



Optimização de layout e aplicação de metodologia 5S em empresa metalomecânica

GIULIANA KAROLINE BRAGANÇA PAVÃO

novembro de 2018

ORGANIZAÇÃO DE *LAYOUT* APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 5S EM EMPRESA METALOMECÂNICA

Giuliana Karoline Bragança Pavão
1170153

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



ORGANIZAÇÃO DE *LAYOUT* APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 5S EM EMPRESA METALOMECÂNICA

Giuliana Karoline Bragança Pavão
1170153

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Francisco José Gomes da Silva, PhD

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, PhD

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Ana Maria Azevedo Neves

Professora Auxiliar Convidada, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem Ele nada sou. E que, por sua infinita bondade, me ajudou a concluir mais esta etapa em minha vida acadêmica.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que me deu a oportunidade de aprofundar meus estudos e de ter grandes experiências.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, por me receber de modo tão profissional e por possibilitar a finalização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Dr. Francisco José Gomes da Silva pela paciência, compreensão e amabilidade em todos os momentos de ansiedade e desânimo que tive no decorrer deste projeto.

Ao Professor Me. Neron Alípio Cortes Berghauser, pela ajuda prestada e as palavras de incentivo.

À minha amada família, mesmo de tão longe sempre estive tão presente, nas palavras de carinho e motivação. Principalmente aos meus pais, que me apoiaram e possibilitaram este momento.

Aos meus amigos, que nunca me deixaram sozinha, neste momento de grande importância na minha vida, e em todo tempo de alguma forma me ajudaram neste processo. Em especial, Danilo Silva, Thaís Sobjak e Grabiela Brixius.

À empresa Serventar, que aceitou viabilizar o local do estágio para pesquisa desta tese.

PALAVRAS CHAVE

Ferramentas da qualidade; Planta industrial; Otimização; Organização.

RESUMO

Para que uma empresa continue competitiva no seu mercado, é necessário que ela produza itens de qualidade e com o menor custo. Buscando atender a esses requisitos, a melhoria de um *layout* ou a aplicação de ferramentas *lean*, podem ter grande impacto no resultado final e contribuir para a diminuição de desperdícios existentes. Este estudo apresenta algumas soluções para melhorar o *layout* atual de uma empresa de pequeno porte, no ramo da metalomecânica, que fabrica peças para ventilação e ar condicionado industriais, assim como a aplicação do sistema 5S na mesma. A partir das medidas retiradas das máquinas e entre elas, foi possível a representação da realidade do *layout* da fábrica em escala 1:100 no *software* AutoCAD, viabilizando a elaboração do Diagrama de *Spaghetti* no *software* Visio, para determinar a distância que os trabalhadores percorrem para produzir os itens e, conseqüentemente, comparar qual o *layout* que seria mais adequado. A aplicação do *layout* pode ser realizada após a primeira etapa do 5S (separar), onde foi desenvolvida uma etiqueta vermelha com a intenção de separar os itens necessários, e eliminando aqueles que não sejam precisos, disponibilizando assim mais espaço para o novo arranjo físico. No Segundo S (classificar) foram sugeridas maneiras de organizar a área operacional, para facilitar a produção e diminuir o tempo gasto pelos trabalhadores à procura de ferramentas. No S3 (limpar), destaca-se a importância da limpeza da fábrica e os colaboradores devem se tornar responsáveis pela limpeza e manutenção do seu posto de trabalho. No S4 (padronizar) e S5 (manter), a empresa deverá estar limpa e organizada. Uma equipa do 5S deve ser criada, de modo a estabelecer padrões para a execução das regras e manter o 5S em funcionamento, através de treinamentos e supervisão. Apesar de não haver a aplicação real, o estudo apresenta formas de melhoria contínua para todas as fases do sistema 5S, assim como a sugestão de três tipos de *layout*, permitindo que este seja executado futuramente, de forma concreta na empresa.

KEYWORDS

Quality tools; Industrial plant; Optimization; Organization.

ABSTRACT

For a company to remain competitive in its market, it is necessary for it to produce quality items at the lowest cost. In order to meet those requirements, the improvement of a layout or the application of lean tools can have a great impact on the final results and contribute to decrease the existing waste. This study presents some solutions to improve the current layout of a small company in the metalworking business that manufactures parts for industrial ventilation and air conditioning, as well as the application of the 5S methodology. It was possible to represent the current layout of the factory in a 1:100 scale on the AutoCad software from the dimensions of the machines and between them, enabling the elaboration of the spaghetti diagram on Visio software to determine the distance that the workers travel to produce the items and, consequently, to compare which layout would be most appropriate. The layout can be applied after the first step of the 5S (organization), in which a red label was developed with the intention of separating the necessary items and eliminating those that are not needed, thus making more space available for the new physical arrangement. In the second S (orderliness), it was suggested ways to organize the operation area to facilitate production and decrease the time spent by workers looking for tools. In S3 (cleanliness), the importance of cleaning the factory is highlighted, and employees must be responsible for cleaning and upkeep their workstation. In S4 (standardised cleanup) and S5 (discipline) the company ought to be clean and organized, a 5S team must be established to set standards to enforce rules and keep the 5S operating through training and supervision. Although there is no real application, the study presents ways of continuous improvement for all phases of the 5S methodology, as well as the suggestion of three types of layout, allowing it to be executed accurately in the future.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE PROCESSO E TIPOS BÁSICOS DE <i>LAYOUT</i>	12
FIGURA 2 - EXEMPLO DE UM <i>LAYOUT</i> CELULAR	13
FIGURA 3 - LINHA DE <i>LAYOUT</i> FLEXÍVEL	14
FIGURA 4 - CORTE A PLASMA	16
FIGURA 5 - CORTE A GUILHOTINA	16
FIGURA 6 - BROCA HELICOIDAL	17
FIGURA 7 - FLEXÃO DA CHAPA EM UMA CALANDRA	18
FIGURA 8 - TIPOS DE DOBRAGEM: (A) MOLDE EM V; (B) MOLDE SIMPLES; E (C) MOLDE EM U	18
FIGURA 9 - PROCESSO HEMMING	19
FIGURA 10 - COSTURA EM UMA CHAPA DE METAL	19
FIGURA 11 - EXEMPLOS DE REBORDO	19
FIGURA 12 - UNIÃO DE CHAPAS ATRAVÉS DE REBORDAGEM FONTE: FONTE: [33]	19
FIGURA 13 - EXEMPLO DE LAMINAGEM	20
FIGURA 14 - SÍMBOLOS BÁSICOS DE UM FLUXOGRAMA	21
FIGURA 15 - EXEMPLO DO DIAGRAMA DE <i>SPAGHETTI</i>	22
FIGURA 16 - 5S SOB A ÓTICA DE HIRANO	23
FIGURA 17 - DIAGRAMA DE RELAÇÃO	30
FIGURA 18 - DIAGRAMA DE RELACIONAMENTO	30
FIGURA 19 - DIAGRAMA DE RELAÇÃO TRADUZIDOS PARA NÚMEROS	31
FIGURA 20 - GRÁFICO FINAL OBTIDO PELO GBT	31
FIGURA 21 - GRÁFICO FINAL INCLUINDO ARCOS CRUZADOS	32
FIGURA 22 - <i>LAYOUT</i> EXISTENTE E DIAGRAMA DE FLUXO DE MATERIAL	33
FIGURA 23 - <i>LAYOUT</i> MELHORADO SEM AJUSTE DE FLUXO	34
FIGURA 24 - <i>LAYOUT</i> MELHORADO UTILIZANDO AJUSTE DE FLUXO DE MATERIAL	35
FIGURA 25 - CUSTO DO TERRENO	36
FIGURA 26 - ESTRUTURA DO SLP	37
FIGURA 27 - CHÃO DE FÁBRICA (PARTE 1)	43
FIGURA 28 - CHÃO DE FÁBRICA (PARTE 2)	44
FIGURA 29 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DA SUBFAMÍLIA A1	45
FIGURA 30 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DA SUBFAMÍLIA A2	46
FIGURA 31 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO FAMÍLIA B	47
FIGURA 32 – PRODUTOS EM CURSO DE FABRICO	48
FIGURA 33 - RESTOS DA PRODUÇÃO	48
FIGURA 34 - PARTE DA FÁBRICA ESCOLHIDA PARA ANÁLISE (1:100)	51
FIGURA 35 - DIAGRAMA DE <i>SPAGHETTI</i> NO <i>LAYOUT</i> ATUAL (1:100)	51
FIGURA 36 - <i>LAYOUT</i> IDEAL (1:100)	53
FIGURA 37 - PARTE DO <i>LAYOUT</i> IDEAL PARA ANÁLISE (1:100)	54
FIGURA 38 - DIAGRAMA DE <i>SPAGHETTI</i> DO <i>LAYOUT</i> IDEAL (1:100)	54
FIGURA 39 - <i>LAYOUT</i> SUGERIDO (1:100)	56

FIGURA 40 - DIAGRAMA DE <i>SPAGHETTI</i> DO <i>LAYOUT</i> SUGERIDO	56
FIGURA 41 - DIAGRAMA DE <i>SPAGHETTI</i> DO <i>LAYOUT</i> SUGERIDO 1	58
FIGURA 42 - ETIQUETA VERMELHA	60
FIGURA 43 - ETIQUETAGEM VERMELHA NA ENTRADA DA FÁBRICA	61
FIGURA 44 - ETIQUETAGEM VERMELHA NO CHÃO DE FÁBRICA	62
FIGURA 45 - ETIQUETAGEM VERMELHA NA ESTANTE	62
FIGURA 46 - ETIQUETAGEM VERMELHA NO TORNO	63
FIGURA 47 - ETIQUETAGEM VERMELHA NAS BANCADAS DE APOIO	63
FIGURA 48 - ETIQUETAGEM VERMELHA ENTRE MÁQUINAS	64
FIGURA 49 - ETIQUETAGEM VERMELHA ENTRE MÁQUINAS 1	64
FIGURA 50 - ORGANIZAÇÃO DA MATERIAIS PEQUENOS	65
FIGURA 51 - APROVEITAMENTO DE ESPAÇO EM BANCADAS DE APOIO	65
FIGURA 52 - GAVETAS NAS BANCADAS DE APOIO	66
FIGURA 53 - GAVETA ETIQUETADA	66
FIGURA 54 - GAVETA ORGANIZADA	67
FIGURA 55 - EXEMPLO DE QUADRO DE EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	67
FIGURA 56 - QUADRO DE AVISO	68
FIGURA 57 - REGISTRO DE LIMPEZA E MANUTENÇÃO	68
FIGURA 58 - QUADRO DE INCENTIVO	70
GRÁFICO 1 - DISTÂNCIAS PERCORRIDAS POR CADA FAMÍLIA NO <i>LAYOUT</i> ATUAL.....	52
GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE OS <i>LAYOUTS</i> ATUAL E O IDEAL.....	55
GRÁFICO 3 - COMPARAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE OS <i>LAYOUTS</i> ATUAL E O SUGERIDO	57
GRÁFICO 4 - COMPARAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE OS <i>LAYOUTS</i> ATUAL E O SUGERIDO 1	59
GRÁFICO 5 - COMPARAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE OS <i>LAYOUTS</i> SUGERIDO E O SUGERIDO 1.....	60
GRÁFICO 6 - COMPARAÇÃO DE DISTÂNCIA ENTRE OS <i>LAYOUTS</i>	74

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CADA <i>LAYOUT</i> BÁSICO	15
TABELA 2 - MÁQUINAS DE CORTE	16
TABELA 3 - PROCESSOS DE MAQUINAGEM	17
TABELA 4 - PROCESSOS DE DOBRAGEM	18
TABELA 5 - SOLDADURA MIG	20
TABELA 6 - TIPOS DE SISTEMAS VISUAIS	24
TABELA 7 - VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO 5S	25
TABELA 8 - ARTIGOS DAS NORMAS DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO	27
TABELA 9 - SINAIS TRADUZIDOS PARA NÚMEROS PELO TCR	30
TABELA 10 - CÁLCULO DO ER PARA CADA ALTERNATIVA	32
TABELA 11 - DADOS DO FLUXO DE MATERIAL AÉREO	34
TABELA 12 - TIPO DE MÁQUINAS E SUAS FUNÇÕES	41
TABELA 13 - NORMAS DE SEGURANÇA E HIGIENE DO TRABALHO APLICADAS À EMPRESA	49
TABELA 14 - DISTÂNCIA PERCORRIDA PARA A FABRICAÇÃO DOS PRODUTOS NO <i>LAYOUT</i> ATUAL	52
TABELA 15 - DISTÂNCIA PERCORRIDA PARA A FABRICAÇÃO DOS PRODUTOS NO <i>LAYOUT</i> IDEAL	55
TABELA 16 - DISTÂNCIA PERCORRIDA PARA A FABRICAÇÃO DOS PRODUTOS NO <i>LAYOUT</i> SUGERIDO	57
TABELA 17 - DISTÂNCIA PERCORRIDA PARA A FABRICAÇÃO DOS PRODUTOS NO <i>LAYOUT</i> SUGERIDO 1	58
TABELA 18 - COMPARAÇÃO ENTRE OS <i>LAYOUTS</i> SUGERIDOS	59
TABELA 19 - RESULTADOS FINAIS ATINGIDOS	75

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	3
1.2	OBJETIVOS.....	4
1.3	METODOLOGIA	4
1.4	ESTRUTURA DO TEXTO.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	INDÚSTRIA METALOMECÂNICA	9
2.1.1	Importância da Ventilação e Extração de Ar	10
2.2	LAYOUT INDUSTRIAL	10
2.2.1	Tipos de <i>Layout</i>	11
2.2.1.1	<i>Layout</i> Posicional	12
2.2.1.2	<i>Layout</i> por Processo.....	12
2.2.1.3	<i>Layout</i> Celular	12
2.2.1.4	<i>Layout</i> por Produto.....	13
2.2.1.5	<i>Layouts</i> Mistos	14
2.2.1.6	Fatores relevantes na elaboração do <i>layout</i>	14
2.3	PROCESSOS DE FABRICO	16
2.3.1	Corte.....	16
2.3.2	Maquinagem	16
2.3.3	Calandrar	18
2.3.4	Dobrar	18
2.3.5	Soldar.....	20
2.3.6	Laminar.....	20
2.3.7	Pintar	21
2.4	FERRAMENTAS E MÉTODOS DE MELHORIA CONTÍNUA	21
2.4.1	Fluxograma	21
2.4.2	Diagrama de <i>Spaghetti</i>	22
2.4.3	O Sistema 5S.....	23
2.4.3.1	Separar (Seiri) – S1.....	24
2.4.3.2	Classificar (Seiton) – S2	24
2.4.3.3	Limpar (Seiso) – S3.....	24

2.4.3.4	Padronizar (Seiketsu) – S4	25
2.4.3.5	Manter (Shitsuke) – S5	25
2.4.4	Vantagens e Limitações do 5S	25
2.5	SEGURANÇA DO TRABALHO	26
2.5.1	Leis para Saúde e Segurança do Trabalho	26
2.6	TRABALHOS SIMILARES	29
2.6.1	Primeiro Exemplo	29
2.6.2	Segundo Exemplo	33
2.6.3	Terceiro Exemplo	35
2.6.4	Quarto Exemplo	37
3	DESENVOLVIMENTO	41
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	41
3.1.1	<i>Layout</i>	43
3.1.2	Fluxograma de fabricação	44
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	47
3.3	RESULTADOS OBTIDOS	50
3.3.1	Propostas de <i>Layout</i>	50
3.3.1.1	Primeiro <i>Layout</i> : <i>Layout</i> Ideal	53
3.3.1.2	Segundo <i>Layout</i> : <i>Layout</i> Sugerido	55
3.3.2	5S	60
3.3.2.1	Separar	60
3.3.2.2	Classificar	64
3.3.2.3	Limpar	68
3.3.2.4	Padronizar	69
3.3.2.5	Manter	69
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	73
4.1	CONCLUSÕES	73
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	75
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	79
6	ANEXOS	85
6.1	ANEXO 1 – <i>Layout</i> Atual	85
6.1.1	Posicionamento das máquinas no <i>layout</i>	85
6.1.2	Lista de máquinas existentes	85

6.2	ANEXO 2 – Fluxogramas Individuais dos Principais Produtos	100
6.2.1	Subfamília A1.....	100
6.2.2	Subfamília A2.....	103
6.2.3	Família B	109
6.3	ANEXO 3 – Diagramas de <i>Spaghetto Layout</i> Atual	111
6.3.1	Subfamília A1.....	111
6.3.2	Subfamília A2.....	114
6.3.3	Família B	117
6.4	ANEXO 4 – Distância Percorrida por cada Produto no <i>Layout</i> Atual	120
6.4.1	Distâncias da Subfamília A1.....	120
6.4.2	Distâncias da Subfamília A2.....	121
6.4.3	Distâncias da Família B	124
6.5	ANEXO 5 - Diagramas de <i>Spaghetti</i> do <i>Layout</i> Ideal	125
6.5.1	Subfamília A1.....	125
6.5.2	Subfamília A2.....	128
6.5.3	Família B	131
6.6	ANEXO 6 – Distância Percorrida por cada Produto no <i>Layout</i> Ideal	134
6.6.1	Distâncias da Subfamília A1.....	134
6.6.2	Distâncias da Subfamília A2.....	135
6.6.3	Distâncias da Família B	138
6.7	ANEXO 7 – Diagramas de <i>Spaghetti</i> do <i>Layout</i> Sugerido	139
6.7.1	Subfamília A1.....	139
6.7.2	Subfamília A2.....	142
6.7.3	Família B	145
6.8	ANEXO 8 – Distância Percorrida por cada Produto no <i>Layout</i> Sugerido.....	148
6.8.1	Distâncias da Subfamília A1.....	148
6.8.2	Distâncias da Subfamília A2.....	149
6.8.3	Distâncias da Família B	152
6.9	ANEXO 9 –Diagramas de <i>Spaghetti</i> do <i>Layout</i> Sugerido 1.....	153
6.9.1	Subfamília A1.....	153
6.9.2	Subfamília A2.....	156
6.9.3	Família B	159
6.10	ANEXO 10 – Distância Percorrida por cada Produto no <i>Layout</i> Sugerido 1.....	162
6.10.1	Distâncias da Subfamília A1.....	162
6.10.2	Distâncias da Subfamília A2.....	163
6.10.3	Distâncias da Família B	166

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DO TEXTO

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Atualmente, as empresas devem ter o máximo de organização possível, tanto sob o aspecto gerencial (logística interna e externa, gestão da cadeia de abastecimento e dos custos, cumprimento de prazos, entre outros) como na parte produtiva (*layout*, armazenamento, delimitação dos postos de trabalho, folhas de verificação, *setup*, entre outros).

Quando uma empresa está organizada em todos seus níveis (estratégico, tático e operacional), torna-se mais competitiva perante o mercado. Com a melhoria dos seus processos, os erros podem ser evitados e a qualidade dos produtos aumenta, diminuindo custos intrínsecos da produção.

Para a otimização das operações, a organização deve possuir ferramentas e métodos da qualidade que a ajudarão a aperfeiçoar seu sistema produtivo, algumas delas são: fluxograma, 5S e diagrama de *Spaghetti*. Essas técnicas de melhoria normalmente são de simples aplicação e muito eficazes, as quais irão auxiliar diretamente a produção, fornecendo um modelo mais limpo e organizado da fábrica. Assim, haverá um ambiente mais agradável para trabalhar e, conseqüentemente, os colaboradores terão mais ânimo para produzir. Isso ajudará na melhoria da qualidade do produto final e no tempo gasto de fabricação.

A metodologia 5S foi proposta por Hirano em 1995, e tem como objetivo limpar e organizar um espaço de trabalho, diminuindo desperdícios e otimizando a produção. Para ter êxito no emprego desse método, é necessário disciplina para mantê-lo sempre em funcionamento. Um ponto fundamental neste caso, é que o 5S também atua na melhoria do *layout*, em máquinas, equipamentos e no pessoal necessário para o processo de fabrico, os quais devem estar alocados da melhor forma possível. Um *layout* adequado fornecerá principalmente segurança e economia para a produção.

Este trabalho foi realizado em uma indústria metalomecânica que produz peças para ventilação e ar condicionado. Esta é uma indústria que pode ter vários produtos finais, entre esses, itens para ventilação e extração de ar de ambientes internos, como condutas, registros e forquilhas. Esses produtos são fundamentais para que locais fechados possam ser seguros, confortáveis e agradáveis, considerando que muitos poluentes podem estar presente (CO_2 , produtos de limpeza, materiais utilizados na construção, decoração, etc.), colocando em risco a saúde dos ocupantes.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é a implementação de um novo *layout* e a aplicação da ferramenta de qualidade 5S na área operacional de uma indústria do setor metalomecânico, de modo a melhorar o desempenho dos processos de fabricação, para que sejam mais eficientes e eficazes, com a finalidade de fabricar produtos com melhor qualidade e rapidez.

