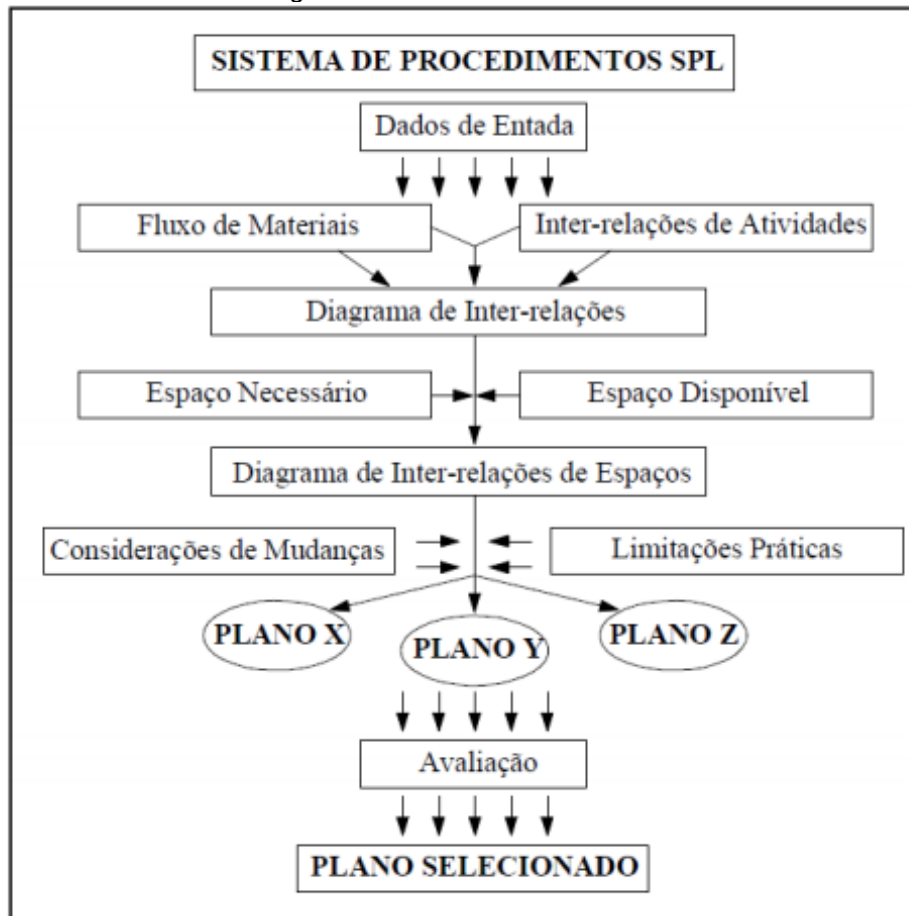
Os procedimentos realizados por Apple (1977), são realizados através de vários passos, no qual são incluídos a análise dos dados atuais, projeção do processo produtivo, planejar o fluxo de materiais, analisar a características do espaço físico, determinar limitações e considerações a serem feitas durante o projeto, discutir a validação e acompanhar a implementação.

2.2.5 Método de Muther

O *Systematic Layout Planning (SLP)*, é uma metodologia desenvolvida por Richard Muther (1978), cujo objetivo é auxiliar o desenvolvimento de projetos de layout de forma simples e estruturada, fazendo com que haja uma facilidade na visualização dos processos envolvidos (TOMPKINS et al, 1996).

De acordo com Muther (1978), o *SLP* é composto por uma estruturação de fases (Figura 2) seguindo um modelo de procedimentos e uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidas no planejamento.

Figura 2 - PROCEDIMENTOS SLP



Fonte: Muther e Wheeler (2008).

2.2.5.1 Entrada de dados

Conforme é resumido na Figura 2, o início da metodologia *SLP* começa com a coleta de dados, com o objetivo de tornar possível a aplicação de suas ferramentas para um desenvolvimento organizado do layout. Esses dados coletados para dar início ao procedimento são separados em 5 letras:

- **P (Produto):** tipo do produto produzido pela empresa;
- **Q (Quantidade):** quantidade de produto fabricado;
- **R (Roteiro):** fluxo das operações para produzir o produto;
- **S (Suporte):** serviços que dão suporte ao layout;
- **T (Tempo):** tempo de produção dos produtos fabricados.

2.2.5.2 Fluxo de atividades

Segundo Muther (1978), esse item da fase de análise consiste na determinação da sequência de movimentação dos materiais ao longo das etapas exigidas pelo processo. Nesta etapa é desenvolvido o mapofluxograma das atividades envolvidas.

2.2.5.3 Atividades relacionadas

Para facilitar a alocação das instalações da empresa, deve-se elaborar uma carta de interligações preferenciais (MUTHER E WHEELER, 2008). Com essa carta, é possível identificar as atividades que necessitam ficar próximas ou não, influenciando no desenvolvimento das propostas. Segundo os mesmos autores, para classificar a intensidade dos fluxos, isto é, o grau de relação existente entre as atividades, utilizam-se seis letras, correspondentes às seguintes expressões: A – Absolutamente necessário; E – Especialmente importante; I – Importante; O – Proximidade normal; U – Sem importância; X – Indesejável.

2.2.5.4 Diagrama de inter-relação

Nessa etapa, são unidos os dados de fluxo de atividades com a inter-relações de atividades, no qual transformará as informações em um esboço de localização das atividades com seus respectivos graus de proximidade em um diagrama (SEVERO, 2005).

2.2.5.5 Espaço necessário e disponível

De acordo com o espaço físico em estudo, é realizado o dimensionamento deste e calculado os espaços necessários para modificar os processos escolhidos. Através disso é possível prever se o layout possui capacidade em atender uma modificação.

2.2.5.6 Diagrama de relacionamento de espaço

Neste item é utilizado o diagrama de inter-relações, desenvolvido juntamente com o espaço calculado para então desenvolver um diagrama que leve em consideração as dimensões de cada área dos elementos.

2.2.5.7 Considerações de mudanças

Para desenvolver as novas propostas, é possível que haja algum tipo de consideração para adicionar ou modificar, sendo elementos ou processos, que tenha uma razão pelo o qual está sendo feito.

2.2.5.8 Limitações e restrições

Qualquer tipo de restrição na modificação do layout é descrito nesta etapa, no qual envolve desde a impossibilidade de movimentação de certos maquinários ou extinção de algumas áreas.

2.2.5.9 Alternativas

Analisando os diagramas desenvolvidos e as limitações encontradas, são finalmente desenvolvidas as propostas de layout.

2.2.5.10 Avaliação

As propostas desenvolvidas são avaliadas de acordo com os critérios impostos para a implementação. Esses critérios são variáveis de acordo com a realidade da empresa, alguns deles são: custo de implantação, fluxo de processos e complexidades nas modificações.

2.2.6 Método SimuCAD (1996)

A metodologia SimuCAD integra ferramentas de computação gráfica, simulação, avaliação e implantação de sistemas de produção (COSTA; MENEGON; CAMAROTTO, 1996). De acordo com os mesmos autores, são representados bi e tridimensionalmente os *templates* dos centros de produção, no qual consideram as demandas espaciais definidas pelo equipamento, operação, manutenção, processamento, transporte, serviços, acessos, segurança e ergonomia. As duas questões básicas que devem ser atendidas no método são as formas de representação do layout por ferramentas computacionais, e as interações necessárias entre os homens, equipamentos e maquinários envolvidos no processo produtivo.

2.2.7 Método de Neumann e Scálice

Segundo Neumann e Scálice (2015), a metodologia chamada de PFL, possui um roteiro de estudo divididos em cinco etapas:

- **Estruturação:** nesta etapa é realizado planejamento estratégico, plano de negócios e indicadores para compreender como está o ambiente e definir estratégias para as próximas decisões que serão realizadas;
- **Projeto de fábrica:** é feito a seleção da unidade produtiva, analisando tanto como suas limitações, capacidades e processos;
- **Projetos de layout:** esta etapa é dividida em 5 fases. A primeira fase é o Planejamento do Projeto, em que adequa o modelo ao ambiente que será estudado. A segunda fase é o Projeto Informacional, aonde consegue definir estratégias para a obtenção de melhorias através da análise das informações do processo produtivo e dos índices de uso do espaço físico. A terceira fase é o Projeto conceitual, os elementos do processo estudado são agrupados de acordo com o estudo de afinidade. Posteriormente são elaboradas propostas alternativas para avaliar a viabilidade de continuação para a próxima etapa. A penúltima fase é o Projeto Detalhado, no qual utiliza ferramentas computacionais para realizar simulações e é feito o detalhamento das atividades levando em consideração diversos aspectos, como segurança e ergonomia. A última fase é feita a liberação para a edificação.

- **Projeto de Edificação:** todos os requisitos possíveis de análise que dão suporte a implantação do projeto serão feitos nesta etapa;
- **Projeto de Implantação:** A última fase consiste em acompanhar a implantação do modelo proposto.

Os métodos apresentados para elaboração de layout possuem características semelhantes, sendo que alguns mais complexos se baseiam em outros mais simples para fazer suas etapas aplicáveis. As etapas de coleta, análise e comparações de dados são as mais comuns entre os diversos métodos.

3 METODOLOGIA

3.1 ENQUADRAMENTO DA PESQUISA

A natureza da pesquisa adotada para este trabalho é referente a um estudo de caso aplicado e exploratório. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso tem caráter empírico, investigando um fenômeno atual no contexto da vida real. A condução de um estudo de caso é realizada pela sequência de etapas a seguir:

- Definir de uma estrutura conceitual teórica;
- Planejar os casos;
- Conduzir teste piloto;
- Coletar dados;
- Analisar dados;
- Gerar de relatório.

A abordagem da pesquisa tem caráter quantitativo em relação a coleta e análise dos dados de distância entre os elementos, e qualitativo por comparar a relação entre esses elementos.

3.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DADOS

As ferramentas de análise que serão utilizadas estão descritas a seguir.

- *Software* da empresa: será utilizado para analisar dados históricos de produção;
- Carta de interligações preferenciais;
- Diagrama de inter-relação;
- Diagrama de relacionamento de espaço;
- Planilha de cálculo de espaço do layout e dos elementos localizados nele;
- Planilha de cronometragem preenchida;
- Planta baixa já existente;
- *Software* CAD para a obtenção das distâncias percorridas;
- Planilha de cálculo de distância e desvio padrão entre os espaços.

3.3 FERRAMENTAS DE COLETA DE DADOS

Para ser realizada a coleta de dados necessários para a aplicação do método *SLP*, serão utilizadas as seguintes ferramentas:

- Cronoanálise: será realizado um estudo dos tempos de produção e de movimentação para os três tipos de radiadores;
- Dimensionamento do espaço: por meio de trena e planta baixa disponível no *software* CAD, será medida toda a área do espaço a ser estudado;
- Dimensionamento dos elementos presentes no espaço físico;
- Dimensionamento da distância entre operações: por meio da planta baixa disponível no *software* CAD, será dimensionado a distância percorrida seguindo a ordem dos processos de movimentação dos produtos;
- Mapeamento de processos: será coletada a sequência operacional de cada tipo de radiador;
- Entrevistas e *brainstorming*: será realizado um questionamento com os operadores e com os diretores;
- Gráfico Espaguete: através desta ferramenta será coletado o caminho percorrido pelos operadores no arranjo físico.

3.4 PROTOCOLO DE PESQUISA

Utilizando os procedimentos do *SLP*, a descrição do caso seguirá uma ordem da acordo com a Figura abaixo: 1-Entrada de dados; 2-Fluxo de atividades; 3-Atividades relacionadas; 4-Diagrama de inter-relação; 5-Espaço necessário e disponível; 6-Diagrama de relacionamento de espaço; 7-Considerações de mudanças; 8-Limitações e restrições; 9-Alternativas; 10-Avaliação. Pelo fato da etapa de avaliação ter uma característica de análise dos resultados, ela será apresentada no Capítulo 4.

3.5 DESCRIÇÃO DO CASO

O desenvolvimento do arranjo físico foi realizado em uma indústria metalúrgica localizada na cidade de Mandaguari-PR. O processo produtivo da empresa é do tipo *jobshop*, ou seja, ela produz diversos produtos em pequenas quantidades e de acordo com a demanda do cliente. Mesmo assim, mais da metade das vendas realizadas no mês são para uma indústria de transformadores de energia elétrica, em que são fabricados diversos acessórios para postes e peças de transformadores. Os produtos estudados fazem parte das peças de transformadores, porém como há uma variedade muito grande de produtos, foram escolhidos apenas três tipos de radiadores. A justificativa para a escolha de apenas três tipos de produtos se deve ao fato de serem os mais fabricados de toda a empresa. Sendo assim, as etapas do *SLP* aplicadas com os dados coletados serão apresentadas a seguir.

3.5.1 Entrada de dados

- **P = Produto (ou material ou serviço):** Os produtos estudados serão: radiador do tipo Harpa, radiador do tipo Célula e radiador do tipo Aletado;
- **Q = Quantidade ou volume de produção:** A empresa fabrica por mês uma média de 1175 de radiadores do tipo Aletado, 800 de radiadores do tipo Célula e 3000 radiadores do tipo Harpa;
- **R = Roteiro sequencial das operações:** As operações dos três tipos de radiadores são semelhantes, porém o radiador do tipo Harpa possui algumas etapas diferentes conforme é mostrado no Quadro 1;

Quadro 1 - ROTEIRO SEQUENCIAL DE OPERAÇÕES

RADIADOR					
HARPA		ALETADO		CÉLULA	
1	Dobra	1	Fabricação de radiador Harpa	1	Montagem
2	Estampagem	2	Montagem	2	Solda
3	Montagem	3	Solda	3	Teste
4	Solda	4	Teste	-	-
5	Teste	-	-	-	-

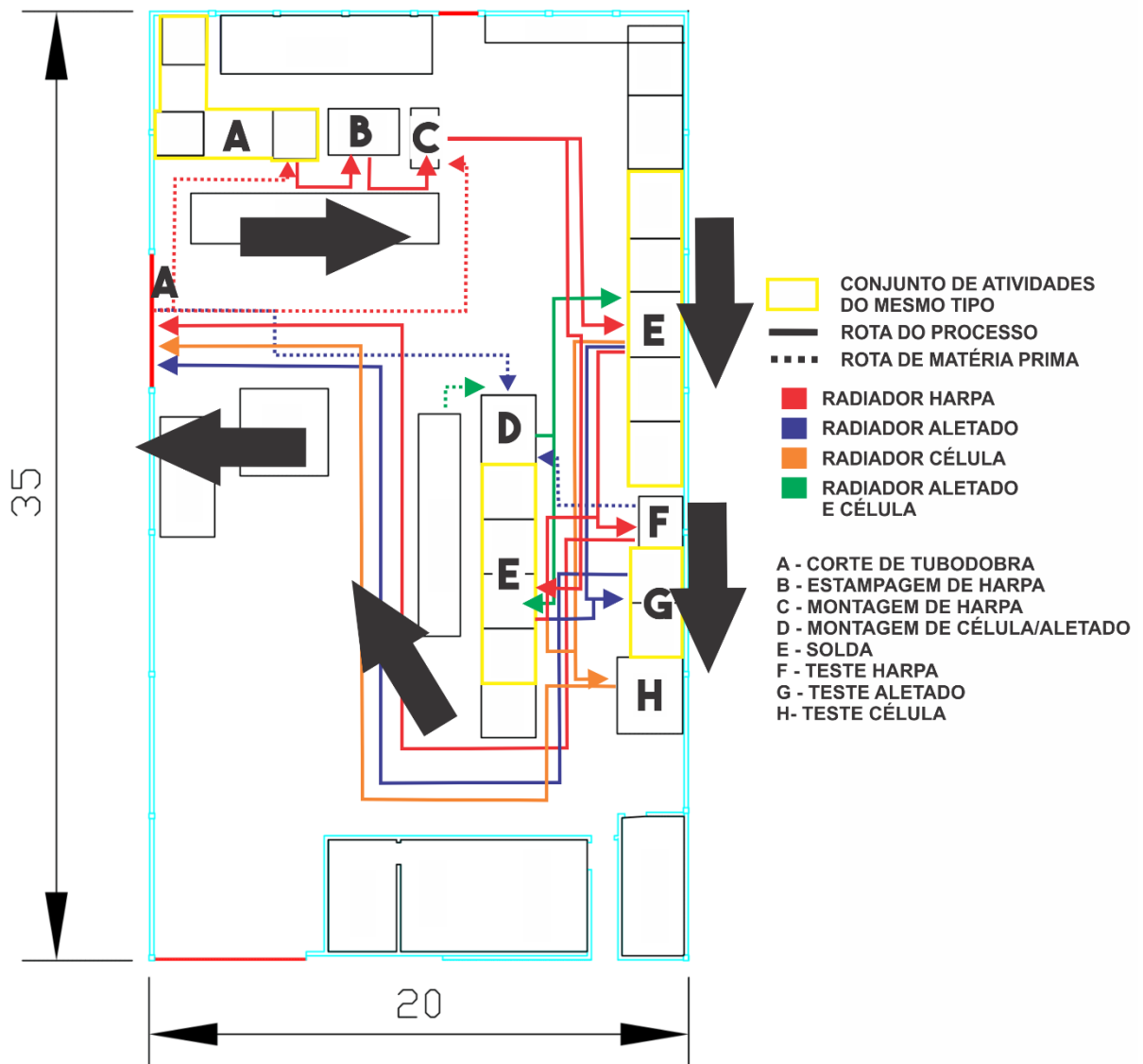
FONTE: O autor (2018)

- **S = Suporte:** A empresa estudada possui um total de 30 funcionários, sendo que, 14 (quatorze) desses são envolvidos diretamente no processo de produção dos radiadores. Quanto às máquinas e ferramentas, a organização possui em seu patrimônio prensas, máquinas de soldas, dobradeiras, cabines de teste e diversas ferramentas para fabricarem os radiadores. O espaço conta com banheiro e bebedouros distribuídos pela fábrica, além de um espaço externo para fumantes.
- **T = Tempo das operações:**
O tempo médio de produção dos radiadores são de 15 minutos para o radiador do tipo Harpa e 30 minutos para o radiador do tipo Célula e do tipo Aletado.

3.5.2 Fluxo de atividades

O fluxo das atividades será apresentado por um mapofluxograma presente na Figura 3, detalhando na planta do layout atual, a rota de cada radiador desde a entrada da matéria prima até a saída do barracão.

Figura 3 - MAPOFLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO LAYOUT ATUAL



FONTE: O autor (2018)

3.5.3 Atividades relacionadas

Com base nas informações levantadas na empresa objeto do estudo de caso, foi elaborada a carta de interligações preferenciais conforme a Figura 4, no qual será analisada a relação de proximidade de 11 elementos do layout.

Figura 4 - CARTA DE INTERLIGAÇÕES PREFERENCIAIS

Nº	ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	DOBRADEIRA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	ESTAMPADORA DE HARPA	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	MESA DE MONTAGEM DE HARPA	U	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	MESA DE MONTAGEM CÉLULA/ALETADO	U	U	U	-	-	-	-	-	-	-	-
5	CABINE DE SOLDA	U	U	A	A	-	-	-	-	-	-	-
6	CABINE DE TESTE DE HARPA	U	U	U	I	A	-	-	-	-	-	-
7	CABINE DE TESTE DE ALETADO	U	U	U	U	A	U	-	-	-	-	-
8	CABINE DE TESTE DE CÉLULA	U	U	U	U	A	U	U	-	-	-	-
9	BANCA DE MATRIZES	U	O	U	U	U	U	U	U	-	-	-
10	BANHEIRO	O	O	O	O	O	O	O	O	U	-	-
11	ESCRITÓRIO	U	U	O	O	U	U	U	U	U	O	-

FONTE: O autor (2018).

Para preencher a carta de interligações preferenciais, as relações dos elementos possuem um certo grau de proximidade descrito no Quadro 2, sendo que a carta é preenchida por seis graus de proximidade. Desta forma, os elementos que são importantes em ficarem próximos começam a ficar mais visíveis. Essa análise será feita na próxima etapa, onde será apresentado o diagrama de inter-relação.

Quadro 2 - GRAU DE PROXIMIDADE DA CARTA DE INTERLIGAÇÕES PREFERENCIAIS

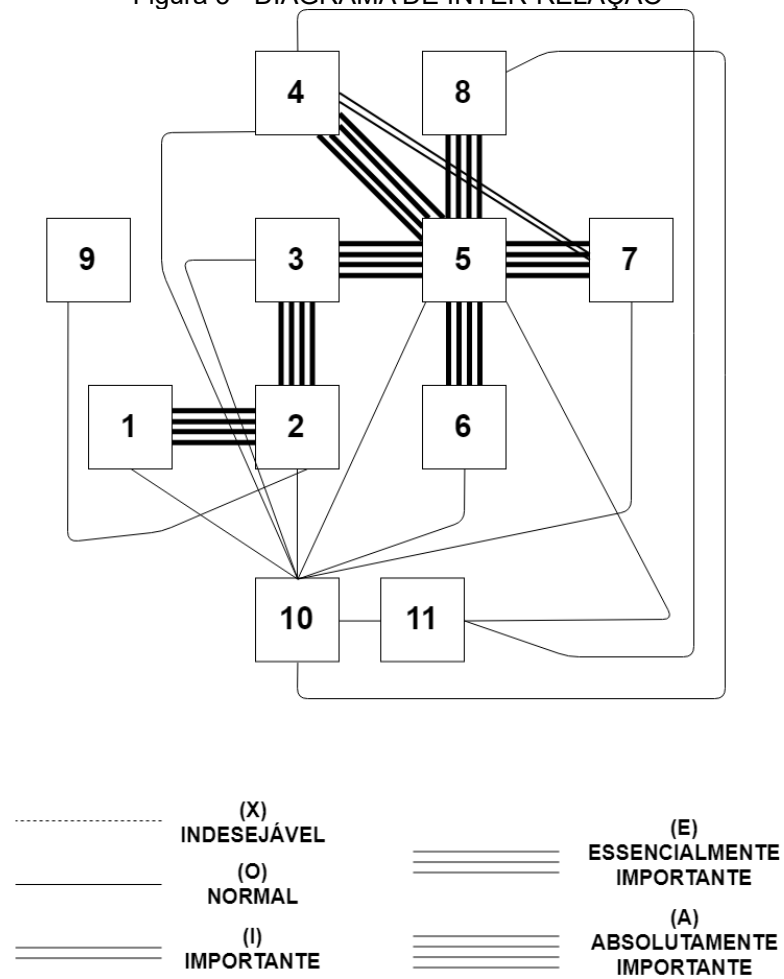
Grau	Proximidade	Quantidade
A	Absolutamente importante	7
E	Essencialmente importante	0
I	Importante	1
O	Normal	11
U	Sem importância	35
X	Indesejável	0

FONTE: O autor (2018)

3.5.4 Diagrama de inter-relação

Juntando o fluxo do processo com o grau de proximidade dos elementos do layout, o diagrama de inter-relação foi desenvolvido para mostrar de uma maneira mais clara como os elementos se relacionam entre si. Analisando o diagrama (Figura 5), os elementos que possuem um alto grau de proximidade são: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Conforme é mostrado na legenda do diagrama, cada tipo de linha indica o tipo de proximidade que os elementos possuem.