1.3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado na empresa Serventar, que atua no ramo metalomecânico e produz artigos para ventiladores e ar condicionado industriais, como condutas, registros, forquilhas. A empresa está localizada na cidade da Maia, no distrito do Porto, possuindo no total 20 colaboradores, sendo classificada como de pequeno porte (Pequenas e Médias Empresas, PME).

Infelizmente, não foi possível a aplicação do novo *layout* ou do sistema 5S, por conseguinte, todo o estudo foi realizado de forma teórica, utilizando *softwares* para representação da realidade. Para a realização do estudo, foram desempenhadas as seguintes etapas:

- Para desenvolver a revisão bibliográfica, foi necessário pesquisar e estudar sobre os temas aprofundados nesta, como os tipos de *layout*, processos de fabrico, normas técnicas de segurança e saúde no trabalho, sistema 5S e indústria metalomecânica, através de livros e teses publicadas por autores entendidos nos assuntos;
- A parte de desenvolvimento iniciou-se com a análise dos processos de fabricação de cada produto. Após análise, os produtos foram divididos por famílias, de modo a facilitar a realização de fluxogramas, para melhor entendimento da fabricação;
- Estudou-se a gama operatória de cada produto, em detalhes;
- Retiraram-se medidas em milímetros (largura e comprimento) das máquinas e espaço entre elas, e com a utilização do *Software* AutoCad, desenhou-se o *layout* atual da fábrica em escala 1:100;
- Com todas as medidas retiradas, realizou-se o Diagrama de *Spaghetti* de todos os processos utilizando no *Software* Visio, que contém ferramentas de medição, fornecendo assim as distâncias percorridas para a fabricação de cada produto. Com isso, foi possível comparar o melhor *layout* para ser aplicado;

- No sistema 5S, a primeira etapa, a de separação, foi criar uma etiqueta vermelha para separar o que é necessário na fábrica e os itens que podem ser descartados;
- Como o primeiro S não foi aplicado, por decisão da gerência, não foi possível a aplicação do sistema 5S, contudo foi elaborado em cada S, como poderia ser sua execução, utilizando os conhecimentos adquiridos nas cadeiras do curso e na realidade da empresa.

1.4 ESTRUTURA DO TEXTO

A dissertação está definida com a seguinte estrutura:

Introdução: Nesta parte será apresentado ao leitor o assunto em questão e o motivo da sua elaboração, os objetivos do desenvolvimento do trabalho, a estrutura e os métodos utilizados no projeto.

Revisão Bibliográfica: Este segmento diz respeito à parte teórica, tendo por base livros e artigos publicados, que servem de orientação para o leitor e fundamentação para a parte prática.

Desenvolvimento: Esta etapa refere-se à parte prática aplicada à empresa, o progresso do estudo e os resultados obtidos.

Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros: Nesta fase, é feita a conclusão dos resultados alcançados e sugestões para a continuidade de trabalhos que possam ser realizados futuramente.

Bibliografia: Aqui pode-se verificar todas as fontes bibliográficas utilizadas no projeto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

2.2 *LAYOUT* INDUSTRIAL

2.3 PROCESSOS DE FABRICO

2.4 FERRAMENTAS E MÉTODOS DE MELHORIA CONTÍNUA

2.5 SEGURANÇA DO TRABALHO

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

Metalurgia mecânica ou metalomecânica é a transformação dos metais em objetos que sejam úteis, seja por corte, deformação ou outro tipo de modificação da sua forma. O principal produto desse segmento são os bens de consumo [1].

A indústria metalomecânica em Portugal começou entre os anos de 1840-1850 e se tornou para muitos como “a indústria mais importante da atualidade”. Para os membros mais qualificados da força de trabalho, a produção do ramo era mais uma relação de classes do que uma atividade técnica [1].

Esse modelo de indústria é muito heterogêneo, contém diferentes atividades industriais e uma grande gama de produtos, sendo uma das principais fontes de crescimento económico da atualidade. A sua modernização deu-se em meados da década de 60, advinda da necessidade da indústria automóvel, com uma máquina ferramenta capaz de ser programada e funcionar de forma autónoma [2, 3].

Na metade da década de 80, através de simpósios e palestras realizadas pela Ordem dos Engenheiros, foi apresentado o CAD/CAM (*Computer-Aided Design and Manufacturing*), oferecendo novas perspectivas na produção [3].

Essa nova tecnologia foi capaz de incorporar cada vez mais autonomia nas máquinas, não apenas sugerindo condições de maquinação e ferramentas mais adequadas, como também decidir a melhor estratégia para os sucessivos programas de maquinação para a fabricação do produto final [4].

A indústria metalomecânica em Portugal é uma das principais atividades económicas por ser um sector que gera empregos e investimentos, e contribui significativamente nas exportações do país. A importância dessa indústria constitui-se ainda pelo fato de ser uma importante fornecedora de todo sector industrial e exercer um papel essencial no desenvolvimento e modernização da indústria portuguesa [5, 6, 7].

Em 2015, esse sector industrial continha 2% das empresas em Portugal (9,7 mil empresas) e representava 7% da quantidade de negócios e 6% de pessoas empregadas. Em 2017 exportou 16,4 mil milhões de euros, alcançando um novo recorde para o segmento e sendo o sector industrial que mais exporta em Portugal [8, 9].

Os polos industriais metalomecânicos de Portugal se localizam em Aveiro, que em 2015 obteve 20% do volume de negócios da indústria, em Setúbal com 18% e no Porto com 15% [8].

2.1.1 Importância da Ventilação e Extração de Ar

O Decreto Lei 79/2006 diz respeito às condições da qualidade do ar nos interiores, deve haver ventilação contínua do espaço, como se estivesse sempre com lotação máxima, e controlo de Dióxido de Carbono (CO_2) para não atingir o limite máximo legal [10]. A ventilação no interior de locais fechados está ligado diretamente com o conforto e saúde dos indivíduos, dessa forma, uma ventilação inadequada afeta duramente a qualidade do ar, quanto aos poluentes procedentes do ambiente interno e externo [11].

Não apenas o CO_2 é responsável pela poluição em áreas internas. Esta também pode advir de produtos de limpeza, objetos de decoração e materiais utilizados na construção. Caso os indivíduos permaneçam muito tempo nesses ambientes, poderão sofrer alguns problemas respiratórios, alergias, cansaços, entre outras [12].

No ambiente interno, o tratamento e a distribuição de ar têm funções essenciais no sistema de climatização. A qualidade do ar e o conforto térmico necessitam em grande parte do funcionamento correto dos componentes que garantem essas funções, como a unidade de tratamento de ar e a rede de distribuição (tubos, condutas, registros, forquilhas, entre outros) [13].

2.2 LAYOUT INDUSTRIAL

O *layout* de uma operação ou processo é o modo como os recursos de transformação são posicionados uns em relação aos outros e como suas tarefas são alocadas. Juntas, essas duas decisões ditarão o padrão do fluxo dos recursos transformados à medida que progridem na operação ou processo. De forma mais abrangente, o *layout* é o arranjo físico das máquinas e equipamentos de produção, estações de trabalho, pessoas, localização de materiais de todos os tipos e etapas, e equipamentos de manuseio de materiais [14, 15].

Um bom *layout* possui o balanço entre os requisitos de segurança, economia, proteção das pessoas e do meio ambiente, construção, manutenção, operação e espaço para futuras expansões, e processos necessários. Também se deve considerar as condições do clima, legislações e regulamentações do país onde a indústria está inserida, assim como a estética e percepção pública [16].

Um *layout* precisa determinar a colocação de departamentos, nos quais devem existir grupos e estações de trabalho, máquinas e pontos de contenção de *stock*. O objetivo é organizar esses elementos de modo a garantir um fluxo de trabalho equilibrado. Em geral, para projetar um *layout* é necessário [17]:

- Especificações dos objetivos e critérios correspondentes a serem usados para avaliar o projeto. A quantidade de espaço e a distância percorrida entre elementos no *layout* são critérios básicos;
- Estimativas da demanda/procura de produtos ou serviços;

- Requisitos de processamento em termos de número de operações e quantidade de fluxo entre os elementos;
- Requisitos de espaço para os elementos no *layout*;
- Disponibilidade de espaço dentro da instalação, ou se for nova, possíveis configurações para expansão.

Layouts incorretos podem levar a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, filas de clientes, tempos de processamento demorados, operações inflexíveis, fluxo imprevisível e alto custo. Portanto, o *layout* deve começar com uma estimativa completa dos objetivos a serem alcançados [14]. Para ser considerado um bom *layout* os objetivos devem ser [17]:

- Economia no manuseio de materiais, trabalho em andamento/curso e produtos acabados;
- Minimização de atrasos na produção;
- Menos trabalho em andamento e menor tempo de ciclo de fabricação;
- Utilização eficiente do espaço disponível;
- Fácil supervisão e melhor controle da produção;
- Flexibilidade para mudanças e expansão futura;
- Melhores condições de trabalho.

Os benefícios adquiridos, caso os objetivos sejam alcançados, são muitos, como [18]:

- Redução do tempo de ciclo;
- Rapidez no *feedback* de informação pertinente à qualidade, ajudando a reduzir os defeitos;
- Redução de horas/homem, ao minimizar ou eliminar a espera de lote ou de processo;
- Eliminação de horas/homem de transporte.

2.2.1 Tipos de *Layout*

A maioria dos *layouts* existentes são derivados de apenas quatro tipos básicos de *layout*, que são [14]:

- *Layout* posicional;
- *Layout* por processo;
- *Layout* celular;
- *Layout* por produto.

Como a Figura 1 mostra, um tipo de *layout* não implica necessariamente um tipo de processo específico. Quanto menos variedades de um produto, maior é a possibilidade de criar um *layout* com um fluxo regular.

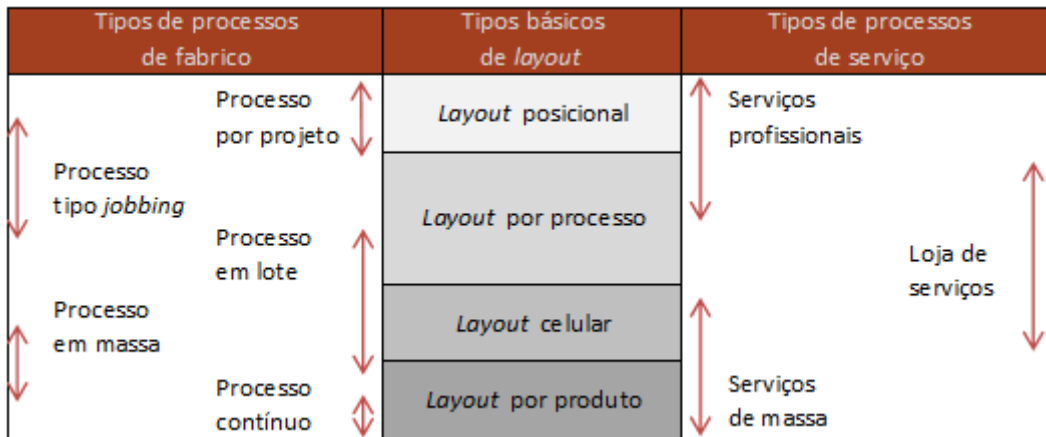


Figura 1 - Relação entre tipos de processo e tipos básicos de *layout*
 Fonte: [14]

2.2.1.1 *Layout Posicional*

No *layout* posicional os recursos transformadores se movem entre o produto a ser fabricado. No lugar de materiais, são as informações ou clientes que passam pela operação, o bem ou o serviço é estacionário e é o equipamento, a máquina, a fábrica ou as pessoas, que fazem o processo se movimentar de acordo com a necessidade. Isso ocorre porque o produto ou o beneficiário do serviço é grande demais, muito delicado ou impossível de ser movido [14].

Esse tipo de *layout* é adequado para quando uma ou poucas peças idênticas forem fabricadas, ou quando as peças do conjunto são muito pesadas e o custo do transporte fica muito alto. Alguns exemplos são: fabricação de aviões, navios, locomotivas, grandes turbinas, entre outros [17].

2.2.1.2 *Layout por Processo*

Nesse tipo de *layout*, deve-se alocar recursos ou processos semelhantes próximos, isso por ser conveniente agrupá-los, ou para que a utilização dos recursos de transformação sejam aperfeiçoados. Por essa razão, quando os produtos, clientes ou informações fluírem pela operação, eles seguirão um fluxo para que a atividade seja conforme suas necessidades. Diferentes produtos ou clientes terão diferentes necessidades e, por isso, terão diferentes caminhos [14].

Tal *layout* é particularmente útil quando o volume da fabricação é baixo e a variedade de produtos é alta, carecendo de uma grande flexibilidade na sequência de operações. *Layouts* assim, são adequados quando os produtos não são padronizados, ou quando há uma ampla variação nos tempos de processamento de operações individuais [17].

2.2.1.3 *Layout Celular*

Em um *layout* celular (Figura 2), máquinas diferentes são agrupadas em centros de trabalho, para produzir itens que tenham formas e requisitos de processamento semelhantes. A própria célula pode ser organizada em um *layout* funcional, ou de

produto. Depois dos recursos transformados serem processados na célula, eles podem ir para outra célula. De fato, o *layout* celular é uma tentativa de organizar o fluxo complexo que representa o *layout* funcional [14, 17].

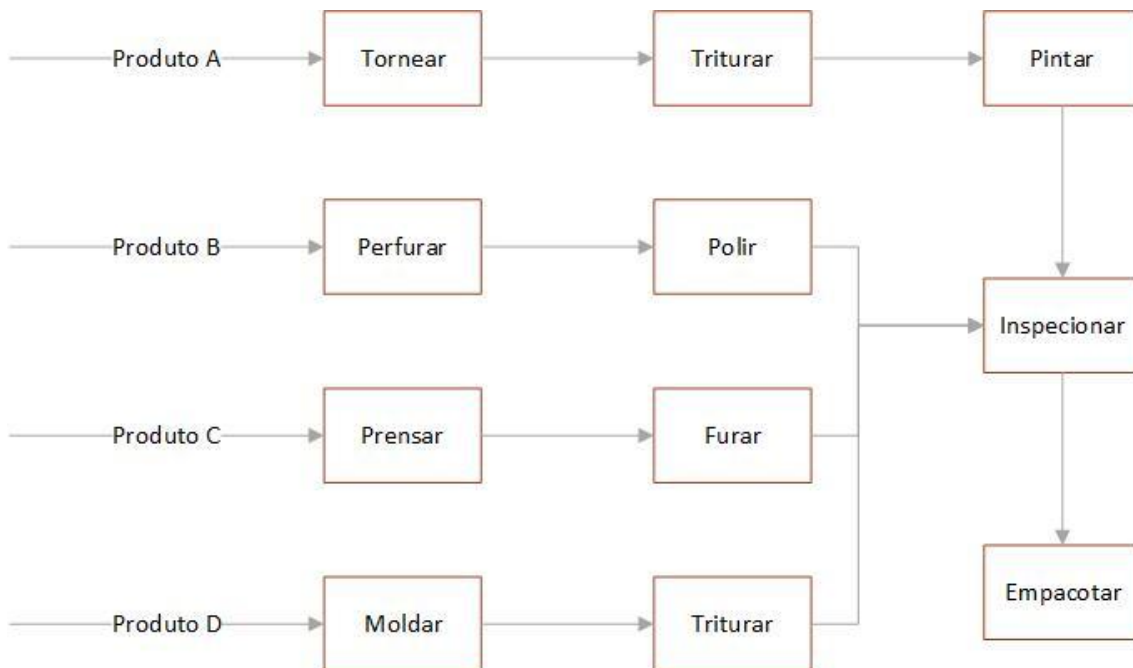


Figura 2 - Exemplo de um *layout* celular
Fonte: [17]

2.2.1.4 *Layout por Produto*

O *layout* de produto (ou de linha) visa alocar os recursos de transformação de maneira inteiramente adequada para os recursos transformados. Cada informação, produto ou cliente avança por um caminho pré-programado, na sequência em que é feito para fazer o produto final [14].

Esse modelo de arranjo físico é geralmente o adequado para produção em massa, pois o fluxo é claro, previsível e, portanto, de controlo relativamente fácil, sendo possível devido ao alto volume de produção, durante um longo período de tempo, de um único produto com garantia de fornecimento contínuo de matérias-primas [14, 17].

Mas esse *layout* tem pouca flexibilidade para mudanças. Por isso, é adequado quando os produtos são padrão, precisam ser produzidos em grande escala, têm uma demanda/procura estável, o tempo de processamento de operações individuais é aproximadamente igual e o fornecimento ininterrupto de materiais pode ser mantido [17].

A Figura 3 mostra como alguns exemplos de *layout* podem ser configurados em *layout* por produto, otimizando assim o seu processo.

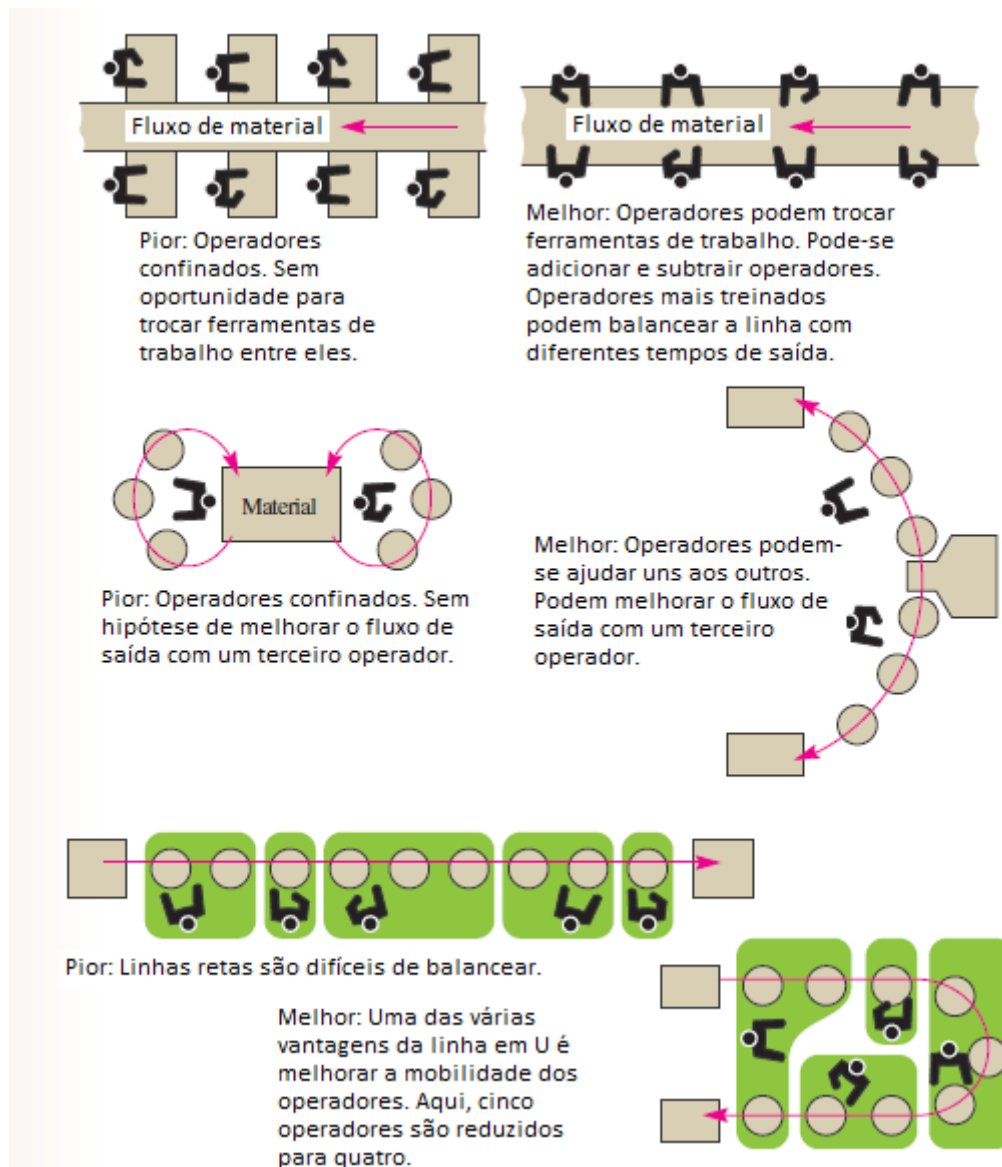


Figura 3 - Linha de *layout* flexível
Fonte: [19]

2.2.1.5 Layouts Mistos

Muitas operações se projetam em *layouts* mistos que combinam elementos de alguns ou todos os tipos básicos de *layout*, ou usam as formas básicas de *layout* "puros" em diferentes partes da operação [14].

2.2.1.6 Fatores relevantes na elaboração do *layout*

Alguns fatores são cruciais para decidir qual o modelo de *layout* que será utilizado. Na Tabela 1 são destacadas quais as vantagens e desvantagens de cada um deles. Quanto menos se sabe sobre o custo, menos clara será a escolha do *layout* correto [14].