Figura 5 - DIAGRAMA DE INTER-RELAÇÃO



FONTE: O autor (2018)

3.5.5 Espaço necessário e disponível

De acordo com a Tabela 1, foi calculado as dimensões de todos os elementos envolvidos no layout, no qual posteriormente foi comparado com o espaço que está disponível para modificação. Durante o período de medida dos elementos, foi descoberto que as cabines de soldas não eram de tamanhos padrões, porém como a maioria das cabines possuíam a dimensão de 2 x 2 metros, foi levado em consideração este tamanho para todas as outras, sabendo que não existe nenhuma restrição para realizar a padronização.

Tabela 1 - DIMENSÕES DOS ELEMENTOS DO PROCESSO ESTUDADO

Quantidade	Elemento	Dimensão eixo X (m)	Dimensão eixo Y (m)	Área (m ²)
2	Cabine de teste de Aletado	2	2	8
1	Cabine de teste de Harpa	1,6	2	3,2
1	Cabine de teste de Célula	2,4	2,8	6,72
9	Cabine de solda	2	2	36
1	Cabine de Montagem de Célula/Aletado	2,55	2	5,1
1	Estampadora de Harpa	1,7	2,6	4,42
1	Banca de Matrizes	2	4,4	8,8
1	Mesa de montagem de harpa	1	2,2	2,2
3	Dobradeira	1,8	1,6	8,64
1	Banheiro	-	-	11,63
1	Escritório	-	-	38
			TOTAL	132,71

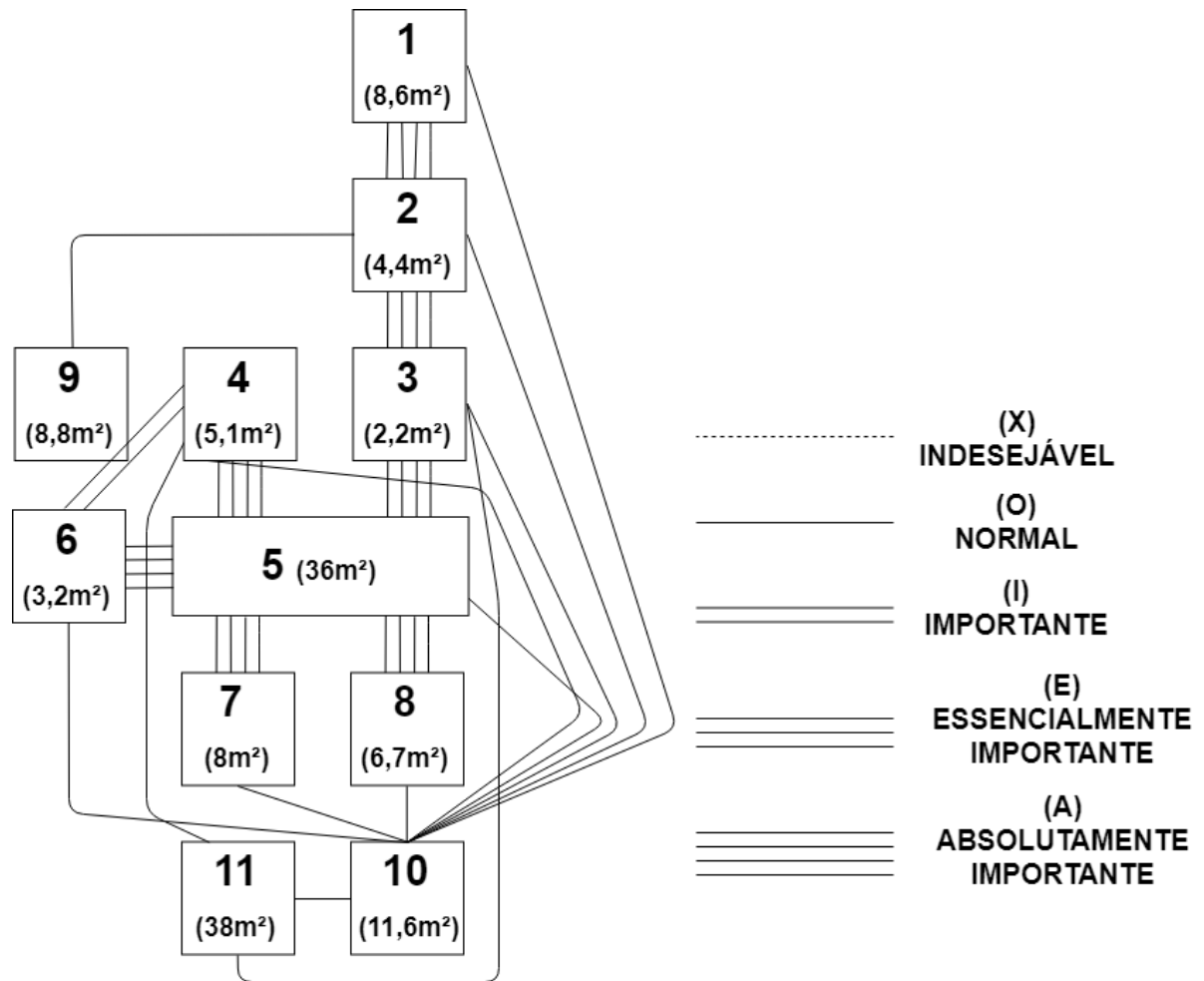
FONTE: O autor (2018)

O espaço escolhido para elaborar as propostas de layout possui uma área de 700m², sendo que os elementos estudados totalizam uma área de aproximadamente 132m², deixando uma sobra de 568m² de espaço.

3.5.6 Diagrama relacionamento de espaço

De acordo com a característica deste tipo de diagrama, as relações dos elementos do processo produtivo foram elaboradas com as suas respectivas áreas conforme a Figura 6.

Figura 6 - DIAGRAMA DE RELACIONAMENTO DE ESPAÇO

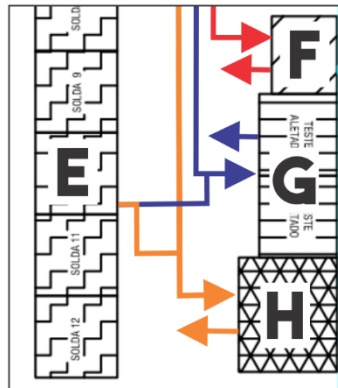


FONTE: O autor (2018)

3.5.7 Considerações de mudança

A primeira consideração no desenvolvimento das propostas foi eliminar três cabines de solda que estão vazias e inutilizadas, no qual deixaram apenas 9 cabines, que atualmente são ativas. A segunda consideração foi modificar o fluxo de entrada e saída de produto das cabines de teste, pois elas são posicionadas de um modo que o material entra e sai no mesmo corredor conforme a Figura 7, resultando no fluxo de produtos acabados e semiacabados no mesmo caminho. Sendo assim, as cabines serão realocadas e rotacionadas para que os produtos acabados tenham um caminho independente.

Figura 7 - FLUXO ATUAL DAS CABINES DE SOLDA



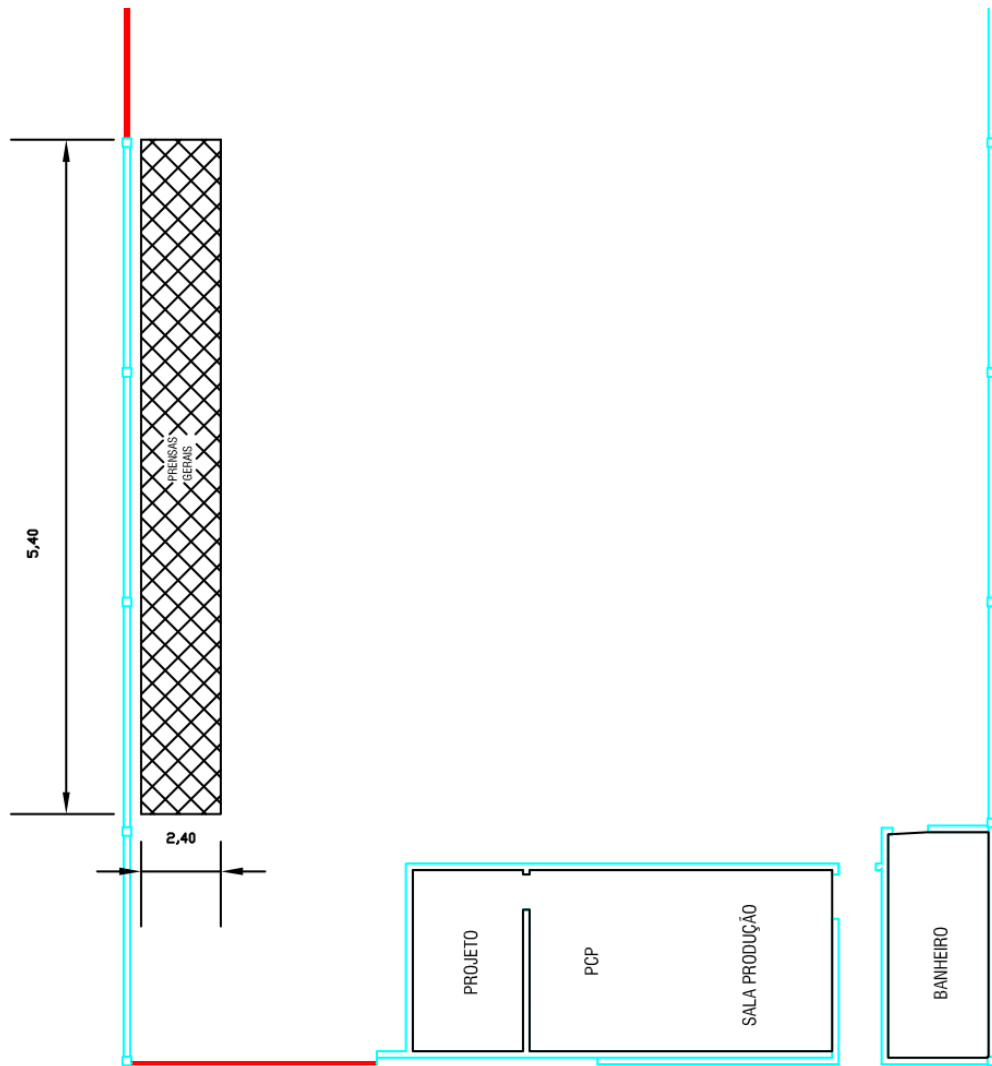
FONTE: O autor (2018).

3.5.8 Limitações e restrições

As restrições e limitações encontradas foram:

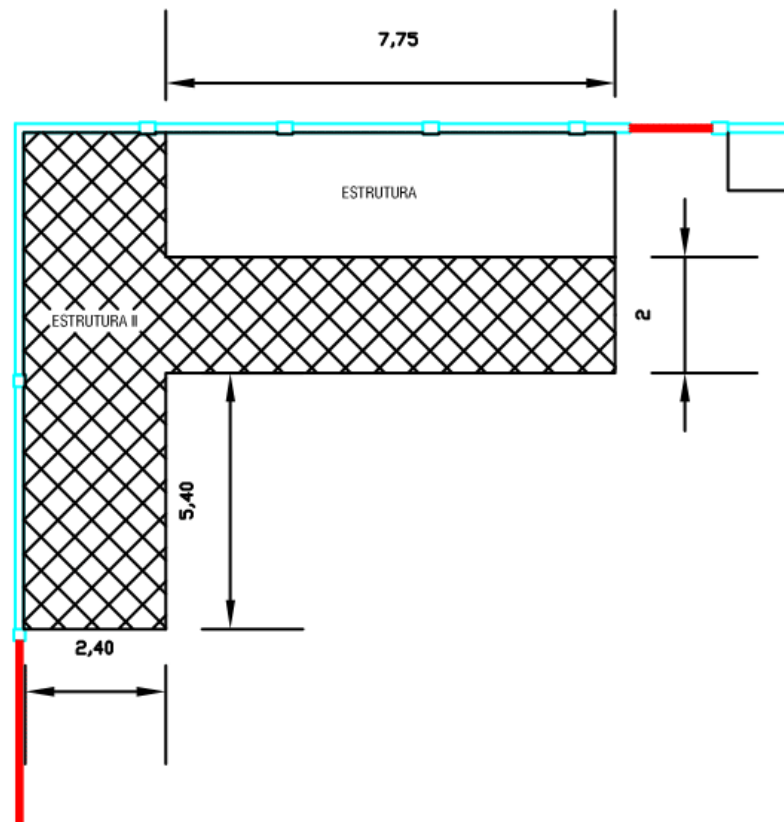
- Impossibilidade de realocação de prensas de outros processos que estão localizadas na mesma área estudada conforme a Figura 8;
- Área restrita para botijões de ar comprimido;
- Escritório e banheiro impossibilitados de mudança;
- Elaborar propostas pouco complexas e com baixo investimento para facilitar a implantação;
- Disponibilizar uma área para futuras instalações de outro tipo de produto localizado no mesmo arranjo físico conforme a Figura 9.

Figura 8 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DAS PRENSAS



FONTE: O autor (2018)

Figura 9 - ÁREA PARA FUTURAS INSTALAÇÕES

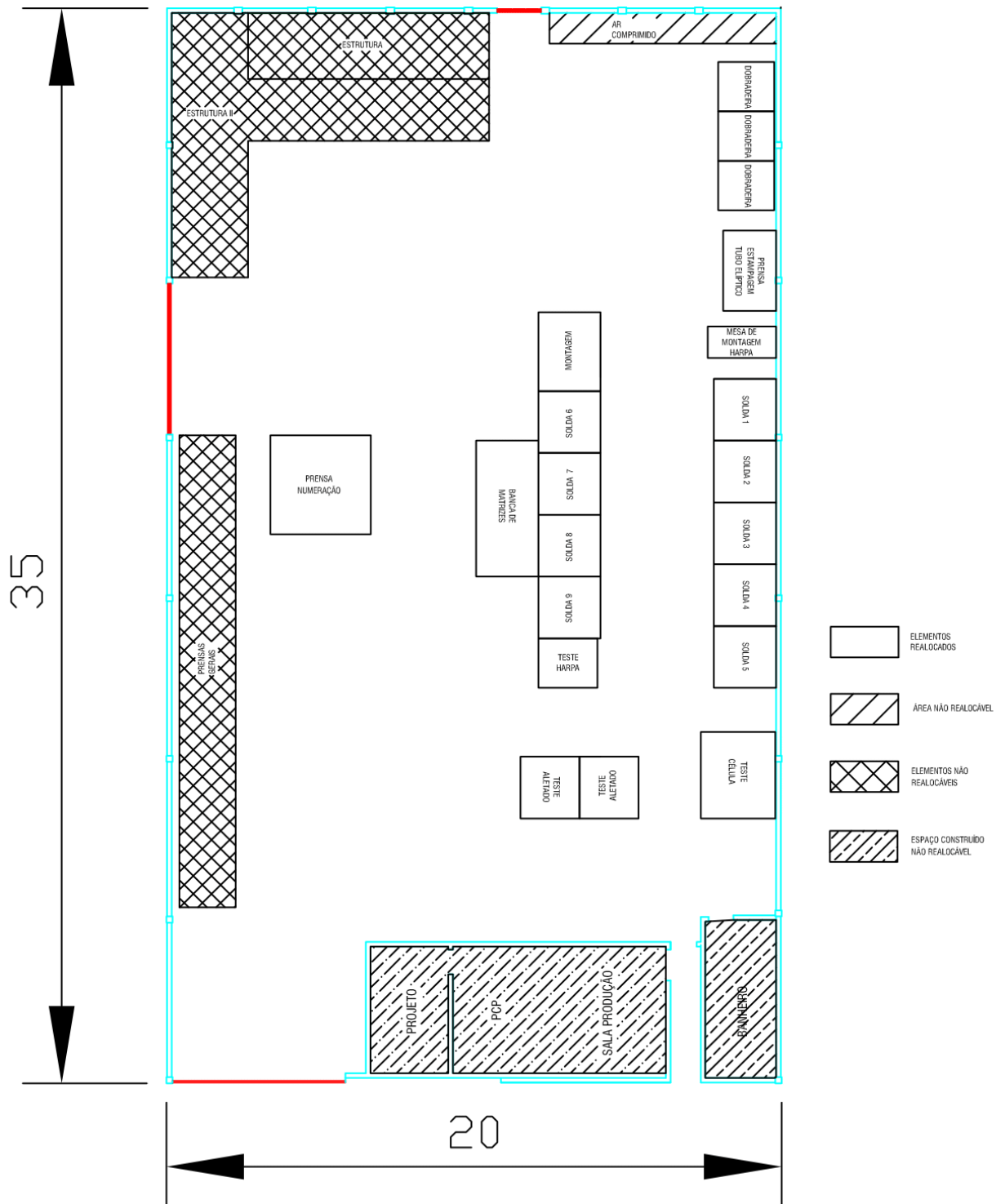


FONTE: O autor (2018).

3.5.9 Alternativas

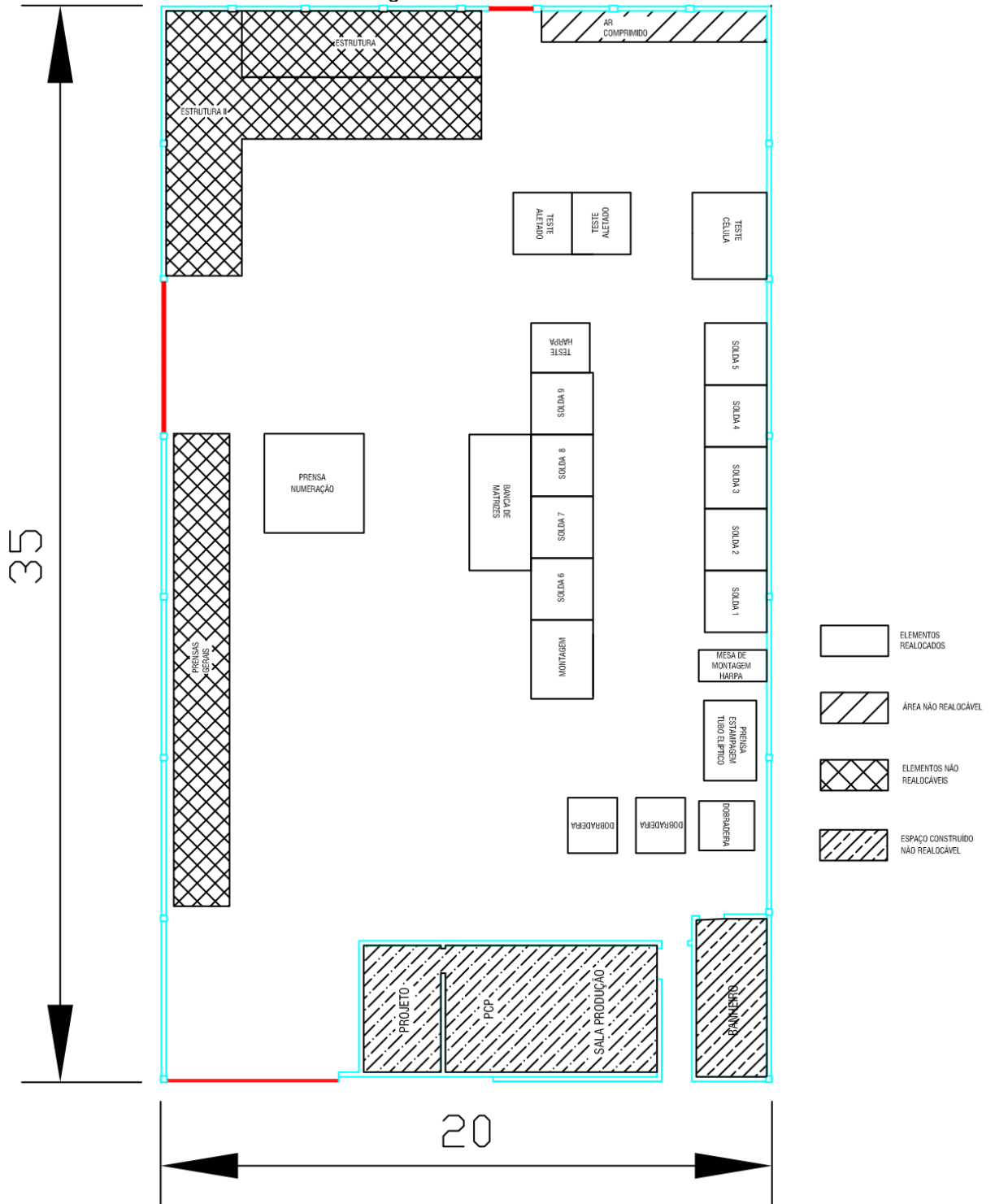
Levando em consideração os procedimentos anteriores, foram desenvolvidas três propostas para serem avaliadas conforme descrito nas Figuras 10, 11 e 12.