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens de cada *layout* básico
 Fonte: [14]

Tipo de <i>layout</i>	Vantagens	Desvantagens
Posicional	<ul style="list-style-type: none"> • Grande variedade e flexibilidade de produtos • Produto ou cliente não se move • Alta variedade de atividade para os trabalhadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo unitário • O planejamento do espaço e das atividades pode ser difícil • Pode significar muito movimento dos trabalhadores
Processo	<ul style="list-style-type: none"> • Alta variedade e flexibilidade de produtos • Relativamente forte no caso de interrupções • Supervisão relativamente fácil de equipamentos ou instalações 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa utilização de instalações • Pode ter muito trabalho em andamento ou filas de clientes • Fluxo complexo que pode ser difícil de controlar
Celular	<ul style="list-style-type: none"> • Pode haver boa harmonia entre custo e flexibilidade, para uma variedade relativamente alta • Taxa rápida de transferência • Trabalho em grupo pode resultar em boa motivação 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser caro reorganizar o <i>layout</i> existente • Precisa de mais espaço e equipamento • Pode prover baixa utilização do espaço
Produto	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo unitário • Promove oportunidades para especialização de equipamentos • Materiais ou clientes em movimentação são convenientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode haver baixa variedade e flexibilidade • Não é forte, caso haja interrupções • O trabalho pode ser muito repetitivo

2.3 PROCESSOS DE FABRICO

2.3.1 Corte

O processo de corte pode ser compreendido como a obtenção de um produto final retirado de uma chapa ou peça metálica a partir de um determinado contorno. Para peças que tenham um contorno reto, pode-se utilizar a guilhotina ou prensa de corte, pois são formas simples. Contornos que exijam formatos mais complexos, podem ser feitos por outros métodos de corte, como o oxicorte, corte por laser, por plasma e por jato de água [20]. Na Tabela 2, destaca-se o corte por guilhotina e por plasma.

Tabela 2 - Máquinas de corte
Fonte: [21, 22, 23, 24]

Plasma

No corte de plasma (Figura 4), um arco de gás inerte emitido a partir de um eletrodo de tungsténio, é estrangido e passa através de um bocal arrefecido a água. O gás inerte concentrado forma o jacto que ejecta o metal fundido a zona de corte [21].

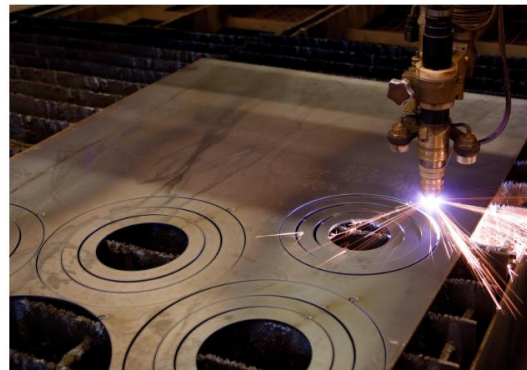


Figura 4 - Corte a plasma
Fonte: [22]

Guilhotina

Para o corte por guilhotina (Figura 5), posiciona-se a chapa entre duas lâminas, sendo a inferior fixa e a superior móvel. Quando uma força é colocada na lâmina superior para que desça, a chapa é atravessada até ao ponto de rotura. É uma opção mais económica [23, 24].

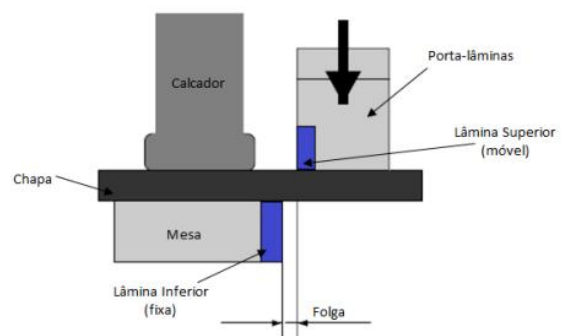


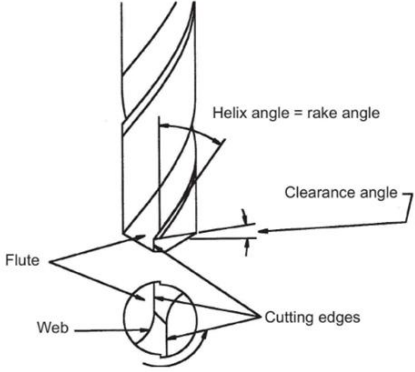
Figura 5 - Corte a guilhotina
Fonte: [24]

2.3.2 Maquinagem

A maquinagem tradicional é um dos mais importantes métodos de remoção de material, utilizando máquinas-ferramentas como tornos, fresadoras e furadoras, para

cortar mecanicamente o material, até atingir a geometria desejada da peça. A maquinagem é uma parte da fabricação de quase todos os produtos de metal, porém produtos de madeira ou plástico também podem ser maquinados [25]. A Tabela 3 apresenta dois tipos básicos de maquinagem.

Tabela 3 - Processos de maquinagem
Fonte: [26, 27, 28, 29]

<p>Furação</p> <p>A furação é uma das operações de maquinagem mais comuns. Este processo envolve a realização de furos circulares em materiais metálicos e não metálicos, podendo trazer muitas vantagens, tais como, redução do tempo de ciclo, da quebra da ferramenta e do custo, além de melhorias na qualidade da peça [26].</p> <p>A ferramenta mais comumente utilizada numa furadora ou torno mecânico é a broca helicoidal, como na Figura 6. A broca é uma ferramenta de corte de extremidade rotativa, com uma ou mais lâminas e geralmente com uma ou mais ranhuras, para passagem de aparas e fluidos de corte [27, 28].</p>	 <p>Figura 6 - Broca Helicoidal Fonte: [27]</p>
<p>Rebarbagem</p>	<p>A rebarbagem é um método para melhorar a superfície da peça após outro processo. Para realizar essa operação, são utilizados meios abrasivos para remoção das rebarbas. Quanto maior for o dispositivo abrasivo, mais força será aplicada à peça de metal, aumentando a velocidade da ação abrasiva. Se os discos abrasivos forem pequenos, geralmente aumenta o tempo de ciclo, produzindo assim superfícies mais lisas e causando menos impacto [29].</p>

2.3.3 Calandrar

O objetivo da calandra é colocar a chapa metálica em ponto de flexão como demonstra a Figura 7, obtendo chapas em formas cônicas ou cilíndricas. No tipo mais comum de calandra há três rolos, sendo dois deles localizados na parte inferior, os quais podem ser movidos na horizontal para melhor manuseio da chapa, e o terceiro fica acima dos demais e pode ser regulado em sentido vertical [30]. É o processo mais comum na fabricação de virolas.

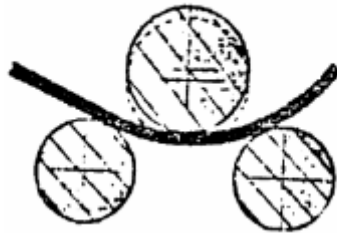


Figura 7 - Flexão da chapa em uma calandra
Fonte: [30]

2.3.4 Dobrar

Dobrar é um dos processos de deformação mais comum e mais simples na indústria, podendo ser realizado com ferramentas manuais simples. A dobragem acontece quando uma força é empregada em uma parte da chapa, levando-a a uma deformação plástica [31, 32]. Os principais tipos de dobragem são demonstrados na Figura 8.

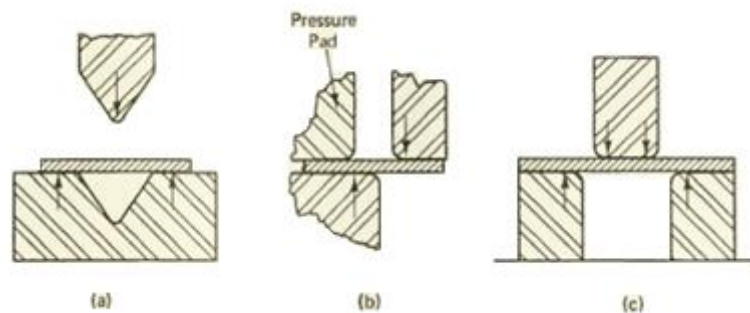


Figura 8 - Tipos de dobragem: (a) Molde em V; (b) Molde simples; e (c) Molde em U
Fonte: [32]

Os processos de dobragem relevantes para este trabalho são destacados na Tabela 4.

Tabela 4 - Processos de dobragem
Fonte: [31,33]

Hemming é o processo de dobrar a chapa de metal sobre ela mesma, podendo ser totalmente encostada às superfícies ou aberta (Figura 9) [31].

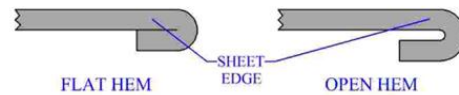


Figura 9 - Processo Hemming
Fonte: [31]

Costurar

Costurar é um processo que envolve a junção de duas chapas de metal que tenham passado pelo processo de Hemming (Figura 10). A força do material resiste à quebra do encaixe devido à deformação plástica ter ocorrido naquela posição. Como as dobras foram fechadas juntas, cada dobra ajuda a resistir à deformação da outra, provendo uma ligação estrutural bem fortificada [31].



Figura 10 - Costura em uma chapa de metal
Fonte: [31]

O processo de rebordar (Figura 11) é um processo que geralmente dobra chapas de metal em 90°. Em rebordos retraídos, as flanges são submetidas a um esforço que, se excessivo, pode causar dobras em seu contorno. A tendência para dobrar aumenta com a diminuição do raio de curvatura da flange. Em rebordos esticados, a borda da flange é submetida a um esforço que, se excessivo, pode rachar o perímetro [31].

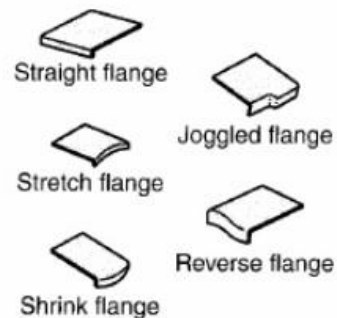


Figura 11 - Exemplos de rebordo
Fonte: [31]

Rebordar

A rebordagem é uma operação alternativa à soldadura, sendo mais limpa e menos propensa a defeitos. Para que haja a união, é feita uma flange na parte interna e uma pré-bainha na parte externa. Após o encaixe das duas peças, fecha-se a bainha como a Figura 12 demonstra [33].

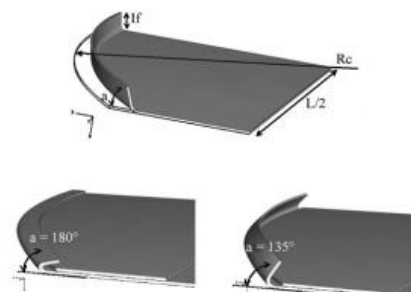


Figura 12 - União de chapas através de rebordagem
Fonte: [33]

2.3.5 Soldar

A soldadura é uma das operações industriais mais antigas. Este processo consiste em juntar duas ou mais partes, seja fundindo a superfície adjacente ou fundindo um terceiro material que irá servir como ligante entre as partes [34]. Existem diversas categorias de soldadura, porém a principal para este trabalho será a soldadura MIG (Metal Inert Gas) como demonstra a Tabela 5.

Tabela 5 - Soldadura MIG
Fonte: [35,36]

Soldar MIG	Na soldadura MIG é utilizado um arco elétrico para fundir o material de base e de adição, a corrente é conduzida até a junta, em forma de fio, pelo próprio material de adição [35].
Soldar MIG automatizado	O robô de soldadura tem sido uma forma comum para automação da soldadura, pois o robô pode ser facilmente reprogramado para diferentes objetos. O robô faz os movimentos para soldar juntamente com o operador, e seu sistema de controle incorpora as configurações de todos os dados da soldadura, buscando o ponto inicial, o caminho do cordão e a possibilidade de oscilar segundo um padrão de movimento [36].

2.3.6 Laminar

Laminagem é a passagem contínua do metal por um conjunto de rolos rotativos, cuja forma ou espessura é ajustada de acordo com a necessidade, através da imposição de altas pressões para que se verifique a deformação plástica. Esse processo diminui a espessura da chapa, aumentando o comprimento, sem aumentar marcadamente a largura, podendo ser realizado em altas temperaturas ou à temperatura ambiente [37]. A Figura 13 demonstra como ocorre a laminagem.

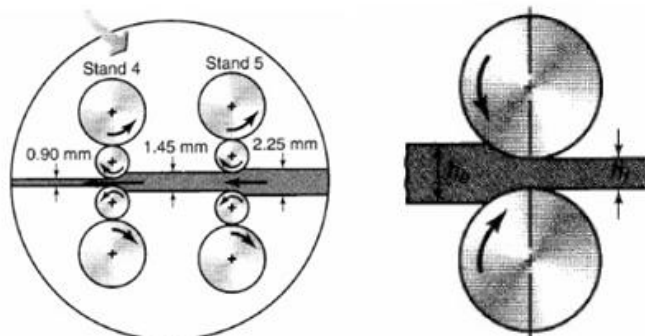


Figura 13 - Exemplo de laminagem
Fonte: [31]

2.3.7 Pintar

A pintura tem propriedades decorativas e funcionais (proteção contra corrosão, baixo custo, fácil aplicação e variedade de cores). Pintar a superfície tem sido usado amplamente como modo de revestimento. Podem haver pinturas disponíveis com boa resistência à abrasão, altas temperaturas e desbotamento, dependendo da finalidade da peça [31].

Esse processo pode oferecer proteção contra ações mecânicas (abrasão, deterioramento, impacto, e flexão) como também contra ações químicas (ácidos, solventes, detergentes, alcalinos, combustíveis, manchas e diferentes tipos de ataques do meio ambiente). Os métodos mais comuns de aplicação são por imersão, pincel, rolos e pulverização [31].

2.4 FERRAMENTAS E MÉTODOS DE MELHORIA CONTÍNUA

Alguns tipos de filosofias utilizadas na indústria, tem a finalidade de maximizar a qualidade de seus produtos. São métodos que foram aperfeiçoados com o tempo e hoje são conhecidos como ferramentas essenciais para melhoria da qualidade.

Serão apresentados três tipos de métodos ou ferramentas abaixo. São eles:

- Fluxograma
- Diagrama de *Spaghetti*
- 5S

2.4.1 Fluxograma

Fluxogramas são representações visuais de como um processo opera. No mínimo, eles descrevem o início e paragens de um processo, as atividades executadas, as decisões tomadas e a direção em que os materiais, pessoas e informações fluem pelo processo [38].

O fluxograma é uma ótima ferramenta para representar qualquer processo de modo gráfico, pois tem uma simbologia própria e compartilhada. Os símbolos são representados na Figura 14. Sempre que o fluxograma é usado, é importante estabelecer o nível de detalhe que deve ser alcançado, para que fatores essenciais não sejam negligenciados [39].



Figura 14 - Símbolos básicos de um fluxograma

Fonte: [39]

2.4.2 Diagrama de *Spaghetti*

O diagrama de *Spaghetti* (Figura 15) é uma representação visual da movimentação de dados presentes no processo, com foco no fluxo e na uniformidade da produção. O nome é dado pelo fato das linhas desenhadas para representar o movimento dos dados/produtos serem longas e onduladas, assemelhando-se ao *Spaghetti*. Quando aplicados a ambientes de negócios, esses gráficos podem ser chamados de diagramas de fluxo de trabalho [40].

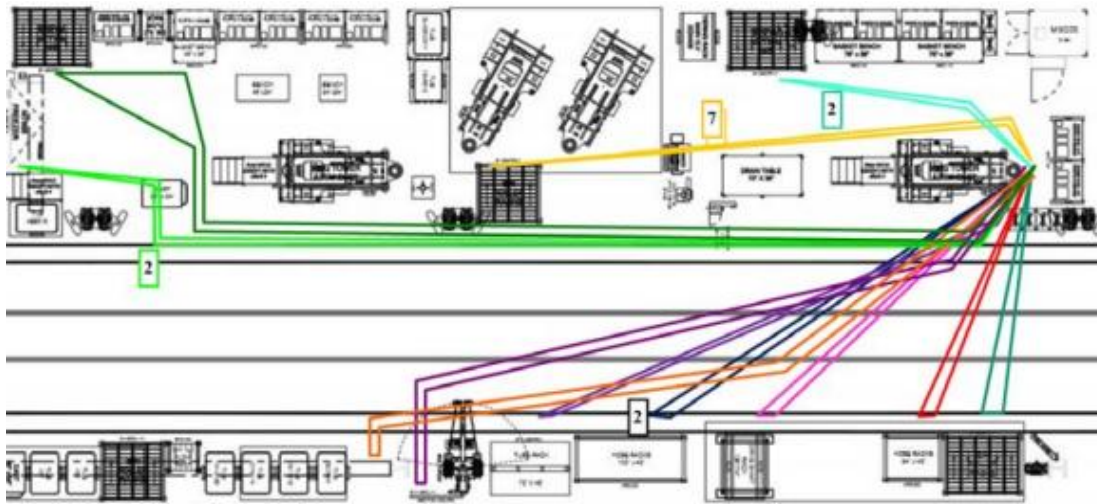


Figura 15 - Exemplo do Diagrama de *Spaghetti*
Fonte: [41]

Esse diagrama pode ser utilizado em todos os campos de estudo. Quando aplicado aos negócios, ele se torna uma valiosa ferramenta que demonstra exatamente onde ocorrem os maiores desperdícios, não apenas no fluxo do processo, mas no *layout* ineficiente do transporte, movimentação e instalação [40].

Assim, como todas as ferramentas de melhoria contínua, o objetivo da implementação de gráficos *Spaghetti* é identificar o desperdício através da diferenciação de atividades com e sem valor agregado. Quando usados para buscar produtos por cada estação de trabalho da produção, ou para o *layout* de um escritório, oficina ou armazém, as linhas sobrepostas podem ajudar nas tomadas de decisão em relação a que modificações devem ocorrer e como melhorar o *layout* para consolidar esforços [40,42]. Um gráfico de *Spaghetti* deve conter as seguintes etapas [40]:

- Mapear o espaço de trabalho conforme a realidade;
- Passar as etapas de um processo para o mapa, traçando cada passo no local apropriado;
- Conectar os pontos traçados com setas para indicar o fluxo de trabalho.

O resultado será a representação visual do fluxo de trabalho através do espaço mapeado, com a distância e a frequência para cada caminho percorrido. As áreas onde as linhas se cruzam mais vezes devem ser discutidas e redesenhadas para um fluxo

mais limpo e para eliminar desperdício de movimentação, permitindo uma comparação entre o estado atual e futuro [40, 41].

2.4.3 O Sistema 5S

O 5S surgiu no Japão, entre as décadas de 50 e 60, no tempo da crise de competitividade causada pela Segunda Guerra Mundial. O método tem o objetivo de reduzir o desperdício e otimizar o tempo das pessoas, por meio da criação ou manutenção dos postos de trabalho [43, 44].

O primeiro passo para uma empresa se tornar mais organizada é a implementação do método 5S. Esse método é de fácil compreensão e permite a obtenção de resultados rápidos, além de incentivar a participação dos funcionários, promovendo um bom espírito de trabalho e, conseqüentemente, aumenta a eficiência, o lucro, a segurança e o serviço, se tornando em um “ciclo de eficiência” para criar um ambiente de trabalho esteticamente agradável [45, 46]. Esse sistema é teoricamente simples, composto por cinco etapas, que são [47]:

- Separar;
- Classificar;
- Limpar (e inspecionar);
- Padronizar;
- Manter.

A Figura 16 demonstra a visão de Hirano [48], o criador do sistema 5S.

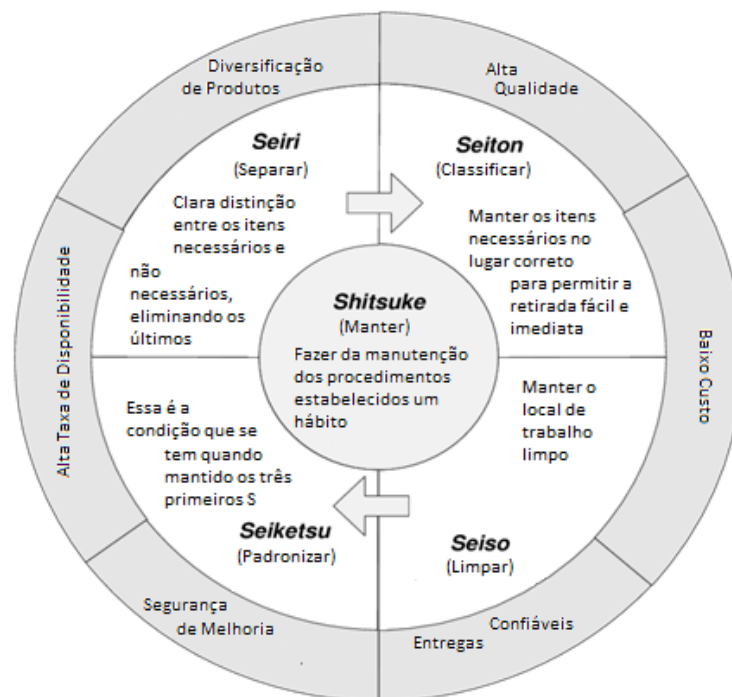


Figura 16 - 5S sob a ótica de Hirano
Fonte: [48]

2.4.3.1 Separar (Seiri) – S1

A primeira parte desse sistema é separar o que não é necessário. As coisas vão se acumulando e impedem a fluidez do trabalho, provocando confusões e tornando o *lead time* longo em crônico. A ferramenta mais importante do S1 é a etiquetagem vermelha, que tem como regra básica o dizer seguinte: “se tiver dúvida, jogue fora”. Essas etiquetas são postas em objetos desnecessários durante a primeira fase, e deverá conter as seguintes informações:

- Classificação do item;
- Identificação e quantidade do item;
- Motivo para a etiquetagem;
- Ação a ser tomada;
- Data.