Figura 10 - PROPOSTA 1



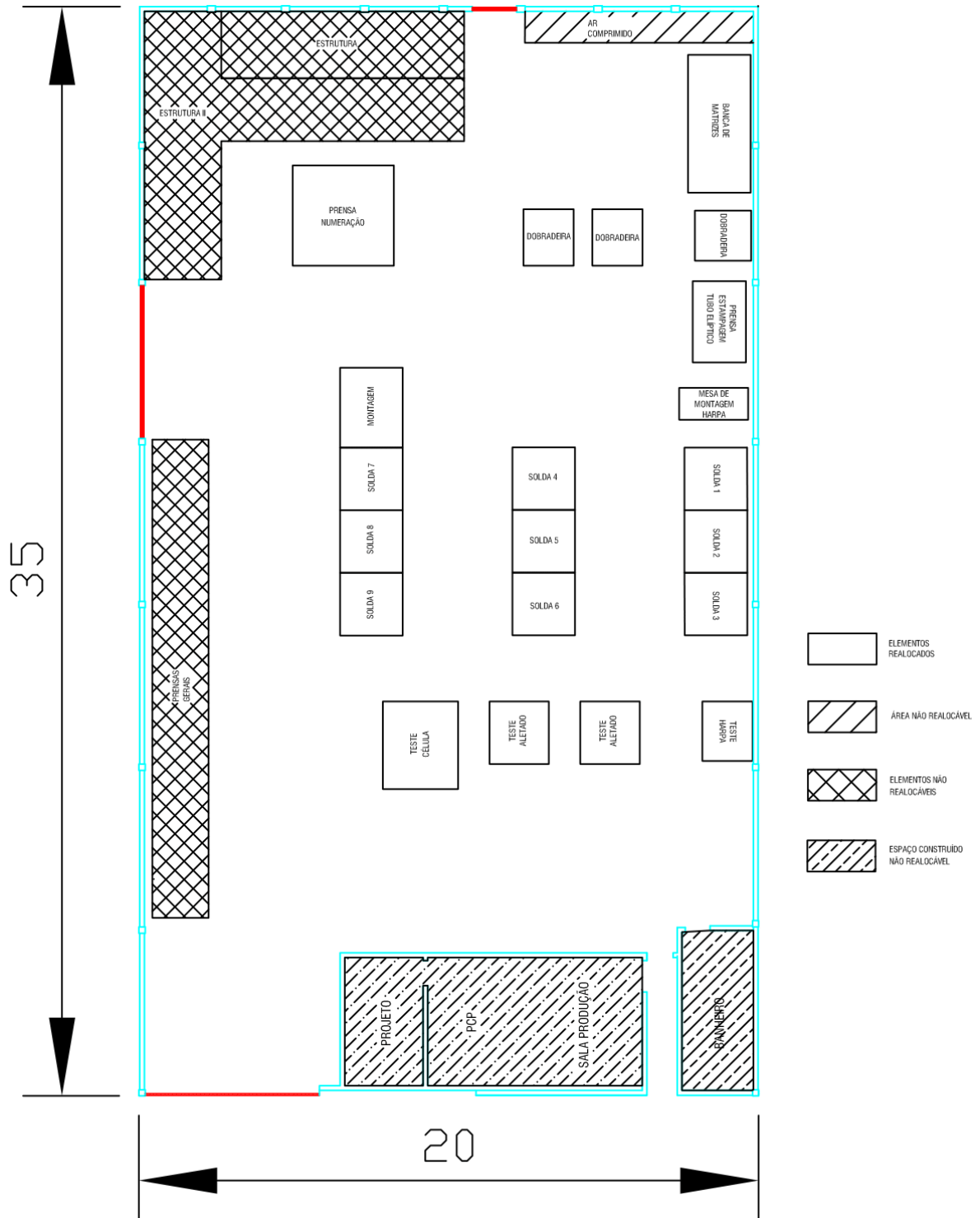
FONTE: O autor (2018)

Figura 11 - PROPOSTA 2



FONTE: O autor (2018)

Figura 12 - PROPOSTA 3



FONTE: O autor (2018)

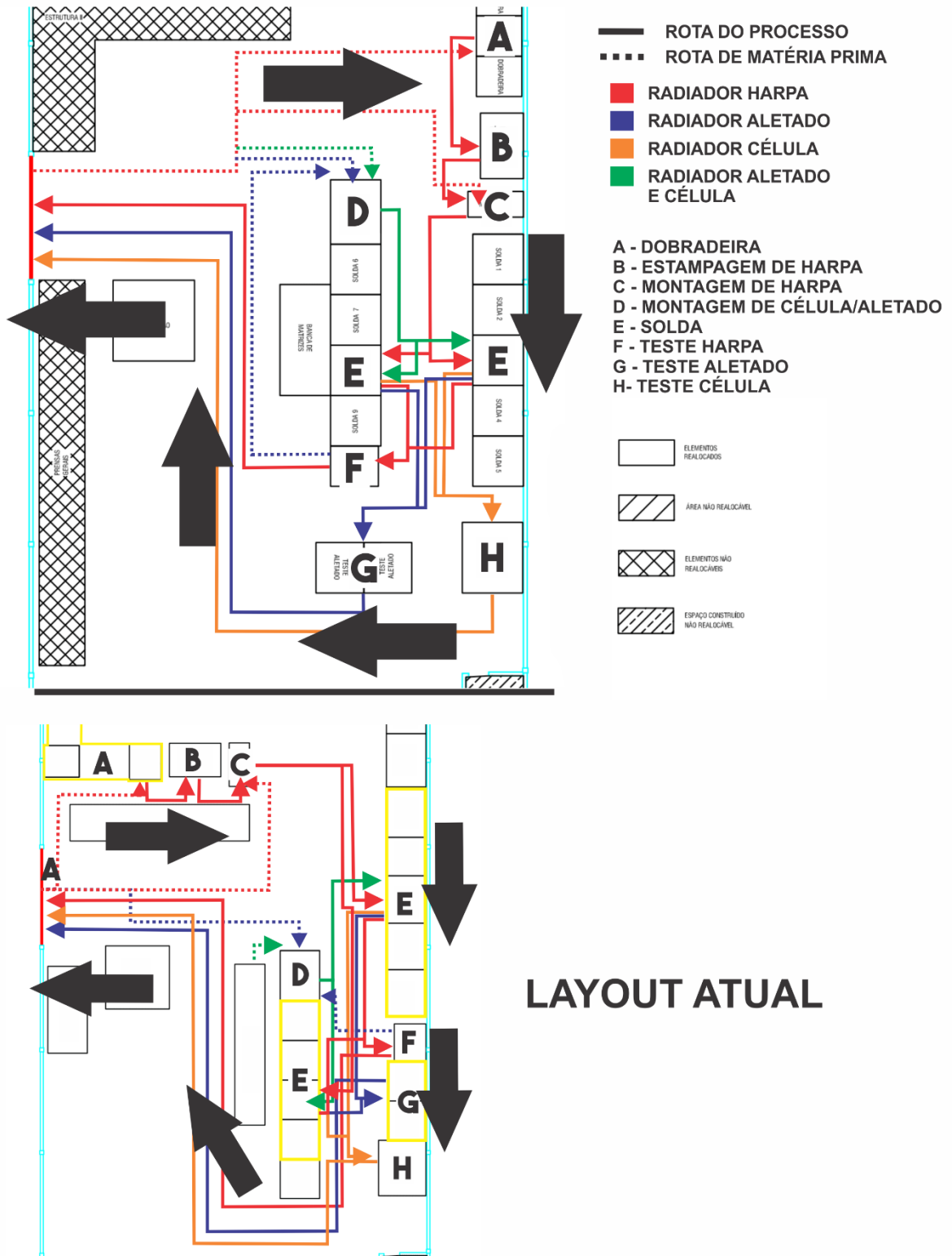
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após finalizar as etapas necessárias para a elaboração das propostas de layout, foi realizado um estudo nos resultados obtidos, no qual foi separado em dois critérios: fluxo de operações e distância percorrida. A separação dos dois critérios teve o objetivo de facilitar a tomada de decisão de escolha da melhor proposta a ser implementada pela empresa.

4.1 FLUXO DE OPERAÇÕES

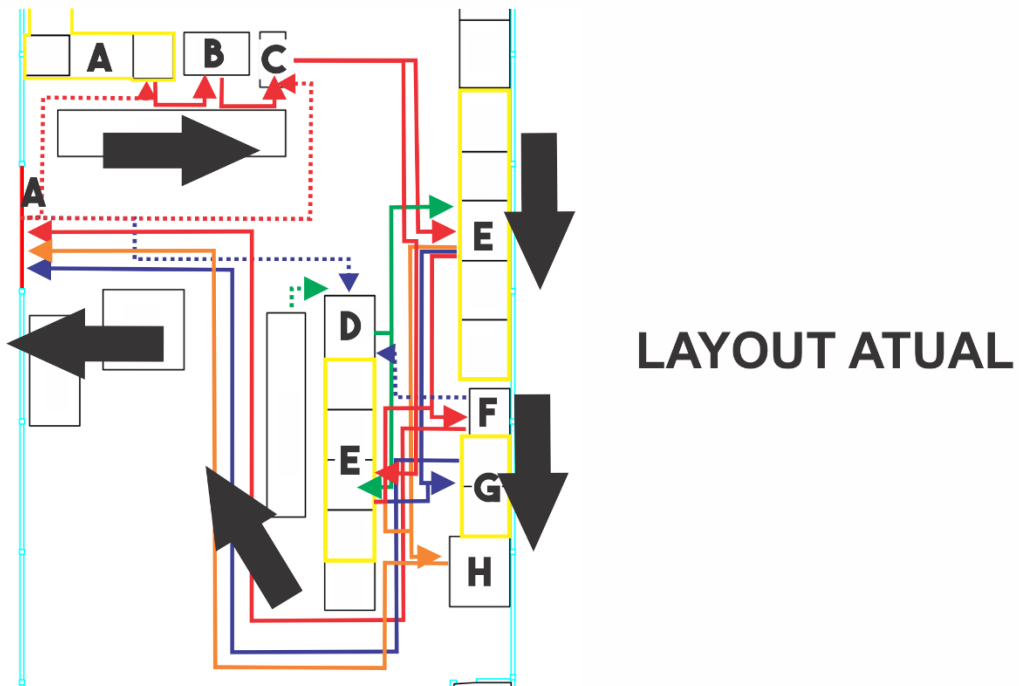
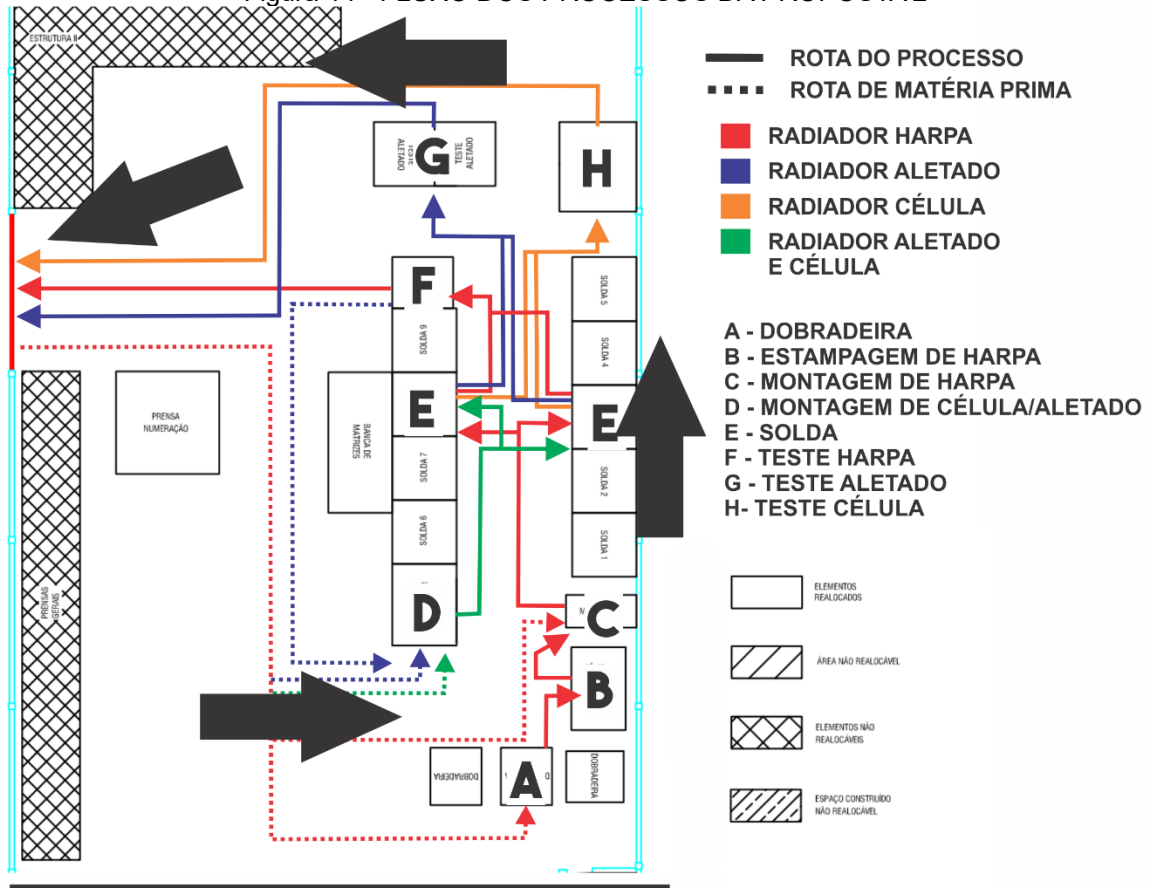
Para melhorar o fluxo dos processos, as propostas desenvolvidas fazem com que os processos percorram de uma maneira mais linear e com melhores condições de espaços para movimentação de pessoas e materiais através de modificações na localização e na forma com que os elementos se posicionam com os demais envolvidos. Em relação as propostas desenvolvidas, as propostas 1 e 2 foram semelhantes, porém o fluxo foi invertido conforme descrito nas Figuras 13 e 14. A inversão na proposta 2 foi feita para dar a opção do produto acabado sair mais próximo do portão em que é carregado, já que seguindo o fluxo atual, o mesmo é buscado no final do barracão.