2.4.3.2 Classificar (Seiton) – S2

Depois da fase de separação, é importante organizar os objetos que sobraram, de forma a reduzir a movimentação desnecessária.

O S2 diz respeito a classificar e organizar. O lugar onde for aplicado, deve ser explícito, para que qualquer pessoa possa encontrar o que procura a qualquer momento, e que as situações que estão fora do padrão sejam sempre evidentes. Um método eficaz de organizar é utilizando sistemas visuais, que são dispositivos que compartilham informações apenas através da sua visualização. Há quatro tipos e são listados na Tabela 6 de forma crescente de efeito.

Tabela 6 - Tipos de sistemas visuais
Fonte: [47]

Tipo de efeito	Como funciona
Indicador visual	Apenas comunica
Sinal visual	Chama atenção
Controlo visual	Põe limites em comportamentos
Garantia	Permite apenas uma resposta correta

2.4.3.3 Limpar (Seiso) – S3

O maior desafio do 5S são os S1 e S2. Depois dos mesmos realizados, sobrarão espaços que deverão ser limpos, e dessa forma, a equipa 5S deve decidir:

- O que limpar;
- Como limpar;
- Quem irá limpar;
- O que significa limpo.

Os colaboradores devem ser responsáveis pela limpeza de seus equipamentos e locais de trabalho. Isso aumentará o respeito mútuo e o senso de responsabilidade. Eles deverão verificar a condição de seu equipamento de forma regular, prestando atenção em mudanças pequenas no som, cheiro, vibração, entre outros sinais que revelem problemas de funcionamento.

2.4.3.4 Padronizar (*Seiketsu*) – S4

Após as três primeiras etapas, o local deverá estar limpo e organizado, mas com o decorrer do tempo isso tende a desmorrar-se. Para isso, são criados padrões para a forma de realizar o trabalho. Os padrões devem ser simples, claros e visuais. Quanto mais padronizado, mais fácil será encontrar algo que esteja fora dos padrões. A padronização deve estar presente do S1 ao S3 e também se deve obter uma forma padronizada de medir a situação do 5S, como um cartão de pontuação.

2.4.3.5 Manter (*Shitsuke*) – S5

Para que o 5S se torne rotina em uma indústria e seja essencial, o envolvimento de toda a equipa, tanto da alta gerência ao chão de fábrica, é crucial. A melhor maneira de garantir o empenho e a colaboração de todos é através da promoção, da comunicação e do treinamento. A promoção e a comunicação podem ser obtida através de quadros de informação, reconhecimento dos colaboradores que encontram uma nova forma de diminuir o desperdício, concursos ou grupos centrais que sustentem a filosofia 5S na empresa. O treinamento deve ser oferecido as pessoas de diferentes níveis hierárquicos. É um investimento de retorno rápido e irá ajudar a estabelecer as bases de atividades futuras.

2.4.4 Vantagens e Limitações do 5S

Das inúmeras vantagens de aplicar o 5S, a mais importante é eliminar itens considerados desnecessários, como materiais, ferramentas e suprimentos que não são utilizados. Isso irá aumentar a eficiência, facilitando a localização de materiais necessários. Também incentiva a rotulagem, colocação e organização de materiais, ferramentas e suprimentos usados com frequência, a fim de torná-los acessíveis [46]. Outras vantagens que o 5S promove podem ser vistas na Tabela 7.

Tabela 7 - Vantagens e limitações do 5S
Fonte: [47]

Etapa	Vantagens	Limitações
Separar	Processos desenvolvidos para obter redução nos custos. Melhor uso do local de trabalho.	O problema mais comum é o local de trabalho, a dificuldade de mudança, a deficiência de apoio moral e a má compreensão da metodologia, os quais prejudicam a execução do projeto [46].

Continuação da Tabela 7

Classificar	Aumenta a eficiência. Melhoria da segurança. Menos tempo para encontrar itens necessários.
Limpar	Melhores condições de trabalho. <i>Layout</i> limpo e organizado. Redução dos custos das máquinas.
Padronizar	Elevação dos padrões da empresa. Menos lesões dos trabalhadores causadas por acidentes de trabalho. A distância que os materiais percorrem é reduzida. Com isso, há menos risco de acidentes no trabalho.
Manter	Participação dos trabalhadores no projeto e manutenção da área de trabalho. Menos ociosidade.

2.5 SEGURANÇA DO TRABALHO

2.5.1 Leis para Saúde e Segurança do Trabalho

As leis são necessárias para que o governo tenha uma regulamentação de negócios e comportamentos do indivíduo ou comunidade, para o benefício de todos. Como a sociedade e comunidades cresceram e se tornaram mais complexas, as leis serviram para organizá-los. Com a aparição de uma sociedade industrial, problemas relacionados à situação do trabalho e à preocupação com a saúde e segurança dos trabalhadores foram surgindo [50], e com isso leis e normas foram estabelecidas para melhor funcionamento fabril.

Para que uma indústria esteja legalmente regulamentada, deve seguir as normas estabelecidas pelas leis do país onde está inserida. Em Portugal, a lei sobre higiene e segurança do trabalho é a Lei nº102/2009 de 10 de setembro, que tem como objetivo regulamentar “o regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e da saúde no trabalho” [51]. As normas técnicas utilizadas na indústria devem ser seguidas de acordo com a Portaria nº 53/71 de 3 de fevereiro, a qual diz respeito ao Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais [52].

Alguns artigos dessa portaria devem ser ressaltados para fim deste trabalho, sendo eles destacados na Tabela 8:

Tabela 8 - Artigos das normas de segurança e higiene do trabalho
Fonte:[52]

Capítulo II – Instalações dos estabelecimentos industriais		
Secção I – Edifícios e outras construções		
Artigo	Respeito a:	Parágrafo
8º	Pé-direito, superfície e volumetria/cubicagem dos locais de trabalho	3- Ter uma superfície com 2m ² por trabalhador, deduzindo os espaços ocupados por máquinas, corredores e distanciamento entre máquinas.
10º	Vias de passagem e saídas	1- Largura mínima de 1,20 m até 50 utentes. 2- Para vias com trânsito simultâneo de pessoas e veículos, a largura deve ser suficiente para garantir a segurança de ambos. 4- Nos locais de trabalho, a distância entre as máquinas, instalações ou materiais devem ter no mínimo 0,6 m.
13º	Comunicações verticais	1- A largura da escada deve ser proporcional ao número de utilizadores (entre 0,9 m e 1,2 m).
14º	Qualidade dos pavimentos	1- As zonas de pavimentos, tanto para pessoas como para veículos, devem ser livres de obstáculos.
23º	Pureza do ar	Todos os gases, vapores, fumos, névoas ou poeiras que se produzam ou se desenvolvam no decorrer das operações, devem ser captados.
27º	Medidas de prevenção e protecção	Quando não há meios de eliminar ou diminuir os ruídos ou vibrações até ao limite recomendado, o empregador deve fornecer dispositivos de protecção individual adequados.
Capítulo V – Instalações, aparelhos e utensílios vários		
Secção VI – Instalações e operações de soldura e corte		
95º	Locais de trabalho	4- Em locais confinados, nas oficinas e nas bancadas de soldadura, deve prever-se a aspiração dos fumos e gases liberados.

Continuação da Tabela 8

Capítulo VIII – Protecção da saúde dos trabalhadores

Secção I – Medidas de higiene

135º	Limpeza dos locais de trabalho	<p>2- As oficinas, postos de trabalho, locais de passagem e todos os outros locais de serviço, devem ser mantidos em boas condições de higiene.</p> <p>3- As paredes, tectos, janelas e superfícies envidraçadas, devem ser mantidos limpos e em bom estado de conservação.</p> <p>4- Se possível, a limpeza deve ser efectuada durante os intervalos dos períodos de trabalho e de modo a evitar o desprendimento de poeiras. Se a limpeza for realizada no horário do trabalho, deverá ser feita por aspiração.</p>
138º	Caixas de primeiros socorros	<p>Nos locais de trabalho onde não haja serviços médicos do trabalho ou postos de primeiros socorros devem existir caixas de primeiros socorros, devidamente assinaladas e criteriosamente colocadas, contendo o material adequado.</p>
Secção II – Instalações sanitárias, de vestiário e refeitórios <hr/>		
139º	Instalações sanitárias	<p>2- Os equipamentos das instalações sanitárias devem: b) ter antecâmara de vestir com cabina e banco, dispor de água fria e quente. Devem ser mantidas em bom estado de conservação e higiene.</p>
140º	Instalações de vestiário	<p>3- O vestuário e outros objectos de uso pessoal não devem ser colocados noutros locais que não o vestiário. Os vestiários e armários devem ser mantidos em boas condições de higiene.</p>
141º	Refeitórios	<p>1- Estabelecimentos que autorizam os trabalhadores a tomarem as suas próprias refeições devem dispor de uma ou mais salas destinadas exclusivamente a refeitório, com meios para aquecer a comida, não comunicando directamente com locais de trabalho, instalações sanitárias ou locais insalubres.</p> <p>2- A superfície dos refeitórios deve ser calculada em função do número máximo de pessoas que os possam utilizar simultaneamente, sendo 18,5 m² para 25 pessoas ou menos.</p> <hr/>

Continuação da Tabela 8		
Capítulo IX – Equipamento de protecção individual		
142º	Disposições gerais	<p>1- Devem existir à disposição dos trabalhadores vestuário de trabalho e equipamento de protecção individual contra os riscos das operações efectuadas, sempre que sejam insuficientes os meios técnicos de protecção. Os equipamentos de protecção individual devem ser um recurso de segurança suplementar.</p> <p>3- O equipamento de protecção individual deve ser mantido em bom estado de conservação e ser objecto de revisões e higienização periódica.</p>
145º	Protecção da face e dos olhos	Os trabalhadores que realizem trabalhos que possam apresentar qualquer perigo para a face ou para os olhos, devem usar óculos bem adaptados à configuração do rosto, viseiras ou anteparos. Os protectores dos olhos devem ter qualidade óptica apropriada e ser resistentes, leves e mantidos limpos.
146º	Protecção do ouvido	1- As pessoas que trabalham num meio de ruído intenso e prolongado devem, normalmente, usar protectores auriculares apropriados.

2.6 TRABALHOS SIMILARES

Para acrescentar conhecimento à dissertação que está desenvolvido de modo empírico, os exemplos que seguem foram retirados de trabalhos semelhantes onde houve a aplicação de mudanças ou o estudo de caso realizado através de algoritmos, e assim pode-se fazer uma comparação entre os estudos.

2.6.1 Primeiro Exemplo

O primeiro trabalho [53] diz respeito à otimização de *layout* na produção de pequena e média escala numa indústria alimentar. Utilizando duas técnicas, SLP (*Systematic Layout Planning*) e GBT (*Graph Based Theory*), para a construção do novo *layout*.

O SLP utiliza onze passos e é capaz de fornecer um número de soluções para o *layout*, sendo de grande abordagem e de fácil uso. O GBT tem duas fases: fase adjacência e fase de desenho, também pode-se considerar como uma poderosa ferramenta que permite aos planeadores de instalação projetar o *layout*.

Para a realização do estudo de caso, desenvolveu-se um diagrama de relação entre os departamentos no SLP como pode ser visto nas Figura 17 e Figura 18. Esse diagrama também serviu para o método GBT, pois a importância da adjacência era a mesma.

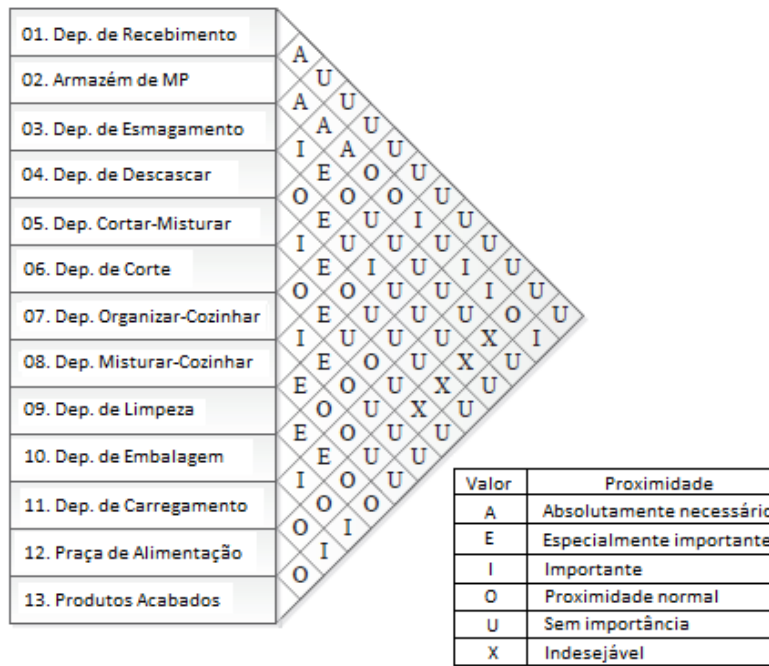


Figura 17 - Diagrama de relação
 Fonte: Adaptado [53]

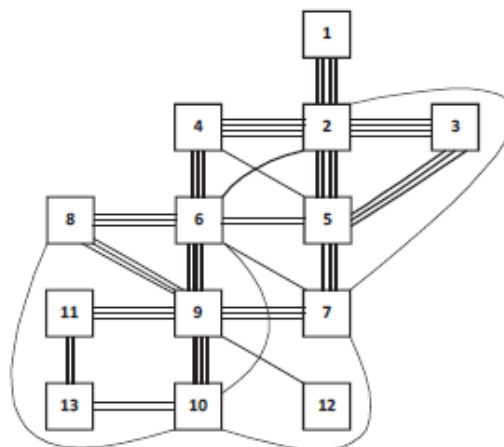


Figura 18 - Diagrama de relacionamento
 Fonte: [53]

Traduzindo o diagrama de relação para uma escala numérica (Figura 19) baseado no TCR (*Total Closeness Rating*) (Tabela 9), onde o A possui maior importância e o X a menor importância. O GBT usa as técnicas do diagrama de relação para encontrar a adjacência mais importante entre os departamentos e determinar a prioridade de seleção de departamentos no algoritmo.

Tabela 9 - Sinais traduzidos para números pelo TCR
 Fonte: [53]

Sinal	A	E	I	O	U	X
Número	6	5	4	3	2	1

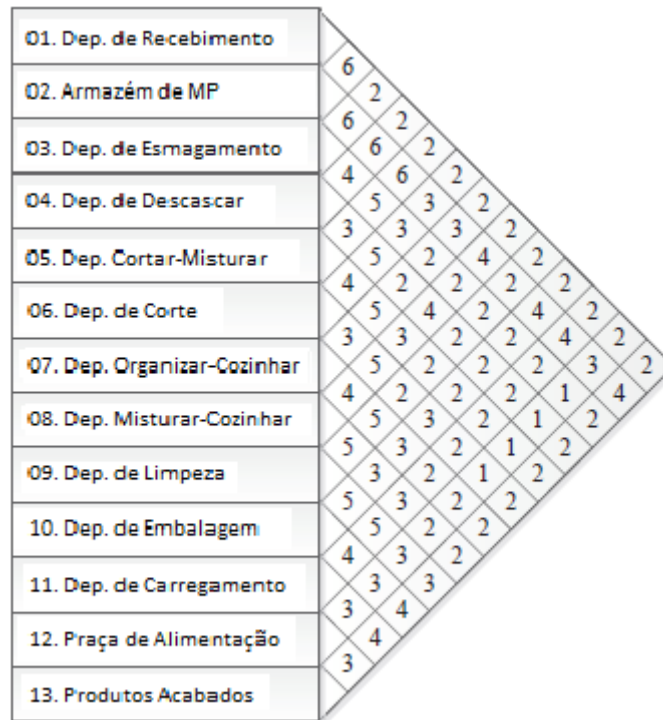


Figura 19 - Diagrama de relação traduzidos para números
 Fonte: Adaptado [53]

O gráfico final obtido utilizando o GBT pode ser visto na Figura 20. O próximo passo é desenhar arcos para conectar o centro do triângulo, o gráfico final incluindo os arcos cruzados pode ser visto na Figura 21.

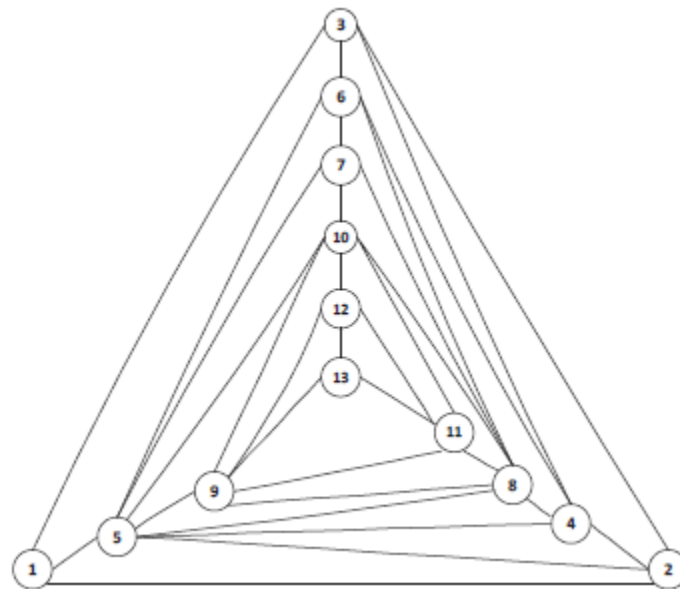


Figura 20 - Gráfico final obtido pelo GBT
 Fonte: [53]

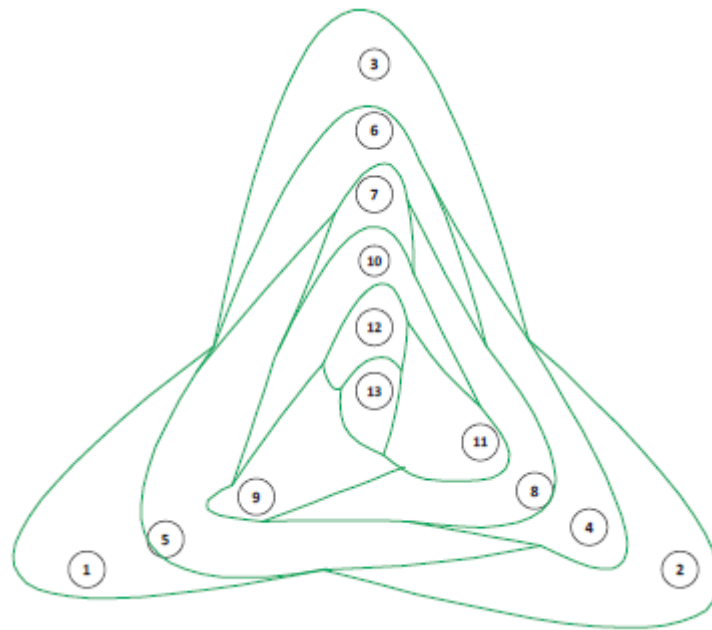


Figura 21 - Gráfico final incluindo arcos cruzados

Fonte: [53]

Como conclusão, as técnicas SLP e GBT resultaram em seis exemplos de *layouts* envolvendo treze departamentos. O método ER (Efficiency Rate) foi selecionado para calcular os níveis de eficiência de cada tipo de *layout* gerado. ER é a soma da pontuação de relações para todos os departamentos no *layout* dividido pela soma de todas as relações esperadas de todos os departamentos. O *layout* com maior ER será a melhor opção. A Tabela 10 mostra o ER de cada alternativa, sendo o SLP-3 o *layout* que possui melhor eficiência.