Figura 13 - FLUXO DOS PROCESSOS DA PROPOSTA 1



FONTE: O autor (2018).

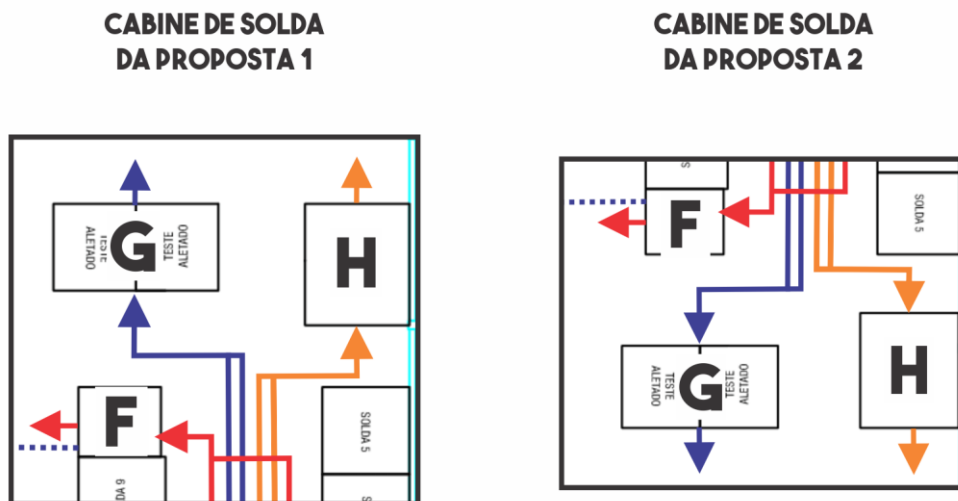
Figura 14 - FLUXO DOS PROCESSOS DA PROPOSTA 2



FONTE: O autor (2018)

Para obter um custo baixo de modificação, o fluxo das propostas 1 e 2 manteve a mesma característica do modelo atual, com duas fileiras de solda, porém ambas foram colocadas na mesma distância paralelamente eliminando as cabines que não eram utilizadas. Esta proposta também aproximou as etapas de dobra, estampagem de harpa e montagem de harpa, as quais são atividades que mais causam desequilíbrio no processo. A alteração no posicionamento das cabines de teste alterou o fluxo do produto acabado conforme foi dito no Capítulo 3.5.7.

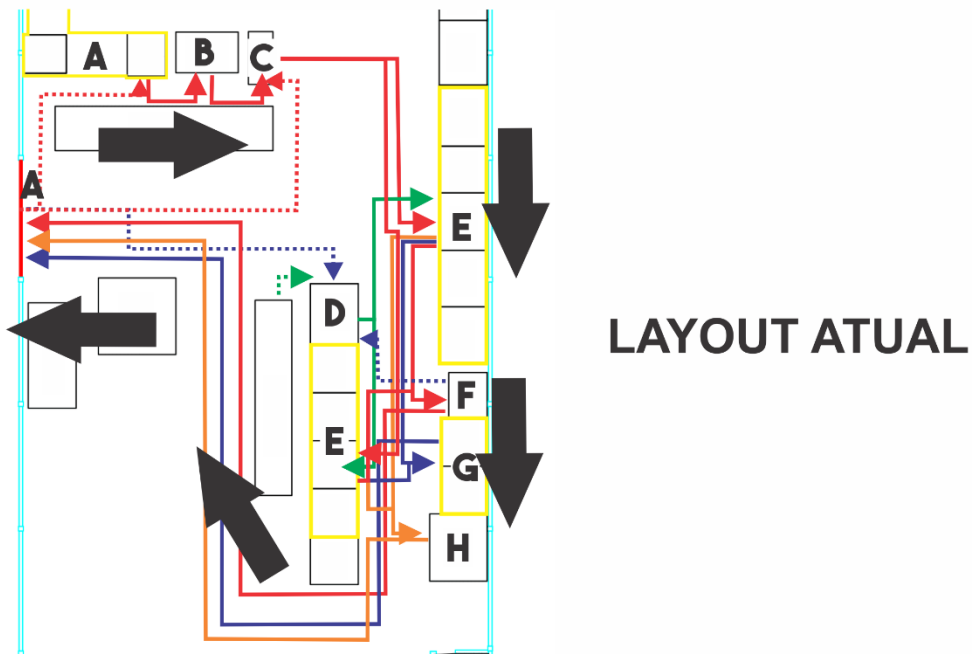
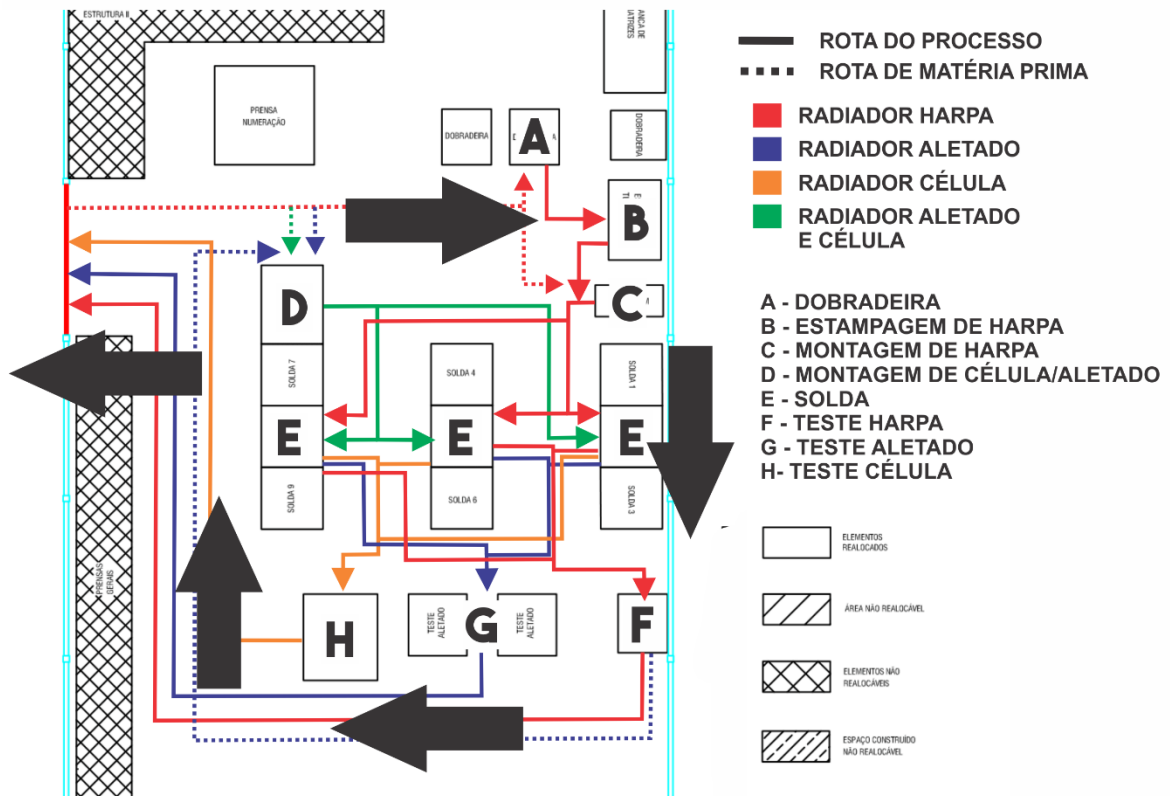
Figura 15 - FLUXO DE MATERIAIS DAS CABINES DE SOLDA DAS PROPOSTAS 1 E 2



FONTE: O autor (2018)

A proposta 3 obteve modificações mais radicais em relação as propostas 1 e 2 conforme a Figura 16, porém o objetivo desta proposta foi desenvolver um arranjo que diminuísse a distância dos processos caso não fossem utilizadas todas as cabines de solda. As montagens e os testes foram realocados seguindo a lógica da proposta 1 e 2, porém as cabines de solda foram separadas em 3 fileiras paralelas com 3 cabines cada, sendo que as cabines do meio passaram a possuir uma entrada de cada lado, possibilitando seu uso nos dois corredores caso for preciso.