Tabela 10 - Cálculo do ER para cada alternativa

Fonte: [53]

No.	Alternativa	Cálculo	ER
1	SLP-1	187/230	81,30 %
2	SLP-2	192/230	83,47 %
3	SLP-3	208/230	90,43 %
4	SLP-4	174/230	75,67 %
5	GBT-1	158/230	68,69 %
6	GBT-2	188/230	81,74 %

2.6.2 Segundo Exemplo

Este estudo [54] foi realizado em uma instalação de montagem de motor de cortador de grama, com o objetivo de descrever um procedimento para incorporar o espaço aéreo do *layout* através de algoritmos, usando uma abordagem de fluxo de materiais modificado e o SLP como meio de desenvolver uma metodologia de solução. O procedimento combinado com SLP e MMF (*Modified Material Flow*) gera duas soluções de melhoria do *layout*. A primeira solução é baseada em dados reais de fluxo de material, e a segunda em dados reais de fluxo de material ajustado por um fator que considera a utilização do espaço aéreo e custos associados ao manuseio de materiais.

A Figura 22 demonstra o *layout* atual da instalação, assim como o diagrama de fluxo de material. As setas quebradas e sólidas indicam o fluxo de material no alto e no chão, respectivamente.

As cargas de unidade ajustadas são calculadas para o fluxo entre um número de departamentos onde os manipuladores de materiais suspensos são implantados. A Tabela 11 mostra uma lista desses departamentos, bem como os valores globais do MMF. Ao determinar os dados de custo para os manipuladores de materiais aéreos e empilhadoras, vários fatores são levados em consideração, incluindo o consumo de eletricidade, a manutenção e os custos de mão-de-obra.

A distância entre os departamentos é determinada da seguinte maneira: a distância percorrida ao longo dos corredores para os manipuladores de material do piso e o comprimento real dos mon trilhos para os movimentos do material suspenso.

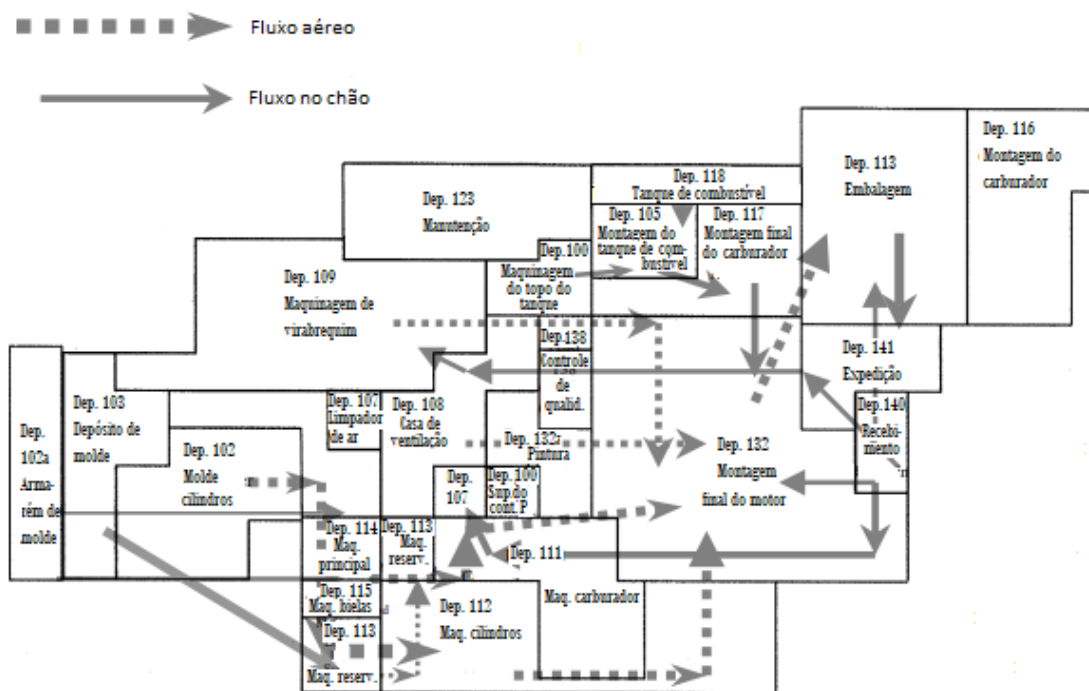


Figura 22 - *Layout* existente e diagrama de fluxo de material
Fonte: Adaptado [54]

Tabela 11 - Dados do fluxo de material aéreo
 Fonte: Adaptado [54]

De	Para	N	$MMF_{global}(ij)$
Molde do cilindro	Maq. de cilindro	12.800	149
Casa de ventilação	Montagem do motor	12.800	17
Maq. de virabrequim	Montagem do motor	12.800	29
Maq. de cilindros	Montagem do motor	12.800	202
Maq. de reservatório	Montagem do motor	12.800	9
Maq. principal	Montagem do motor	12.800	126
Montagem do motor	Embalagem	12.800	223

Nota: N, Número de partes movidas por dia

Os dados de fluxo numérico são usados para a realização do SLP, com base na classificação de proximidade, um *layout* espacial é desenvolvido indicando a localização relativa de departamentos. A Figura 23 e Figura 24 mostram dois *layouts* alternativos desenvolvidos pelo método SLP: com e sem ajuste de fluxo.

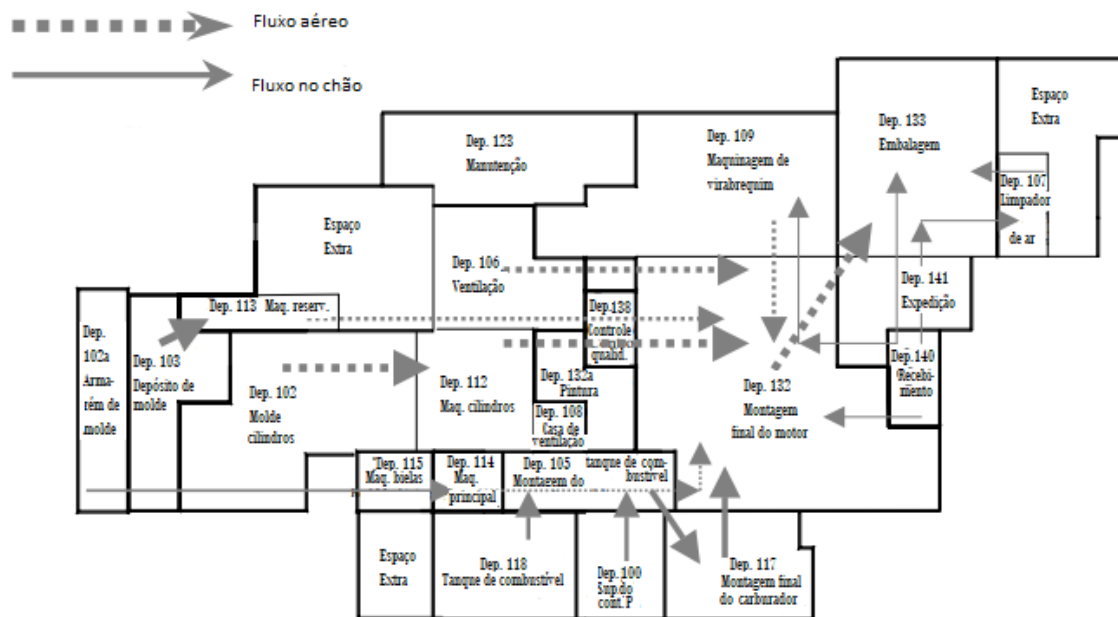


Figura 23 - *Layout* melhorado sem ajuste de fluxo
 Fonte: Adaptado [54]

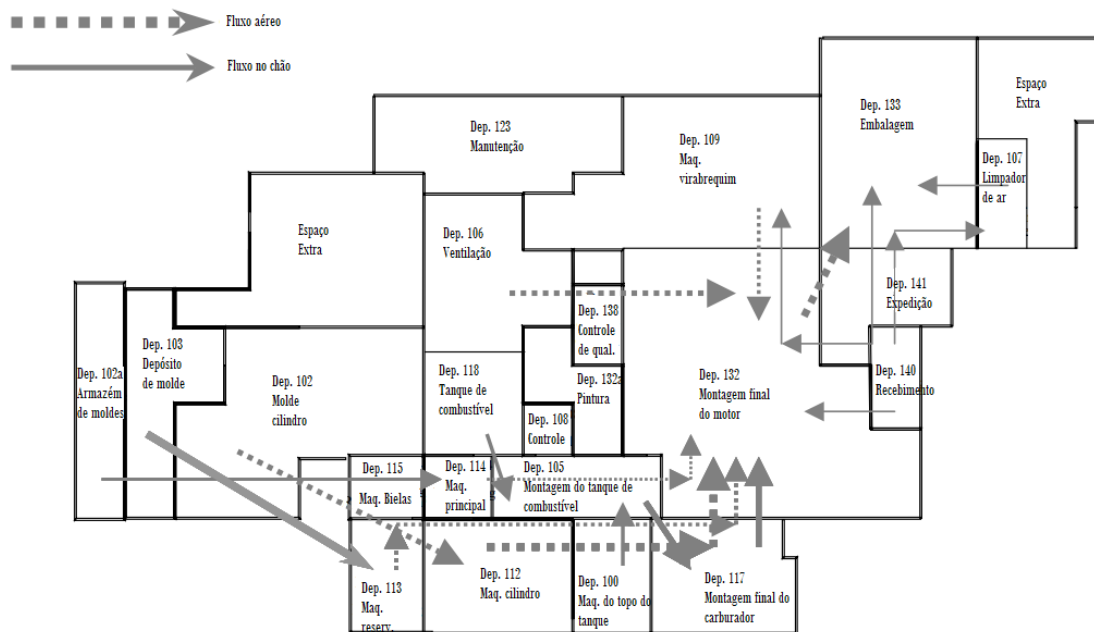


Figura 24 - Layout melhorado utilizando ajuste de fluxo de material
Fonte: Adaptado [54]

Em seguida, o *layout* original e as duas alternativas são comparados usando o Custo Operacional Total (COT) do equipamento de manuseio de materiais aéreo e do chão. O COT para cada um dos três *layouts* é:

- COT para *layout* existente: \$ 3096;
- COT para *layout* com ajuste de fluxo: \$ 2450;
- COT para *layout* sem ajuste de fluxo: \$ 2633.

(Todos os cálculos podem ser vistos no estudo original).

O *layout* com ajuste de fluxo supera tanto o *layout* existente como o sem ajuste de fluxo. Além disso, o *layout* sem ajuste de fluxo tem duas desvantagens associadas: evita a utilização do espaço aéreo devido as distâncias curtas entre departamentos e há custos extras devido a deslocação de equipamentos.

Com a análise das duas soluções, o *layout* com ajuste de fluxo demonstrou ser a solução mais econômica. Como visto, um *layout* prático e econômico nem sempre é tão simples quanto encontrar um *layout* com distâncias mínimas ou custos baixos de manuseio de materiais. Este estudo de caso mostra a importância de otimizar o uso de espaço, o espaço aéreo deve ser considerado como parte de qualquer metodologia para projetar um bom *layout*.

2.6.3 Terceiro Exemplo

Neste artigo [55], é apresentada uma nova metodologia de otimização de *layout* preliminar de instalações de formato retangular de área desigual, incluindo as normas de segurança. Esse método adota uma formulação de algoritmo genético e é especificamente adaptada para gerar *layouts* de processos. Baseia-se na minimização

do custo anual total explicitamente, incluindo o custo do terreno, investimento e despesas operacionais da rede de tubagem que conecta as unidades de processo e os custos de segurança relacionados à perda potencial de acidentes em unidades de processo.

A adoção de um algoritmo genético permite considerar qualquer grau de complexidade na definição da função objetivo e na estimativa do risco de segurança, o que geralmente é evitado em abordagens mais tradicionais de programação matemática. Isso permite uma solução mais realista do problema de otimização de *layout*.

O Algoritmo Genético (AG) já foi aplicado com grande sucesso a processar problemas de *layout* de fábricas, onde provou superar largamente as outras heurísticas disponíveis. É um método de busca global estocástico que imita o processo de evolução biológica natural. O método encontra-se detalhadamente explicado no artigo original, mas de uma forma simples pode ser explicado da seguinte forma: para utilizar este método é necessário saber o tamanho das unidades de processo, tanto em comprimento como em largura, as probabilidades de acidente de cada unidade de processo, o valor de dano à propriedade em cada uma delas, o tipo e quantidade de *stock* de material perigoso também são necessários para calcular os efeitos dos acidentes em cada unidade de processo. Depois de obtidos estes e outros dados são computados em várias iterações de forma a atingir o valor mínimo da função objetivo, custo anual total, que será o *layout* ideal.

Um conjunto de simulações mostra o progresso do algoritmo à medida que este é executado. Como é possível verificar na Figura 25, a redução de custos do terreno foi obtida através da redução progressiva da distância entre as unidades de processo e a recombinação das posições das unidades para evitar um aumento excessivo do custo esperado do acidente.

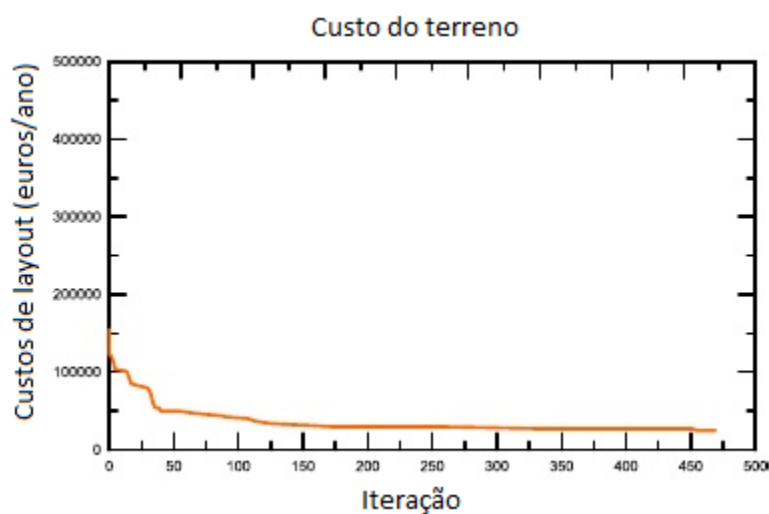


Figura 25 - Custo do terreno
Fonte: Adaptado [55]

Os custos em caso de acidente e as despesas operacionais da rede de tubagem foram também reduzidos, isto pode ser confirmado em gráficos presentes no estudo original. Conclui-se assim que a adoção deste algoritmo genético permite considerar qualquer grau de complexidade na definição da função objetivo e na estimativa do risco de segurança, o que geralmente é evitado em abordagens mais tradicionais de programação matemática. Este é um algoritmo capaz de reduzir significativamente o custo do *layout*, e ao mesmo tempo tem em conta o papel importante da perda esperada.

2.6.4 Quarto Exemplo

Neste exemplo [56], de maneira a reduzir o custo de fabricação e aumentar a produtividade, optou-se por melhorar o *layout* original da fábrica. Para isso, utilizou-se o gráfico do processo de operação, o fluxo de material e o gráfico de relações na análise do *layout*. Utilizou-se o método SLP de forma a planear a relação entre os equipamentos e a área disponível.

A estrutura do SLP é mostrada na Figura 26, entrando com os dados de produto, quantidade, rota, suporte, tempo e atividades e adicionando as relações entre fluxo de material e das atividades obtém-se o diagrama de relações, a base do SLP. Através deste diagrama, e tendo em conta o espaço disponível e os requisitos de espaço, chega-se ao diagrama de relações de espaço, com o qual se consegue chegar a alternativas de *layout* viáveis, isto juntando as limitações práticas e modificando as restrições de acordo com este *layout* alternativo. Por fim é feita uma avaliação a cada um dos *layouts* obtidos, de forma a ser selecionado o mais eficiente.

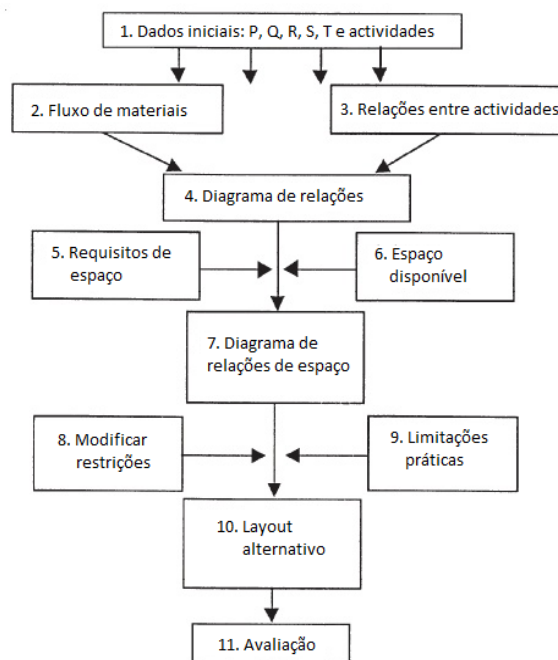


Figura 26 - Estrutura do SLP
Fonte: Adaptado [56]

Alguns problemas foram identificados logo à partida como por exemplo: as matérias primas eram transportadas por uma distância demasiado longa, o que implicava desperdício de tempo e energia, resultado num custo elevado. A área da planta não era utilizada em todo o seu potencial, isto devia-se a máquinas velhas e sobras de materiais que ocupavam espaço de trabalho.

Feito um estudo do processo de fabrico, constatou-se que a longa distância de movimentação de matérias-primas podia ser reduzida e o problema da área da planta inútil também podia ser solucionado com a aplicação do método SLP, de modo a tornar o fluxo de trabalho contínuo.

Aplicando então o SLP obteve-se um *layout* melhorado, no sentido em que melhorou fluxo de trabalho e reduziu as distâncias a percorrer entre processos em 50 m. Tanto o novo *layout* como original podem ser vistos no estudo original.

DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

3.3 RESULTADOS OBTIDOS

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

O presente trabalho foi realizado na empresa SERVENTAR que faz parte do setor metalomecânico, produzindo peças para ventilação e ar condicionado. A empresa está no mercado desde 1995, estando localizada na cidade de Maia, no Distrito do Porto, em Portugal.

Atualmente, a empresa conta com 20 colaboradores (entre chão de fábrica e gerência), sua produção empurrada contém uma gama de produtos com 49 tipos (tubos, turbinas, condutas calandradas, abraçadeiras, sapatas, plenos, entre outros, podendo ser em chapas galvanizadas ou chapas em aço inox). Porém, pode optar por produção puxada e fabricar produtos de acordo com a necessidade do cliente.

A fábrica possui 85 equipamentos, entre máquinas e bancadas de apoio (a Tabela 12 descreve todos os itens e suas funções) disponíveis para utilização, embora algumas se tornem ociosas no inverno, quando a demanda/procura e produção são mais baixas. Contudo, tornam-se necessárias durante o verão, quando há maior demanda/procura.

O público-alvo da empresa são indústrias de todos os portes e setores, já que sistemas de ventilação e ar condicionado podem ser instalados em diferentes organizações. Os clientes da SERVENTAR são empresas que desejam obter produtos visando o benefício de custo/qualidade.

Tabela 12 - Tipo de máquinas e suas funções
Fonte Própria

Quantidade de Máquinas	Tipo de Máquinas	Função
7	Fieiras	Criar rebordo (Rebordar em Z e L), abrir canal, unir partes do tubo.
4	Rebordadoras	Criar rebordo (Rebordar em Z e L), abrir canal, unir partes do tubo.
3	Máquinas de solda por pontos MIG	Soldar as chapas calandradas, transformando-as em partes do tubo.
7	Calandras	Curvar a chapa (a curvatura depende do tamanho do diâmetro que se deseja).

Continuação da Tabela 12

2	Máquinas de fechar condutas	Fechar condutas. Sendo uma para fechar condutas de até 1,5m.
2	Puncionadoras	Furar chapas por arrombamento.
1	Máquina de coser por fio	Soldar duas chapas através de um fio de cobre.
1	Plasma CNC	Cortar chapas.
6	Bancadas de soldadura	Suporte para soldar.
7	Bancadas de apoio	Suporte para materiais necessários para o trabalho.
1	Viradora	Dobrar chapa.
2	Quinadoras	Quinar chapa.
2	Guilhotinas	Cortar chapa em linha reta.
7	Máquinas de soldadura	Soldar.
1	Robô de soldadura MIG	Soldar.
1	Máquina hidráulica para fazer curvas	Fazer curvas L e Z.
2	Máquinas para fechar curvas	Fechar curvas para unir chapas.
1	Furadora	Furar.
1	Máquina de cortar cantos	Cortar em cantos.
1	Desenroladeira	Desenrolar a chapa e cortar o tamanho desejado.
2	Prensas	Prensar.
1	Balancé	Estampar.
1	Perfiladora	Produzir perfis retangulares e quadrados.
2	Retificadoras	Melhorar acabamento superficial.
1	Máquina de equilibrar CNC	
2	Serrotes	Serrar chapas e peças.
1	Lixadeira	Lixar peças.
4	Tornos	Tornear peças.
3	Fresadoras	Moldar metais sólidos.

Continuação da Tabela 12

1	Máquina de abrir rosca	Abrir roscas.
1	Escateladora	Abrir escatel.
2	Esmeris	Lixar e polir.
1	Máquina de soldadura TIG	Soldar chapas.
1	Máquina de cravar curvas	
1	Suporte de rolo de chapa	Suportar um rolo de chapas metálicas.