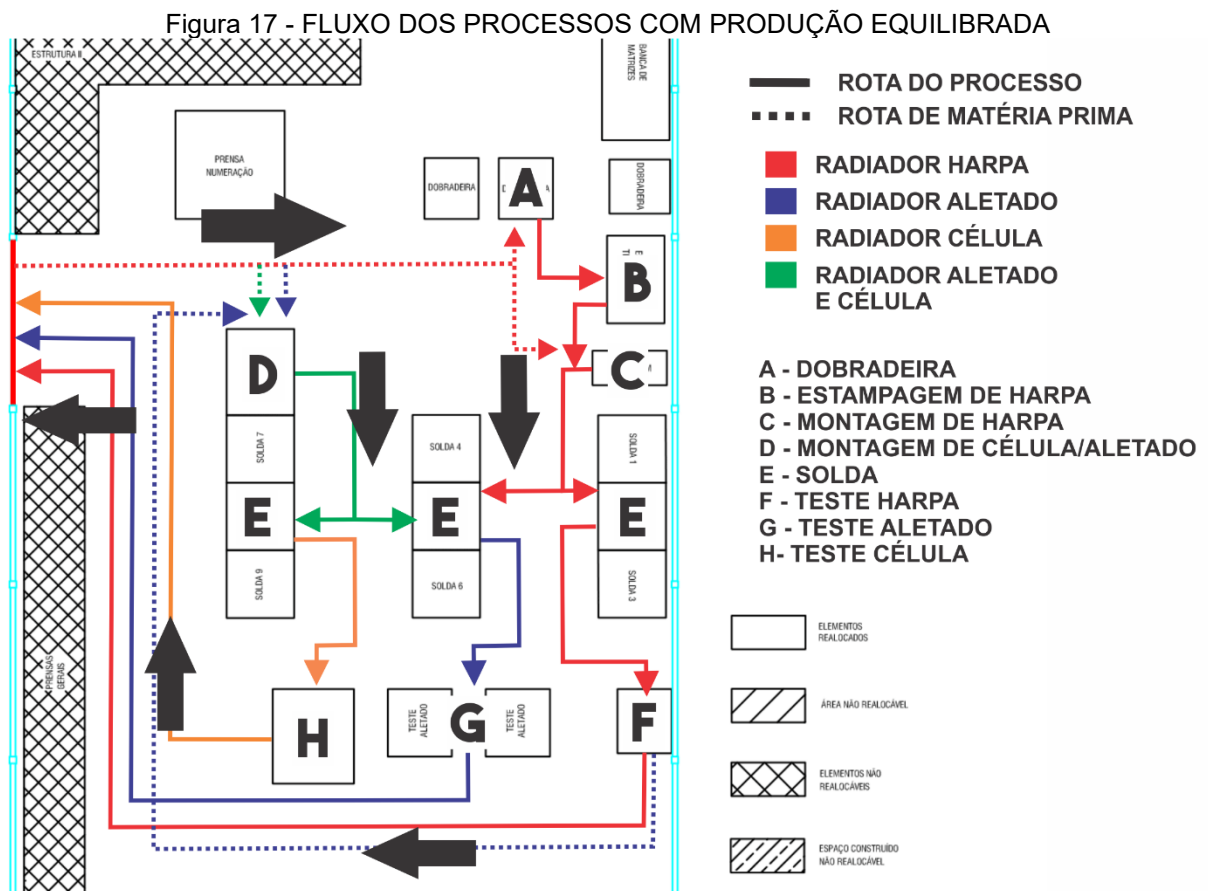
Figura 16 - FLUXO DOS PROCESSOS DA PROPOSTA 3



FONTE: O autor (2018)

Supondo que haja uma mesma quantidade de produção de radiadores, será possível dividir as fileiras para cada tipo de produto conforme a Figura 17, sendo que cada fileira de solda fabricará um tipo de radiador e a distância percorrida da

montagem até a solda e da solda até o teste ficará menor do que as outras propostas, como também não haverá a movimentação de todos os radiadores soldados em um único corredor, diminuindo o excesso de material em movimento. Além disso, o espaço central que fica entre as dobradeiras, estampadora de radiador Harpa, mesa de montagem de radiador Harpa e cabine de montagem de radiador Aletado/Célula, foi deixado propositalmente caso a empresa decida elaborar um projeto de estoque intermediário para o recebimento de matérias primas que atendam essas atividades.



FONTE: O autor (2018)

4.2 DISTÂNCIA PERCORRIDA

Para realizar o estudo da distância percorrida, foi desenvolvido um caminho padrão para todos os modelos de layouts, incluindo o modelo atual. As distâncias coletadas foram utilizadas para cálculo da distância média percorrida e do desvio padrão da distância percorrida, no qual englobaram apenas 5 etapas por serem

consideradas as mais complexas do processo de produção dos radiadores. As etapas são:

- Montagem de radiador Harpa para Solda;
- Montagem de radiador Aletado/Célula para Solda;
- Solda para Teste de radiador Harpa;
- Solda para Teste de radiador Aletado;
- Solda para Teste de radiador Célula.

As médias das distâncias percorridas foram calculadas para analisar se os tamanhos das rotas das propostas estão conseguindo ser menores do que os tamanhos das rotas atuais. Pelo fato da empresa adotar uma cultura de que cada operador tenha a sua própria cabine, o desvio padrão também foi levado como estudo para facilitar a análise de equilíbrio entre as distâncias das cabines.

4.2.1 Análise dos dados

Após medir as distâncias percorridas para cada tipo de layout incluindo o modelo atual, foram elaboradas cinco tabelas (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6) para fazer o cálculo da média e do desvio padrão das distâncias percorridas das cinco etapas.

Tabela 2 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE MONTAGEM DE RADIADOR HARPA PARA SOLDA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
MH0	0	0	7,7	9,9	12,1	14,5	16,8	18,2	20,2	22,2	24,2	0	16,2	5,63
MH1	5,8	7,8	9,8	11,8	13,8	6,2	8,2	10,2	12,2	0	0	0	9,5	2,76
MH2	5,8	7,8	9,8	11,8	13,8	6,2	8,2	10,2	12,2	0	0	0	9,5	2,76
MH3	5,7	7,7	9,7	5,7	7,7	9,7	11,2	13,2	15,2	0	0	0	9,6	3,25

FONTES: O autor (2018)

LEGENDA: MH_i = Montagem de radiador Harpa no layout *i* estudado, sendo que 0 = modelo atual; S_i=Cabine de solda.

Tabela 3 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE MONTAGEM DE RADIADOR ALETADO/CÉLULA PARA SOLDA

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
MCA0	0	0	11,7	9,4	7,3	4,9	4,3	5,7	7,7	9,7	11,7	0	8,0	2,78
MCA1	5,5	7,5	9,5	11,5	13,5	5,9	7,9	9,9	11,9	0	0	0	9,2	2,76
MCA2	5,5	7,5	9,5	11,5	13,5	5,9	7,9	9,9	11,9	0	0	0	9,2	2,76
MCA3	11,3	13,3	15,3	5,8	7,8	9,8	5,8	7,8	9,8	0	0	0	9,6	3,25

FONTES: O autor (2018)

LEGENDA: LEGENDA: MCA_i = Montagem de radiador Aletado/Célula no layout *i* estudado, sendo que 0 = modelo atual; S_i=Cabine de solda.

Tabela 4 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE SOLDA PARA TESTE DE RADIADOR HARPA

	TH0	TH1	TH2	TH3
S1	0	12,0	12,0	12,0
S2	0	10,0	10,0	10,0
S3	15,5	8,0	8,0	8,0
S4	13,2	6,0	6,0	12,0
S5	11,0	4,0	4,0	10,0
S6	8,7	11,6	11,6	8,0
S7	6,3	9,6	9,6	17,5
S8	4,9	7,6	7,6	15,5
S9	4,7	5,6	5,6	13,5
S10	6,7	0	0	0
S11	8,7	0	0	0
S12	0	0	0	0
MÉDIA	8,9	8,3	8,3	11,8
DESVIO PADRÃO	3,74	2,76	2,76	3,25

FONTE: O autor (2018)

LEGENDA: TH_i = Teste de radiador Aletado/Célula no layout i estudado, sendo que 0 = modelo atual; Si=Cabine de solda.

Tabela 5 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE SOLDA PARA TESTE DE RADIADOR ALETADO

	TA0	TA1	TA2	TA3
S1	0	14,5	14,5	10,9
S2	0	12,5	12,5	8,9
S3	18,1	10,5	10,5	6,9
S4	15,9	8,5	8,5	10,2
S5	13,7	6,5	6,5	8,1
S6	11,3	14,1	14,1	6,2
S7	9,0	12,1	12,1	12,2
S8	7,6	10,1	10,1	10,2
S9	5,6	8,1	8,1	8,3
S10	4,5	0	0	0
S11	5,6	0	0	0
S12	0	0	0	0
MÉDIA	10,1	10,8	10,8	9,1
DESVIO PADRÃO	4,91	2,76	2,76	1,94

FONTE: O autor (2018)

LEGENDA: TA_i = Teste de radiador Aletado no layout i estudado, sendo que 0 = modelo atual; Si=Cabine de solda.

Tabela 6 - DISTÂNCIA PERCORRIDA EM METROS DA ETAPA DE SOLDA PARA TESTE DE RADIADOR CÉLULA

	TC0	TC1	TC2	TC3
S1	0	13,0	13,0	15,5
S2	0	11,0	11,0	13,5
S3	21,0	9,0	9,0	11,5
S4	18,8	7,0	7,0	10,0
S5	16,6	5,0	5,0	8,0
S6	14,2	12,6	12,6	6,0
S7	11,9	10,6	10,6	10,0
S8	10,5	8,6	8,6	8,0
S9	8,5	6,6	6,6	6,0
S10	6,5	0	0	0
S11	4,5	0	0	0
S12	0	0	0	0
MÉDIA	12,5	9,3	9,3	9,9
DESVIO PADRÃO	5,64	2,76	2,76	3,25

FONTE: O autor (2018)

LEGENDA: TCi = Teste de radiador Célula no layout i estudado, sendo que 0 = modelo atual; Si=Cabine de solda.

A Tabela 7 resume os resultados das médias e dos desvios padrões encontrados.

Tabela 7 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS PROCESSOS

Tipo de layout	MH>S		MCA>S		S>TH		S>TA		S>TC	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
ATUAL	16,19	5,63	8,02	2,78	8,86	3,74	10,13	4,91	12,48	5,64
1	9,51	2,76	9,20	2,76	8,27	2,76	10,77	2,76	9,28	2,76
2	9,51	2,76	9,20	2,76	8,27	2,76	10,77	2,76	9,28	2,76
3	9,56	3,25	9,59	3,25	11,79	3,25	9,08	1,94	9,86	3,25

FONTE: O autor (2018)

As Tabelas 8 e 9 mostram as menores distâncias médias percorridas e os menores desvios padrões respectivamente de cada processo.

Tabela 8 - MENOR DISTÂNCIA MÉDIA

	MH > S	MCA > S	S > TH	S > TA	S > TC	GERAL
MENOR DISTÂNCIA MÉDIA (m)	9,5	8	8,3	9,1	9,3	9,4
LAYOUT	1 e 2	ATUAL	1 e 2	3	1 e 2	1 e 2

FONTE: O autor (2018)

Tabela 9 - MENOR DESVIO PADRÃO

	MH > S	MCA > S	S > TH	S > TA	S > TC
MENOR DESVIO PADRÃO (m)	2,76	2,76	2,8	1,9	2,8
LAYOUT	1 e 2	1 e 2	1 e 2	3	1 e 2

FONTE: O autor (2018)

Em relação a melhor distância média percorrida, as propostas 1 e 2 se destacam, porém, as 3 propostas elaboradas são aplicáveis, pois não houveram diferenças significativas nos resultados obtidos entre elas e todas conseguiram ter resultados melhores do que o layout atual em quase todas as etapas. As alocações dos elementos do espaço atual estudado possuem uma maior fragilidade na falta de equilíbrio de distância de alocação das cabines de solda, mostrando que é possível que alguns colaboradores estão sendo prejudicados ergonomicamente, ou seja, podem estar percorrendo distâncias maiores carregando materiais de pesos diversos repetitivamente durante o turno de trabalho.

4.2.2 Aspectos ergonômicos

De acordo com Weerdmeester (1995), a ergonomia tem o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho das máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, em que o ser humano sempre será o elemento essencial no estudo. Sendo assim, as propostas não foram realizadas somente para melhorar o fluxo de produção, mas também para garantir que os colaboradores se beneficiarão das possíveis modificações. Para realizar um breve estudo ergonômico, o desvio padrão foi adicionado nas planilhas de cálculos para identificar se as distâncias percorridas por todas as cabines de solda estavam sendo semelhantes, mostrando que atualmente as distâncias são bastante variadas e com diferenças significantes entre elas, deixando claro que alguns operadores estão percorrendo distâncias maiores do que os demais. Outra consideração a ser feita é que diminuindo a distância das operações, equilibrando-as entre si e facilitando a movimentação dos materiais conforme as propostas conseguiram realizar, o colaborador será beneficiado, já que movimentações excessivas e posicionamento inadequado nas operações, pode influenciar na falta de motivação e deixá-los mais vulneráveis a problemas físicos.

4.3 AVALIAÇÃO FINAL DAS PROPOSTAS

De acordo com a realidade da empresa e com as propostas apresentadas, a proposta 1 se torna a mais viável de ser implementada, visto que não será complexo e terá baixo custo em realizar as mudanças, pois o modelo elaborado realiza em maior parte a aproximação de etapas distantes e equilíbrio das cabines de solda.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram desenvolvidas três propostas de layout para o setor de produção de radiadores de uma empresa metalúrgica. De acordo com as propostas elaboradas, as análises das mesmas foram baseadas no fluxo de operações e distância percorrida entre as etapas de Montagem para Solda e Solda para Teste de cada tipo de produto. Analisando os cálculos realizados das distâncias médias percorridas e dos desvios padrões das distâncias percorridas, as propostas 1 e 2 tiveram melhores resultados, já que a diminuição no caminho percorrido e o equilíbrio das distâncias das cabines de solda são cruciais para agilizar o processo de movimentação dos produtos e melhorar a integridade física de todos os colaboradores, motivando-os em realizar as suas atividades. Já em relação ao fluxo produtivo, a proposta 3 traz resultados superiores, no qual o modelo de alocação proposto das cabines de solda consegue diminuir a distância percorrida e facilitar a movimentação dos materiais até a etapa de teste caso a empresa possuir um equilíbrio na quantidade de produção dos três tipos de radiadores. Considerando as limitações impostas pela empresa, a proposta 1 é a mais viável em ser implementada pelo baixo custo e baixa complexidade de modificação do arranjo físico atual.

Analisando os objetivos estabelecidos nesta pesquisa, as propostas foram desenvolvidas com êxito, seguindo criteriosamente os procedimentos escolhidos para obter um resultado coerente com o que foi proposto. Seguindo as etapas do objetivo, foi possível coletar dados importantes dos processos para o elaborar o estudo, sendo que alguns deles também poderão ser utilizados para outras decisões estratégicas da empresa.

Durante o desenvolvimento do estudo de caso, houveram limitações na escolha do produto, no qual foi escolhido apenas os radiadores, em que o nível de complexidade de produção é maior do que os outros produtos que são produzidos no mesmo espaço físico. Com isso, caso fosse considerado o estudo de todos os elementos presentes no layout, as propostas poderiam ser diferentes das que foram elaboradas. Outras ferramentas também poderiam ser levadas em consideração durante o estudo, principalmente softwares específicos, como por exemplo o *Flowplanner* que trabalha como uma extensão do *software* AutoCAD, realizando análises estratégicas de acordo com os dados que são inseridos nele. A pesquisa

também se limitou ao tipo de método escolhido para desenvolver as propostas, isso se deu pelo fato da metodologia *SLP* ser de fácil compreensão e utilizar ferramentas simples que não exigem *softwares* para o desenvolvimento. Sendo assim a pesquisa poderá ser utilizada pelos responsáveis do chão de fábrica com conhecimentos na área de melhoria de processos, motivando a gerência da empresa estudada a realizar estudos de outros espaços físicos que necessitem de modificação.

Levando em consideração as limitações da pesquisa, é interessante que futuramente haja um estudo do espaço físico levando em consideração todos os produtos que são produzidos para garantir que nenhum processo seja prejudicado e que traga melhores resultados para a empresa. Também aproveitando o fato da empresa estar aberta a modificações que melhorem o processo sem um alto investimento, sugere-se que seja feito estudos de layout dos outros barracões aplicando a metodologia *SLP*, para que seja possível obter mais credibilidade na qualidade de seus processos e produtos.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, M.; GOMES, L.; ROMEU, N. S.; Aplicação de uma metodologia de otimização de *layout* para organização industrial de uma empresa metalúrgica em expansão. **XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção** – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov de 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2005_Enegep0105_1381.pdf>.

ANDRES, G. **Planejamento do arranjo físico de uma indústria química**. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia de produção), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2012/pubs/planejamento-do-arranjo-fisico-de-uma-industria-quimica.pdf>>.

BRITO, G. L.; *et al.* Aplicação da metodologia *SLP* na melhoria de *layout* de uma linha de produção de chuveiros. **XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_223_26715.pdf>.

COSTA, M.A.B.; MENEGON, N.L.; CAMAROTTO, J.A. A abordagem utilizada pelo grupo SimuCAD: simulação & CAD, no desenvolvimento de instalações industriais de In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, ABEPRO, Gramado, 199. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T5413.PDF>.

ELIAS, S. J. B.; LEITE, M. O.; SILVA, R. R. T. & LOPES, L. C. A. Planejamento do Layout do canteiro de obras: aplicação do *SLP* (*Systematic Layout Planning*). In: **Encontro Nacional de engenharia de Produção**, XVIII, 1998, Niterói-RJ. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art298.pdf>.

FERREIRA, L. F. F. Análise quantitativa sobre a mortalidade precoce de micro e pequenas empresas da cidade de São Paulo. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 811-823, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v19n4/a11v19n4>>.

FERREIRA, L.; GURGUEIRA, G. P. Ergonomia como fator econômico no pensamento Enxuto: uma análise crítica bibliográfica. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 8, nº 3, jul-set/2013, p. 39-51. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/560>>.

FLOWPLANNER. Disponível em: <<https://www.proplanner.com/solutions/material-logistics-planning/flow-planner>>. Acesso em: 20 nov, 2018.

FREIRE, A.; MARINHO, E. S. Proposta de arranjo físico celular: estudo de caso em uma indústria têxtil. **XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_223_27658.pdf>.

GERLACH, G. Proposta de melhoria de *layout* visando a otimização do processo produtivo em uma empresa de pequeno porte. Dissertação (TCC), 2013. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2013/Pro_Gustavo.pdf>.

GERLACH, G.; et al. **Rev. Adm. UFSM, Santa Maria**, v. 10, Edição Especial, p. 41-55, AGO. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reaufsm/article/viewFile/25157/pdf>>.

KIRCH G. Restrições financeiras e a decisão de investimento das firmas brasileiras. **Rev. Bras. Econ.** vol.68 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71402014000100006>>.

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

MIGUEL, P. A.C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOURA, R. A. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. 5 ed. rev. São Paulo: IMAM, 2005.

MUTHER, R. **Planejamento do Layout: Sistema SLP**. São Paulo: Edigard Blucher, 1978.

MUTHER, R.; WHEELER, J. D. **Planejamento simplificado de layout: sistema SLP**. IMAM, 2012.

NEUMANN, C. & SCALICE, R. K. **Projeto de Fábrica e Layout**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

OLIVEIRA, D. P. **Sistemas, organização e métodos: Uma abordagem gerencial**. 20. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

OLIVEIRA, D. P. **Sistemas, organização e métodos: Uma abordagem gerencial** 21. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

ORITOTE, M. E.; et al. Análise de Layout em uma Cervejaria Artesanal com base no modelo *Systematic Layout Planning*. *Gestión Joven, Revista de la Agrupación Joven Iberoamericana de Contabilidad y Administración de Empresas* (AJOICA), 2017. Disponível em: <http://elcriterio.com/revista/contenidos_16/1.pdf>.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PELLISSARI, A. S. Empreendedorismo: Fatores de Sucesso e Insucesso de Micro e Pequenas Empresas. SEGeT – **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/1143.pdf>>.

PEREIRA, C. R.; DA COSTA, M. A. B. Um modelo de simulação de sistema aplicado à programação da produção de um frigorífico de peixe. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.12, n. 4, p. 972-1001, out./dez. 2012. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/994/962>>.

RAMOS, F. **A grande dimensão da pequena empresa**: perspectivas de ação, Brasília, SEBRAE, 1995.

RATTNER, Henrique. Inovação tecnológica e pequenas empresas: uma questão de sobrevivência. **Rev. adm. empres.** São Paulo , v. 24, n. 3, p. 70-73, setembro. 1984.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901984000300010&lng=en&nrm=iso>.

ROSA, G. P.; CRACO, T.; REIS, Z. C.; NODARI, C. H. A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 9, nº 2, abr-jun/2014, p. 139-154. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/1126/583>>.

SCHENK, M.; WIRTH, S.; MULLER, E. **Factory Planning Manual** – Situation-driven Production Facility Planning. Alemanha: Springer, 2010.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

TOMELIN, M.; *et al.* Método para definição de layout em sistemas *job-shop* baseado em dados históricos. **Prod.** v. 20, n. 2, p. 274-289, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/prod/v20n2/aop_200810102.pdf>.

TOMPKINS, J. A.; *et al.* **Facilities Planning**. 3 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

TORTORELLA, G. L.; FLOGIATTO, F. S; Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. **Prod.** vol.18 no.3, São Paulo Sept./Dec. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132008000300015>>.

TRIFILIO, F. V. **O sistema SLP: Diferenças e semelhanças na aplicação em diferentes setores**. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia civil) - Departamento de Geotecnia e Transportes, Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Campinas, 2011. Disponível em: <http://alt.fec.unicamp.br/tfc-rad/2011_Fernanda%20Vilela%20Trifilio_TFC_Final.pdf>.

VIEIRA, N. P. F et al. Aplicação do método *SLP* para melhoria do arranjo físico: estudo de caso em uma empresa do ramo alimentício. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção** Vol. 2, n. 3. jul./dez. 2014, Curitiba, 2014. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/38415>>.