A lista de máquinas pode ser encontrada no ANEXO 1.

3.1.1 Layout

O *layout* atual da empresa não apresenta uma característica específica, pois os postos de trabalho estão dispostos de acordo com a percepção do proprietário, relativamente ao que seria a melhor opção. A Figura 27 e a Figura 28 demonstram o atual arranjo físico da fábrica.



- 1- Plasma e Guilhotina (Cortar chapas)
- 2- Calandras (Calandrar chapas)
- 3- Fieiras (Laminar, unir partes de tubo, criar rebordo, abrir canal)
- 4- Soldadura (Soldar por pontos)
- 5- Rebordadeiras (Criar rebordo)
- 6- Bancadas de apoio (Rebarbagem, unir partes de tubo manualmente, pintura)
- 7- Máquinas de fechar condutas
- 8- Produtos acabados

Figura 27 - Chão de fábrica (Parte 1)
Fonte Própria



9- Bancadas e Robô de soldadura (Soldar MIG)

10- Quinadora CNC (Quinar chapas)

11- Máquinas paradas

Figura 28 - Chão de Fábrica (Parte 2)

Fonte Própria

De acordo com as imagens, é possível visualizar máquinas que realizam a mesma operação ou semelhante e estão separadas, produtos acabados que não foram levados para armazém e máquinas que não são utilizadas, tornando o espaço destinado para a fabricação em um ambiente ineficiente e superlotado.

3.1.2 Fluxograma de fabricação

Os produtos fabricados são diversos, desde tubos calandrados a turbinas para ventiladores, sendo mais complexo criar um único fluxograma de produção. Com isso, optou-se pela análise dos principais produtos, ou seja, aqueles que são mais vendidos. A partir disso, foram criadas famílias de produtos, sendo a Subfamília A1 destinada a produtos circulares, tais como: Conduitas Circulares Soldadas, Conduitas Circulares Agrafadas, Curvas Soldadas, Golas e Uniões. A Figura 29 demonstra a produção geral da Subfamília A1.

Fluxograma de Produção da Subfamília A1

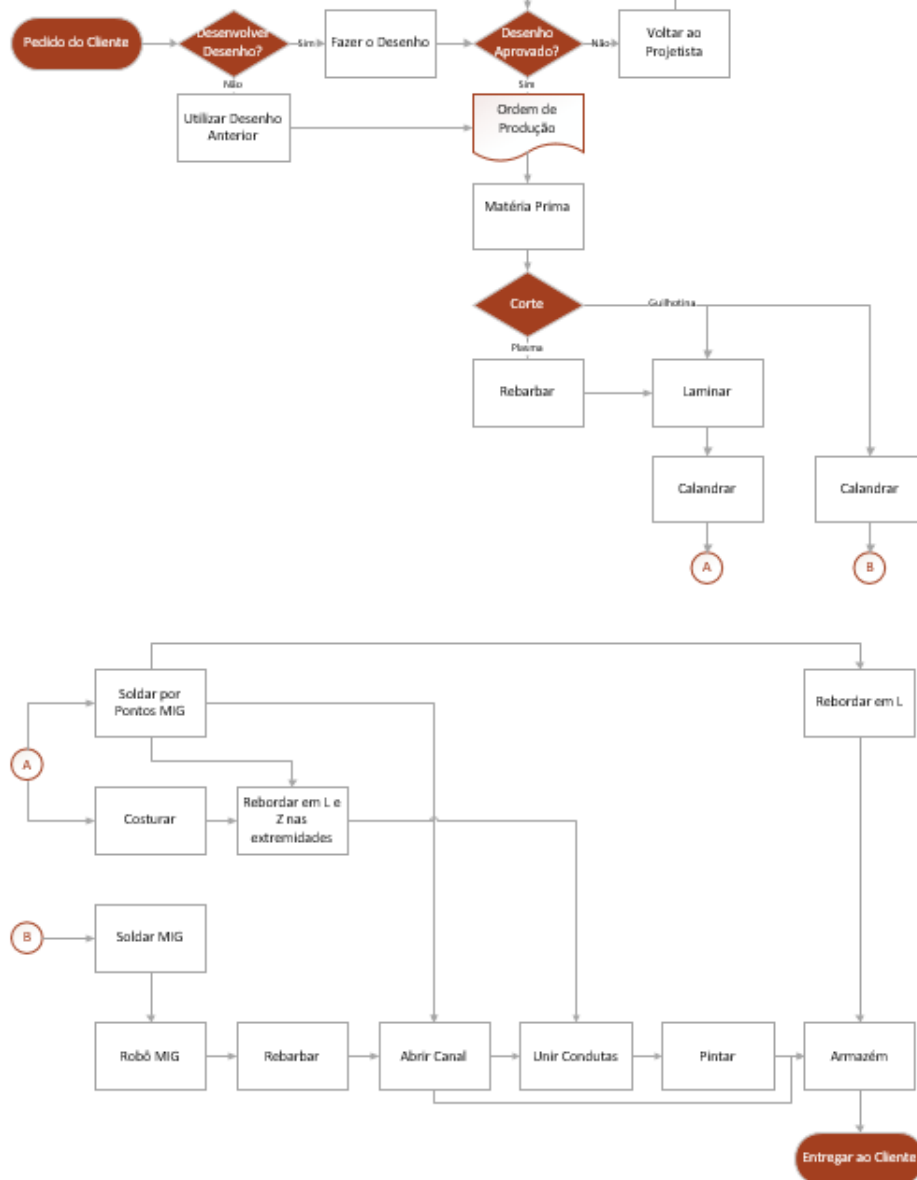


Figura 29 - Fluxograma de produção da Subfamília A1
Fonte Própria

Alguns desses produtos são compostos por duas ou mais partes, e certos componentes não precisam passar pela calandra, como é o caso do Tampo, Registro, Transformação Soldada, Redução Soldada, Forquilha “Y” Soldada e Tê, criando assim a Subfamília A2, sendo que o seu fluxograma geral de produção é demonstrado na Figura 30.

Fluxograma de Produção da Subfamília A2

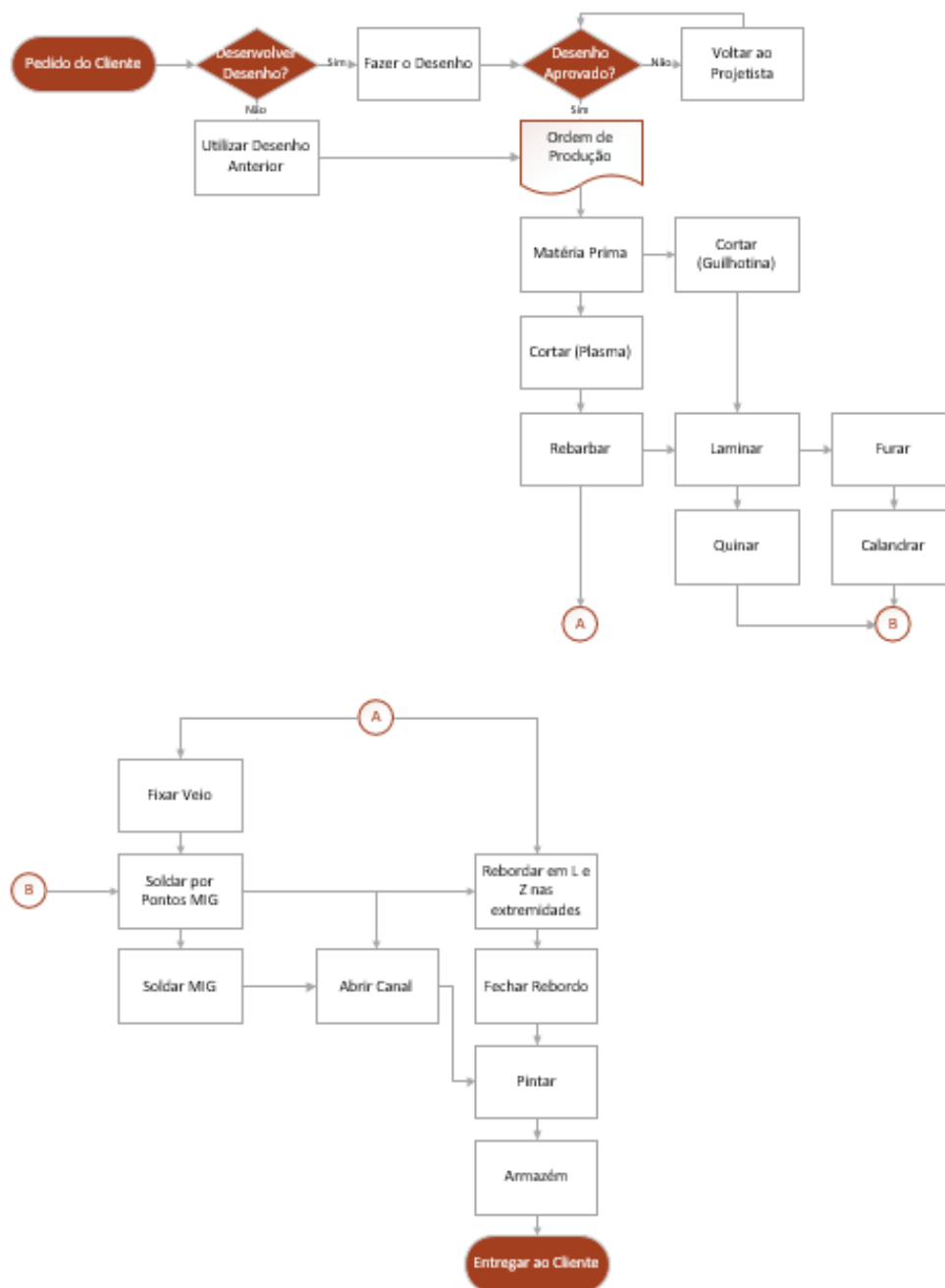


Figura 30 - Fluxograma de produção da Subfamília A2
Fonte Própria

Outra família escolhida foi a dos produtos que pertencem à classe dos quinados, como Sapatas para Grelhas, Plenos Retangulares e Conduto Retangular, sendo esses denominados de Família B. O fluxograma de produção da Família B é apresentado a seguir na Figura 31.

Fluxograma de Produção da Família B

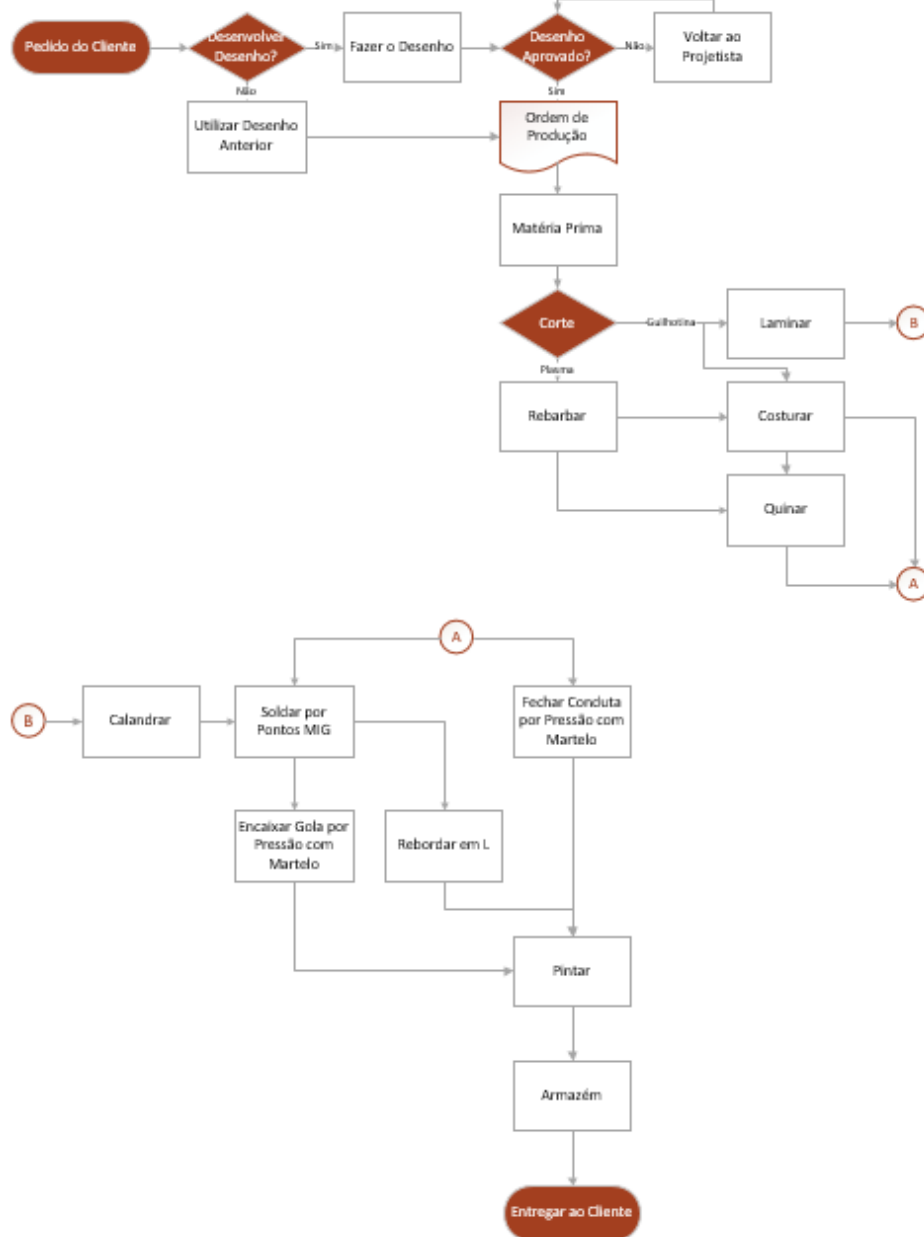


Figura 31 - Fluxograma de produção Família B
Fonte Própria

Os fluxogramas individuais de cada produto está disposto no ANEXO 2.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Após 23 anos de funcionamento, a empresa se encontra estagnada. Apesar da mudança para um espaço mais amplo, a falta de um *layout* definido continua sendo um grande problema para o crescimento desejado. O *layout* atual (ANEXO 1) não condiz com a real necessidade da fábrica. Produtos acabados são colocados entre máquinas, dificultando a passagem entre elas, assim como os restos de materiais deixados pela produção.

Sabe-se ainda que a empresa não dispõe de um *software* de gestão, tornando-se difícil ter o controlo adequado de toda a produção, dos custos ou do inventário que possui. Uma parte do inventário final é deixado no piso superior, sem qualquer gerenciamento, sendo necessário que um colaborador verifique se há no inventário o produto requisitado, utilizando assim tempo do colaborador, que poderia estar produzindo, e aumentando o tempo de espera do cliente.

A quantidade de máquinas com as mesmas funções é superior à demanda/procura que a fábrica detém e a quantidade de trabalhadores responsável por elas, apesar de serem utilizadas esporadicamente, não justificam a sua aquisição.

Com a acumulação das máquinas, os espaços que seriam destinados a outras funções são ocupados por peças em curso de fabrico (Figura 32) ou restos da produção, (Figura 33), concentrando assim grandes camadas de poeira, o que se reflete diretamente no desempenho das tarefas.



Figura 32—Produtos em curso de fabrico
Fonte Própria



Figura 33 - Restos da produção
Fonte Própria

De acordo com as normas previstas na Lei nº 102/2009 de 10 de setembro citada anteriormente, a atual situação da fábrica se encontra detalhada na Tabela 13, demonstrando se está ou não conforme a normativa.

Tabela 13 - Normas de segurança e higiene do trabalho aplicadas à empresa

Capítulo II – Instalações dos estabelecimentos industriais		
Secção I – Edifícios e outras construções		
Artigo	Respeito a:	Situação atual
8º	Pé-direito, superfície e cubagem dos locais de trabalho	Tem uma superfície com 2m ² por trabalhador, deduzindo os espaços ocupados por máquinas, corredores e distanciamento entre máquinas.
10º	Vias de passagem e saídas	As vias não possuem demarcação e há diversos caminhos alternativos. Com isso, a largura não está definida. Nos locais de trabalho, a distância entre as máquinas são indefinidas.
13º	Comunicações verticais	As escadas instaladas estão de acordo com a norma, possuindo 1 m de largura.
14º	Qualidade dos pavimentos	Há grande quantidade de material em espaços destinados a corredores, dificultando a movimentação.
23º	Pureza do ar	Não há equipamentos de captação de poeiras.
27º	Medidas de prevenção e protecção	Nenhum trabalhador utiliza protetores auriculares.
Capítulo V – Instalações, aparelhos e utensílios vários		
Secção VI – Instalações e operações de soldura e corte		
95º	Locais de trabalho	Não há equipamentos de aspiração de fumos e gases.
Capítulo VIII – Protecção da saúde dos trabalhadores		
Secção I – Medidas de higiene		
135º	Limpeza dos locais de trabalho	As oficinas, postos de trabalho, locais de passagem e todos os outros locais de serviço, não estão em boas condições de higiene. Janelas no refeitório se encontram quebradas. A limpeza é efectuada durante o horário de funcionamento e sem ser por aspiração.
138º	Caixas de primeiros socorros	Há uma caixa de primeiros socorros, porém, encontra-se na administração e não em um local de fácil localização.

Continuação da Tabela 13

Secção II – Instalações sanitárias, de vestiário e refeitórios		
139º	Instalações sanitárias	Os equipamentos das instalações sanitárias não tem bancos, não dispõe de água quente e não é limpo.
140º	Instalações de vestiário	Objetos pessoais podem ser encontrados em locais inadequados e os vestiários não são muito higiénicos.
141º	Refeitórios	O local de refeitório não possui higiene adequada e faz ligação com as instalações sanitárias. Não existem lugares suficientes para todos os trabalhadores, visto que apenas alguns almoçam no local de trabalho.
Capítulo IX – Equipamento de protecção individual		
142º	Disposições gerais	Há alguns EPI's, como óculos, calçado adequado e luvas, porém nem todos utilizam e não tem inspeção. Os EPI's não têm revisões e higienização periódica.
145º	Protecção da face e dos olhos	Os trabalhadores possuem protetores para os olhos, mas poucos utilizam regularmente. Não há nenhuma inspeção para verificar a qualidade ou limpeza dos óculos e viseiras.
146º	Protecção do ouvido	Não utilizam protetores auriculares.

3.3 RESULTADOS OBTIDOS

3.3.1 Propostas de *Layout*

Foram desenvolvidos dois exemplos de melhoria de *layout*, sendo o primeiro o ideal (sem as máquinas paradas e com deslocação de cabos elétricos) e o segundo trata-se do mais adequado (com a quantidade de máquinas dispostas atualmente e sem deslocação de alguns equipamentos). Os resultados de melhoria foram obtidos através do Diagrama de *Spaghetti*, onde é possível quantificar a distância percorrida para a produção de cada produto.

Para o desenvolvimento do Diagrama de *Spaghetti*, optou-se pela parte da fábrica (Figura 34) onde os principais produtos são produzidos, o restante da fábrica é usado para fabricar peças por encomenda e reparações de equipamentos que não estão disponíveis no catálogo de vendas.

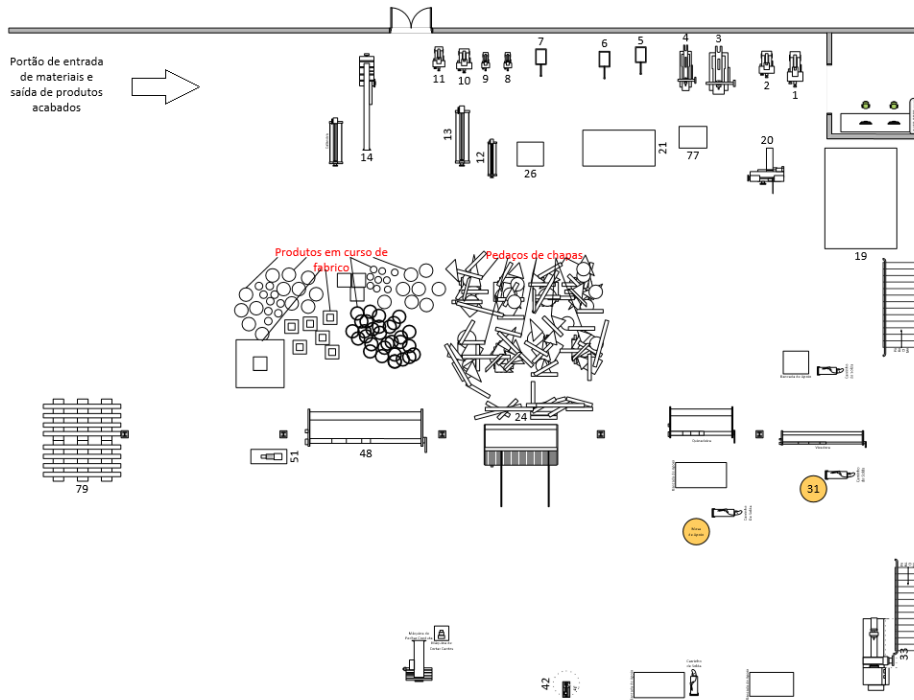


Figura 34 - Parte da fábrica escolhida para análise (1:100)
Fonte Própria

O Diagrama de *Spaghetti* realizado no *layout* atual da fábrica pode ser visto na Figura 35. Como se nota, a maior movimentação está entre algumas fieiras (2, 8 e 20) e calandras (12 e 13), sendo também possível ver a grande distância do armazém de chapas (79) até as máquinas de corte (19 e 24).

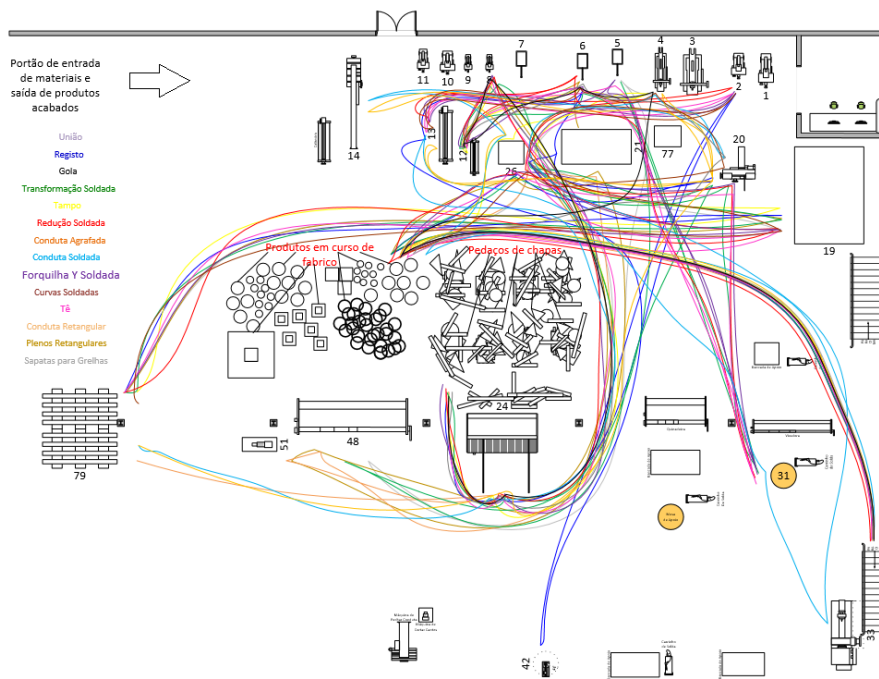


Figura 35 - Diagrama de *Spaghetti* no *layout* atual (1:100)
Fonte Própria

As distâncias totais que são percorridas para a fabricação das famílias de produtos podem ser vistas na Tabela 14. O Gráfico 1 mostra visualmente a diferença das distâncias percorridas por cada família. As distâncias percorridas por cada produto podem ser encontradas no ANEXO 4. Todas as medidas foram retiradas a partir do Diagrama de *Spaghetti* realizado através do *Software Visio* disposto no ANEXO 3.

Tabela 14 - Distância percorrida para a fabricação dos produtos no *layout* atual

Família	Distância Média (m)
Subfamília A1	117,3
Subfamília A2	196,5
Família B	134,8
Média de todos os produtos	149,53

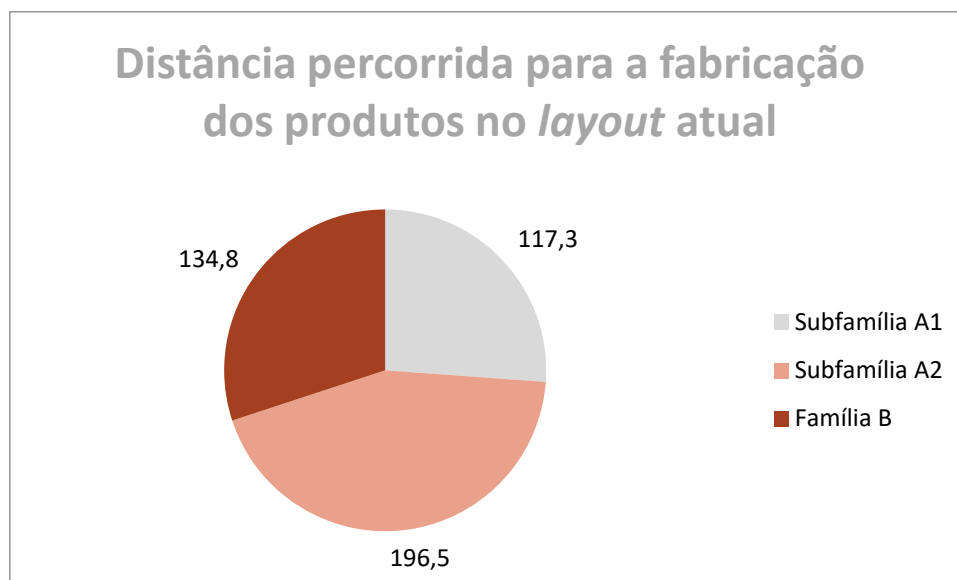


Gráfico 1 - Distâncias percorridas por cada família no *layout* atual
Fonte Própria

Conforme as distâncias de cada família, a Subfamília A2 apresenta a maior média de distâncias, com quase 200 m percorridos. Isso deve-se ao facto de a produção dos artigos dessa família necessitar que o operador se desloque para máquinas que se encontram muito afastadas entre elas, como por exemplo a matéria-prima (79) para o plasma (19), sendo igual a 31,6 m, da guilhotina (24) para a fieira (8) sendo igual a 24,6 m, da furadora (42) para a calandra (13) com 28,1 m e da bancada de apoio (26) para o armazém final, com uma distância de 34,1 m.

A partir desses dados levantados, foi possível identificar quais as máquinas que deveriam ser colocadas mais próximas, ajudando posteriormente na realização de *layouts* melhorados.

3.3.1.1 Primeiro Layout: Layout Ideal

O primeiro *layout* (Figura 36) foi desenvolvido segundo as regras de segurança no trabalho. As linhas amarelas representam os corredores que devem ser marcados e as vermelhas o que seria necessário retirar para que esteja conforme as normas. A distância entre máquinas também está conforme as especificações.

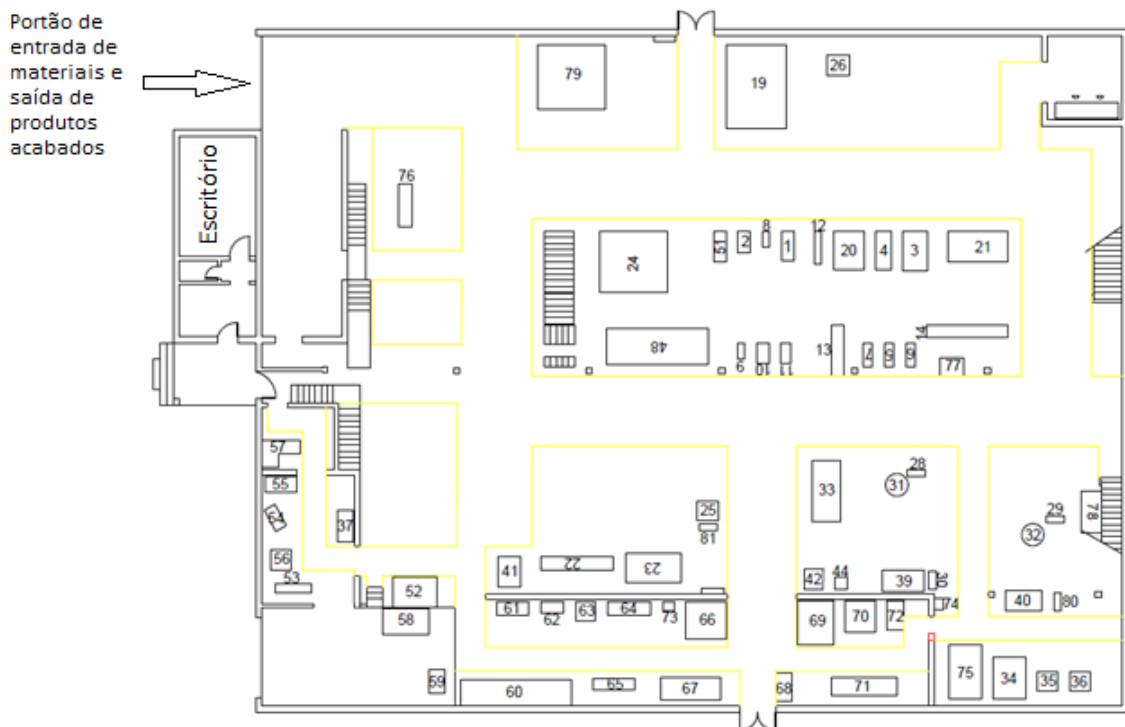


Figura 36 - *Layout* Ideal (1:100)
Fonte Própria

Neste *layout*, as máquinas paradas ou avariadas foram retiradas, para que se tenha mais espaço, permitindo a melhor alocação das máquinas necessárias. De referir que as máquinas paradas ou avariadas, não afeta o normal cumprimento dos *lead-times* relativos aos produtos normalmente fabricados. O tipo de *layout* escolhido foi o por processo, pois as máquinas semelhantes foram agrupadas, porém as máquinas de corte foram posicionadas de maneira que tenha uma distância mínima possível do local onde se encontra a matéria-prima.

Como referido anteriormente, o Diagrama de *Spaghetti* foi feito apenas na parte de interesse desse estudo e pode ser visto na Figura 37. Todos os diagramas podem ser conferidos no ANEXO 5.

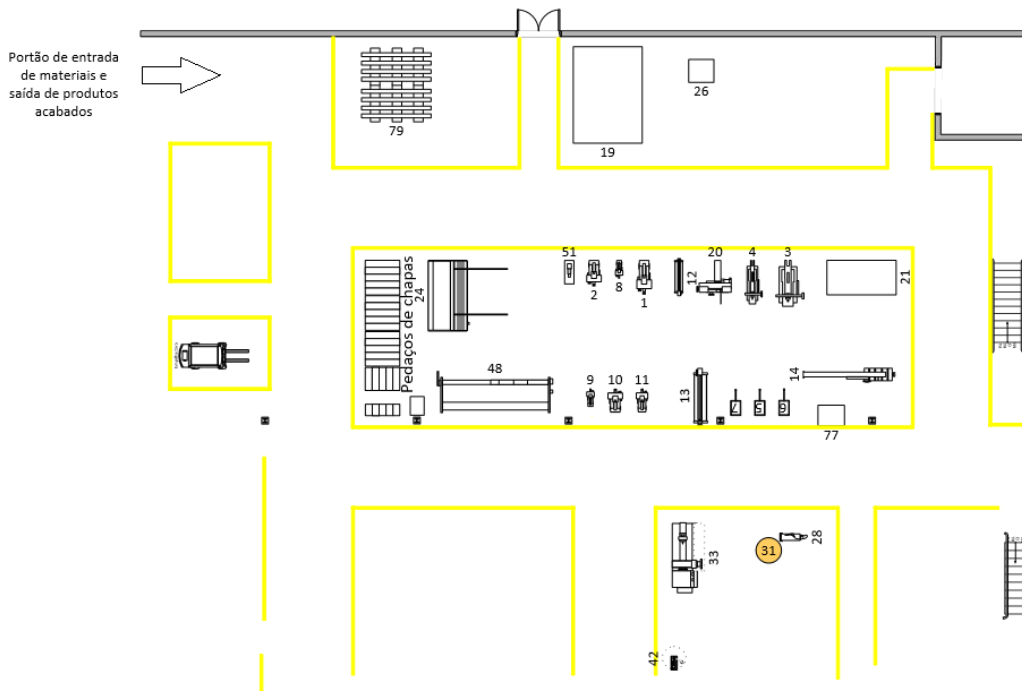


Figura 37 - Parte do *layout* ideal para análise (1:100)
Fonte Própria

No Diagrama de *Spaghetti* do *layout* ideal (Figura 38) é possível visualizar uma melhoria significativa quando comparado ao *layout* atual. As linhas parecem muito mais limpas e com menores distâncias. A mudança do local onde é armazenada a chapa (79) para perto das máquinas de corte (19 e 24) foi essencial para a diminuição da distância percorrida, assim como a realocação das máquinas para o meio da fábrica.

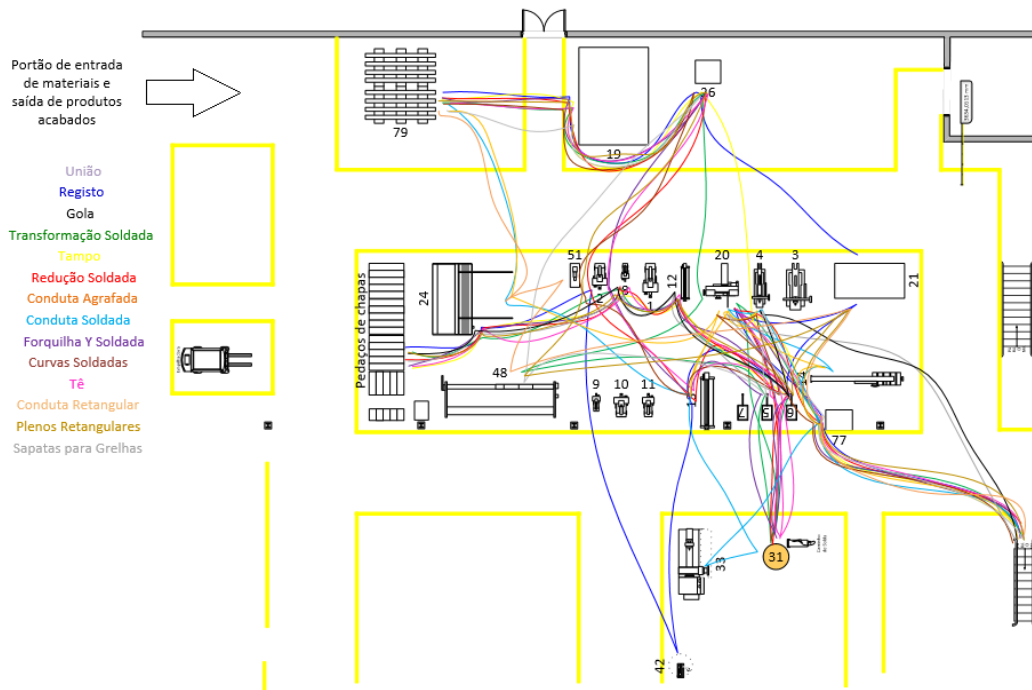


Figura 38 - Diagrama de *Spaghetti* do *layout* ideal (1:100)
Fonte Própria

Para quantificar as distâncias, utilizou-se os mesmos métodos do *layout* atual. A Tabela 15 mostra que houve uma diminuição de mais de 50% em todas as famílias, e que a Subfamília A1 se destaca com mais de 60% de eficiência, podendo ser alvo de grande mudança. Houve uma melhoria clara na distância média percorrida para a fabricação de todos os produtos, sendo esta de 56,9% em relação à média do *layout* atual. O Gráfico 2 compara as distâncias percorridas entre o *layout* atual e o ideal. Todas as distâncias estão dispostas no ANEXO 6.

Tabela 15 - Distância percorrida para a fabricação dos produtos no *layout* ideal

Famílias	Distância Média (m)	Diminuição da distância em comparação com o <i>layout</i> atual (%)
Subfamília A1	42,9	63,4
Subfamília A2	85,9	56,3
Família B	64,5	52,1
Média de todos os produtos	64,43	56,9

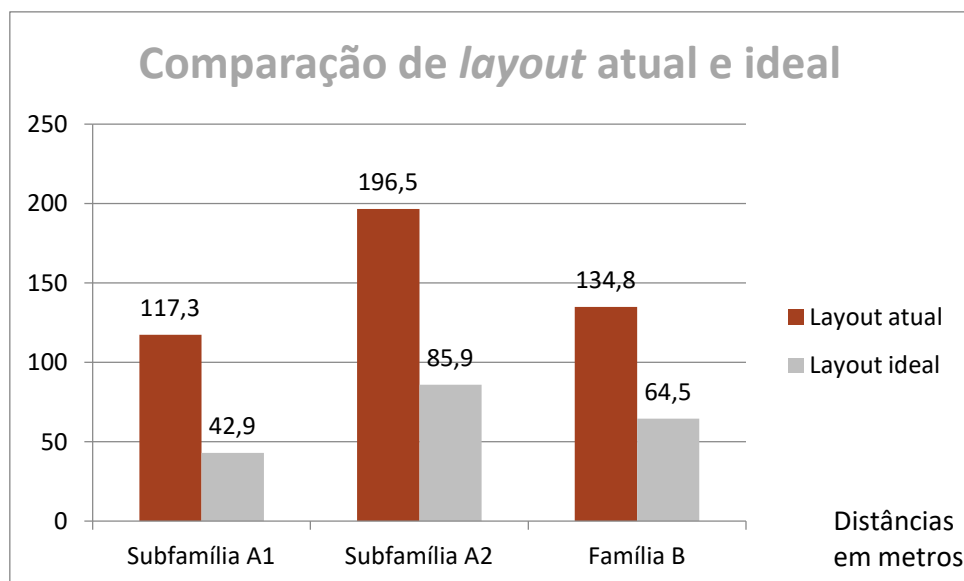


Gráfico 2 - Comparação da distância entre os *layouts* atual e o ideal
Fonte Própria

3.3.1.2 Segundo *Layout*: *Layout Sugerido*

O *layout* sugerido (Figura 39) foi realizado levando em consideração todas as máquinas existentes e sua atual situação. Por exemplo, as máquinas paradas ou avariadas foram deixadas encostadas, de forma a ocupar o menor espaço possível. Também foi considerado deixar algumas máquinas em seus lugares, para que não seja necessário

mudanças de cabos elétricos ou na rede de ar comprimido, o que implicaria elevados custos.

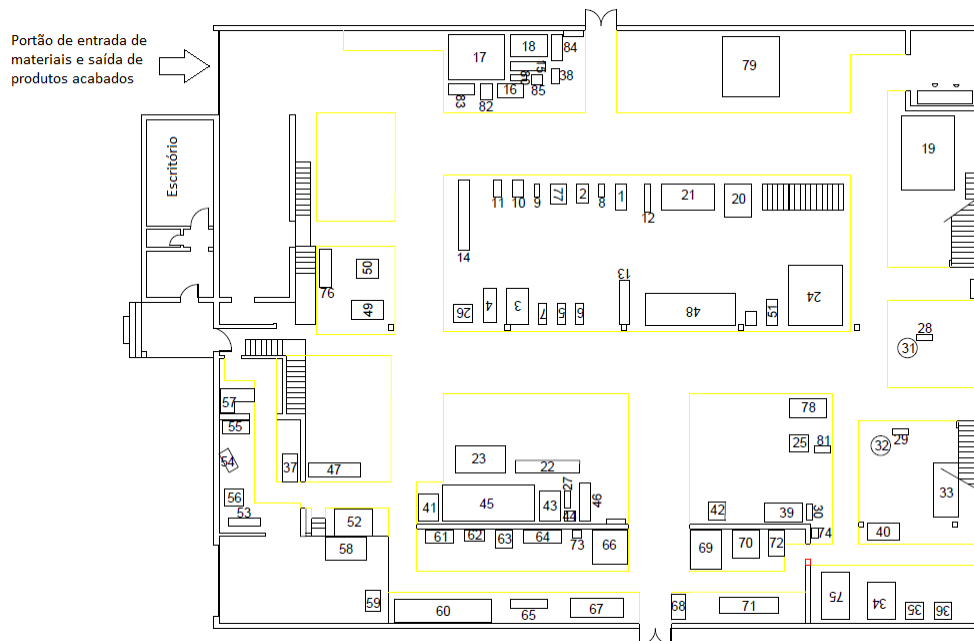


Figura 39 - *Layout Sugerido* (1:100)

Fonte Própria

O Diagrama de *Spaghetti* do *layout* sugerido pode ser visto na Figura 40, e todos os diagramas desse *layout* estão no ANEXO 7. Apesar de haver grande fluxo entre as máquinas, a distância que um colaborador irá percorrer é menor do que no *layout* atual.

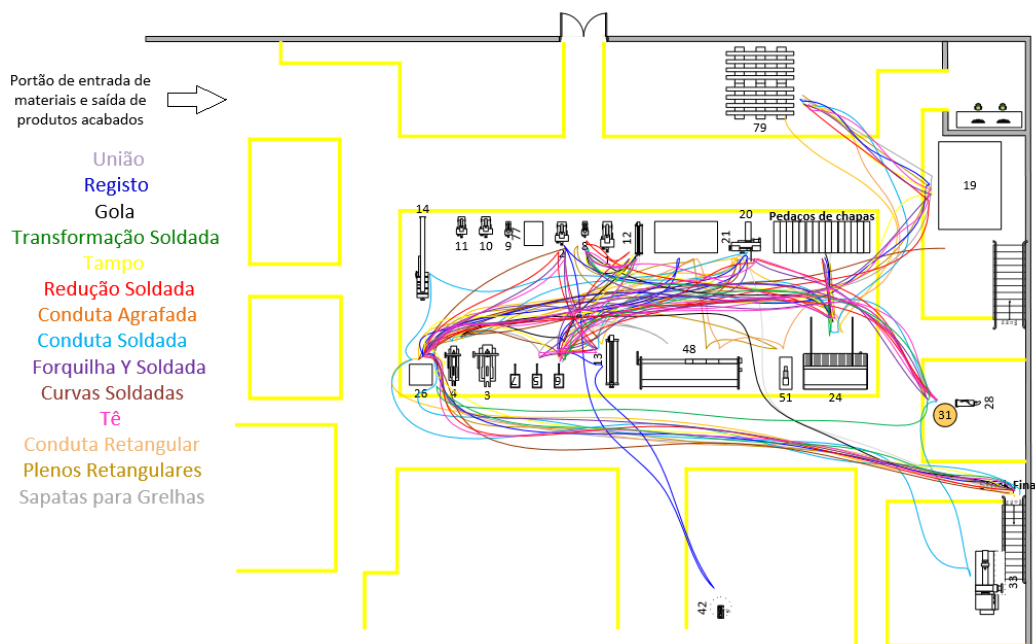


Figura 40 - Diagrama de *Spaghetti* do *Layout Sugerido*

Fonte Própria

Para demonstrar a redução de distância entre o *layout* sugerido (ANEXO 8) e o *layout* atual, também foi feita a medição entre os processos, como se pode verificar na Tabela 16. A melhoria de eficiência no *layout* sugerido foi mais de 20% no total das médias, destacando ainda a Família B, que teve 35% de melhoria em distâncias percorridas. O Gráfico 3 compara as distâncias percorridas entre os *layouts* atual e o sugerido.

Tabela 16 - Distância percorrida para a fabricação dos produtos no *layout* sugerido

Famílias	Distância Média (m)	Diminuição da distância em comparação com o <i>layout</i> atual (%)
Subfamília A1	92,0	21,6
Subfamília A2	149,6	23,9
Família B	87,6	35,0
Média de todos os produtos	109,73	26,6

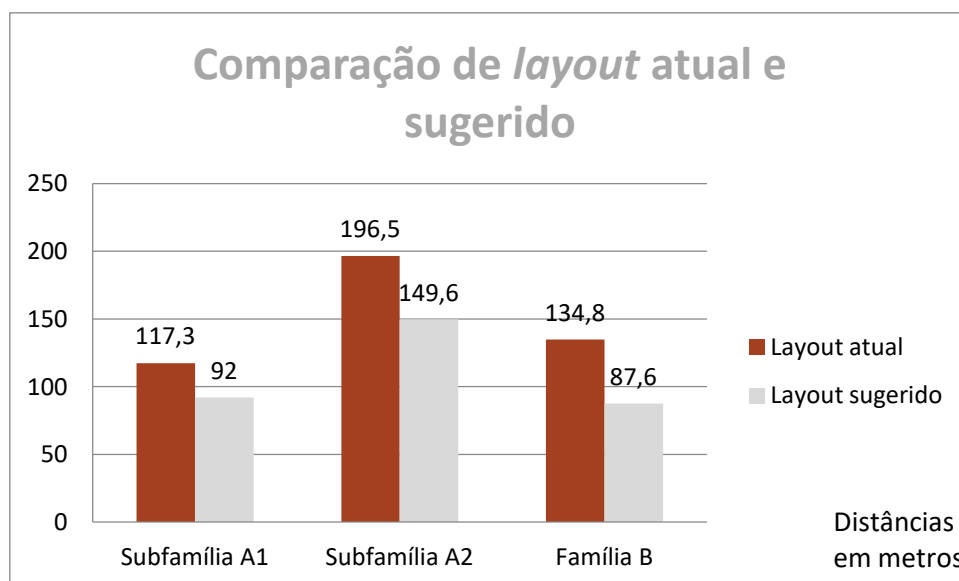


Gráfico 3 - Comparação da distância entre os *layouts* atual e o sugerido
Fonte Própria

A partir do *layout* sugerido, criou-se outro *layout* como sugestão. O *layout* sugerido 1 (Figura 41), tem uma única diferença: a bancada de apoio (26) foi removida para entre as máquinas 13 e 48, pois notou-se que alocando a bancada para o meio do *layout*, haveria diminuição das distâncias a serem percorridas.

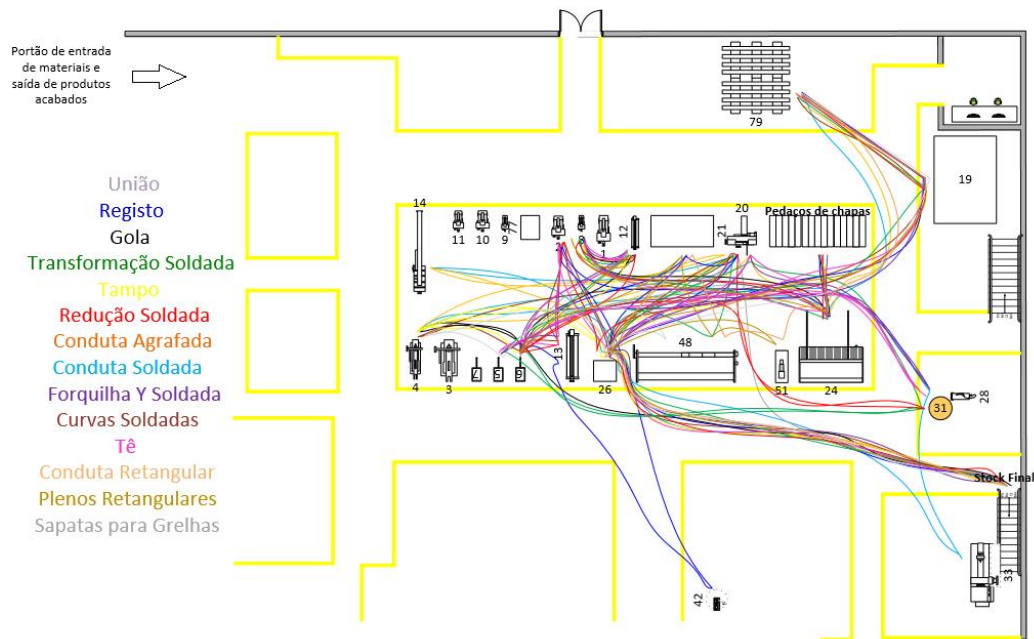


Figura 41 - Diagrama de *Spaghetti* do *Layout* Sugerido 1
Fonte Própria

Com o Diagrama de *Spaghetti* do *layout* sugerido 1 completo (o restante se encontra no ANEXO 9, é possível notar uma diferença visual quanto ao anterior (linhas menos marcadas), demonstrando que apenas uma mudança básica pode tornar um *layout* mais eficiente.

A Tabela 17 demonstra que uma única mudança pode fazer grande diferença, pois a eficiência do novo *layout* sugerido, quando comparado ao *layout* atual, foi acima de 35%. A Subfamília A1 foi a que menos melhorou, com 24,2%, porém a Família B obteve o dobro de melhoria, com 48,1%, balanceando assim os processos. O Gráfico 4 compara as distâncias percorridas entre os *layouts* atual e sugerido 1. No ANEXO 10, é possível ver todas as distâncias percorrida do *layout* sugerido 1.

Tabela 17 - Distância percorrida para a fabricação dos produtos no *layout* sugerido 1

Famílias	Distância Média (m)	Diminuição da distância em comparação com o <i>layout</i> atual (%)
Subfamília A1	88,9	24,2
Subfamília A2	128,7	34,5
Família B	69,9	48,1
Média de todos os produtos	95,83	35,9

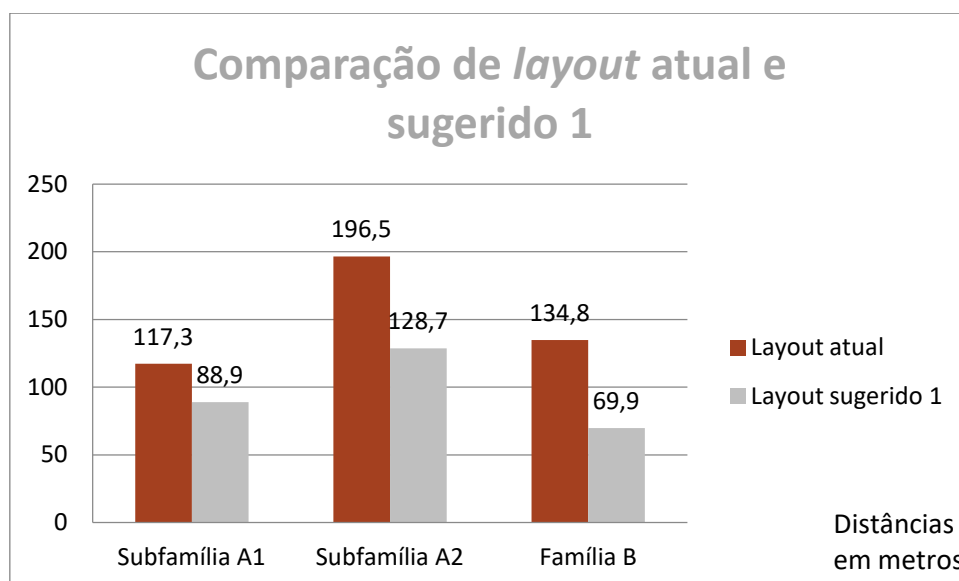


Gráfico 4 - Comparação da distância entre os *layouts* atual e o sugerido 1
Fonte Própria

Comparando agora ambos os *layouts* sugeridos na Tabela 18, conclui-se que o *layout* sugerido 1 teve-se 12% de melhoria total em relação ao *layout* sugerido. Onde essa melhoria encontra-se mais evidente é na Família B, com cerca de 20%, isso deve-se ao facto dos produtos desta família passarem mais vezes pela mesa que foi mudada de lugar no *layout* sugerido 1. O Gráfico 5 compara as distâncias percorridas entre os *layouts* sugerido e sugerido 1.

Tabela 18 - Comparação entre os *layouts* sugeridos

Famílias	Distância Média (m) <i>Layout</i> Sugerido	Distância Média (m) <i>Layout</i> Sugerido 1	Diminuição da distância em comparação entre os <i>layouts</i> sugeridos (%)
Subfamília A1	92,0	88,9	3,3
Subfamília A2	149,6	128,7	14,0
Família B	87,6	69,9	20,2
Média de todos os produtos	109,73	95,83	12,6

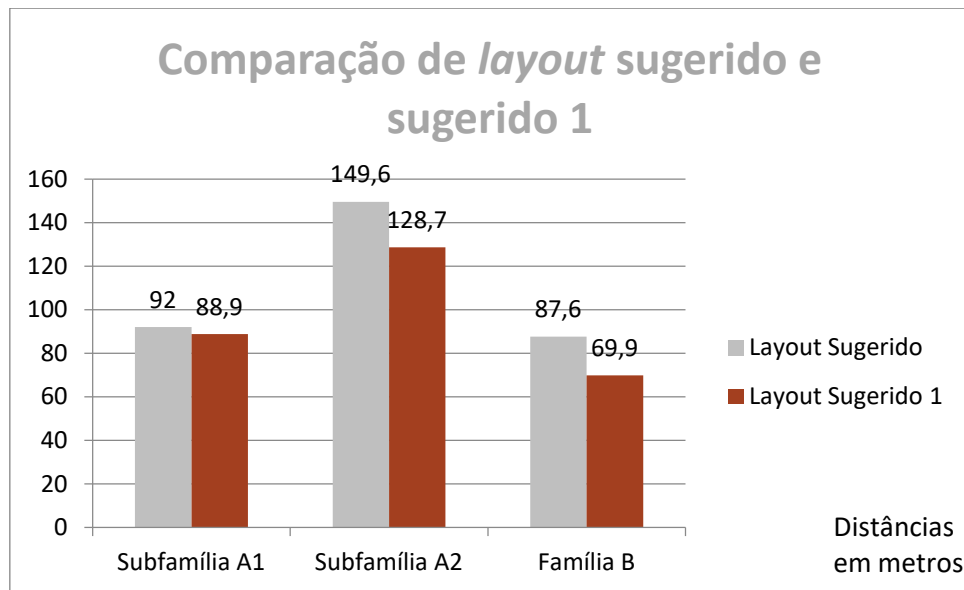


Gráfico 5 - Comparação da distância entre os *layouts* sugerido e o sugerido 1
Fonte Própria

3.3.2 5S

Assim, como não foi possível a aplicação do novo *layout* na empresa devido as limitações de recursos e determinação do gerente/proprietário, o 5S também não foi posto em prática. Por isso, será realizado apenas em teoria, de como seriam realizadas as etapas.

3.3.2.1 Separar

O primeiro S é o da separação do que é necessário relativamente ao que será eliminado, vendido ou modificado. Para realizar essa etapa, foi elaborada uma etiqueta vermelha (Figura 42) para que os itens possam ser classificados conforme a sua situação.

Etiqueta Vermelha				
Classificação	1- Matéria-prima	3- Componente	5- Máquina/ Equipamento	7- Ferramenta- encaixe
	2- Item semiacabado	4- Produto acabado	6- Molde-motriz	8- Outros
Nome do Item				
Quantidade/Valor	Qntd:	Valor do item:	Total:	
Razão	1- Item desnecessário	3- Item não urgente	5- Desconhecida	
	2- Item com defeito	4- Sobra	6- Outras	
Ação	1- Eliminar			
	2- Devolver			
	3- Transferir para outro local de armazenagem			
	4- Armazenar separadamente			
	5- Outras			
Data	Colocação da etiqueta	Ação		
	___/___/___	___/___/___		
Nº de Referência				

Figura 42 - Etiqueta Vermelha
Fonte própria

A etiqueta vermelha ajuda a identificar os itens de acordo com a sua classificação (matéria-prima, item semiacabado, produto acabado, outros), qual a razão desse item estar sendo etiquetado (item desnecessário, com defeito, sobra, outros), o que será feito com esse item (eliminar, devolver, armazenar, outro) e qual foi o período entre colocar a etiqueta e colocá-la em prática.

Após a etiquetagem, os itens desnecessários deverão ser retirados de onde se encontram e encaminhados para o lugar indicado na etiqueta. Com isso, haverá liberação de espaço para máquinas e equipamentos que poderão ser melhor organizados.

As Figuras 43, 44, 45 e 46, mostram como seria a etiquetagem de algumas partes da fábrica. Os itens marcados com 1 devem ser colocados em seus respectivos locais de armazenagem, os itens 2 devem ser terminados ou colocados em armazéns intermediários, os itens 4 devem ser levados para o armazém final, os itens 5 são máquinas e equipamentos que estão sem utilização ou a sua utilização é esporádica, já os itens 8 são os que podem ser eliminados.



- 4- Produto acabado
- 5- Máquina/Equipamento
- 8- Outros

Figura 43 - Etiquetagem vermelha na entrada da fábrica
Fonte Própria



- 1- Matéria-prima
- 4- Produto acabado
- 5- Máquina/Equipamento

Figura 44 - Etiquetação vermelha no chão de fábrica
Fonte Própria



- 2- Item semiacabado

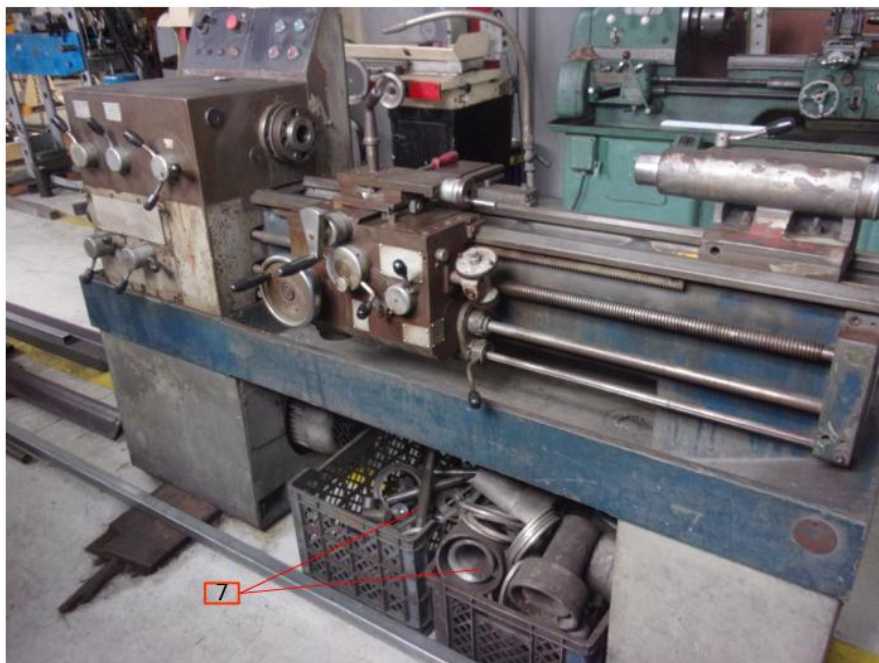
Figura 45 - Etiquetação vermelha na estante
Fonte Própria



2- Item semiacabado

Figura 46 - Etiqueta vermelha no torno
Fonte Própria

Os itens 7 são partes de máquinas que são usadas, dependendo do produto que será fabricado, e devem ser mantidas perto das respectivas máquinas, como mostrado na Figura 47, Figura 48 e Figura 49. Porém, deveriam apresentar uma melhor organização.



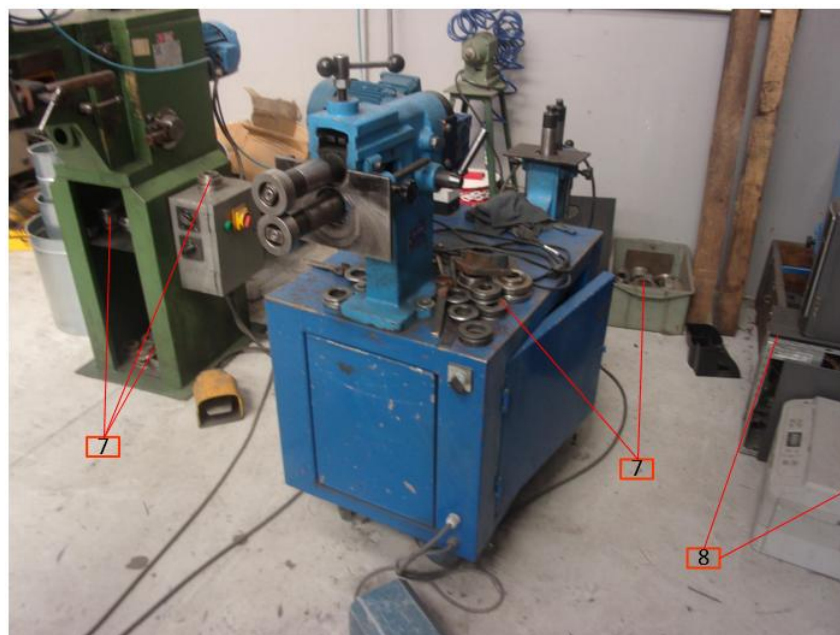
7- Ferramenta-encaixe

Figura 47 - Etiqueta vermelha nas bancadas de apoio
Fonte Própria



2- Item semiacabado
7- Ferramenta-encaixe

Figura 48 - Etiqueta vermelha entre máquinas
Fonte Própria



7- Ferramenta-encaixe
8- Outros

Figura 49 - Etiqueta vermelha entre máquinas 1
Fonte Própria

3.3.2.2 Classificar

O segundo S diz respeito à classificação dos objetos. Após retirar o que não é utilizado, e acomodar os itens nos locais adequados, o que permanece necessita ser apropriadamente organizado, de maneira a ser facilmente encontrado sem obstruir o manuseio das peças e a movimentação do colaborador.

Para essa fase já foram tomadas algumas medidas, porém ainda não foram totalmente executadas. A Figura 50 mostra como seriam organizados os materiais pequenos, como parafusos e porcas utilizados na fabricação de alguns produtos. Os materiais serão retirados de suas caixas e colocados em gavetas, que deverão conter etiquetas de especificações técnicas como, nome, tamanho e diâmetro.



Figura 50 - Organização da materiais pequenos
Fonte Própria

A Figura 45, anteriormente apresentada, pode ser usada como um exemplo de desperdício de espaço na prateleira, peças que não foram terminadas ocupam o lugar de itens que facilitariam o processo de fabricação, como ferramentas e componentes de máquinas. Outra maneira de aproveitar espaço para guardar as ferramentas e componentes de máquinas, seria por debaixo das bancadas de apoio, como pode ser visto na Figura 51, utilizando um mesmo local para duas finalidades, evitando-se desperdícios.

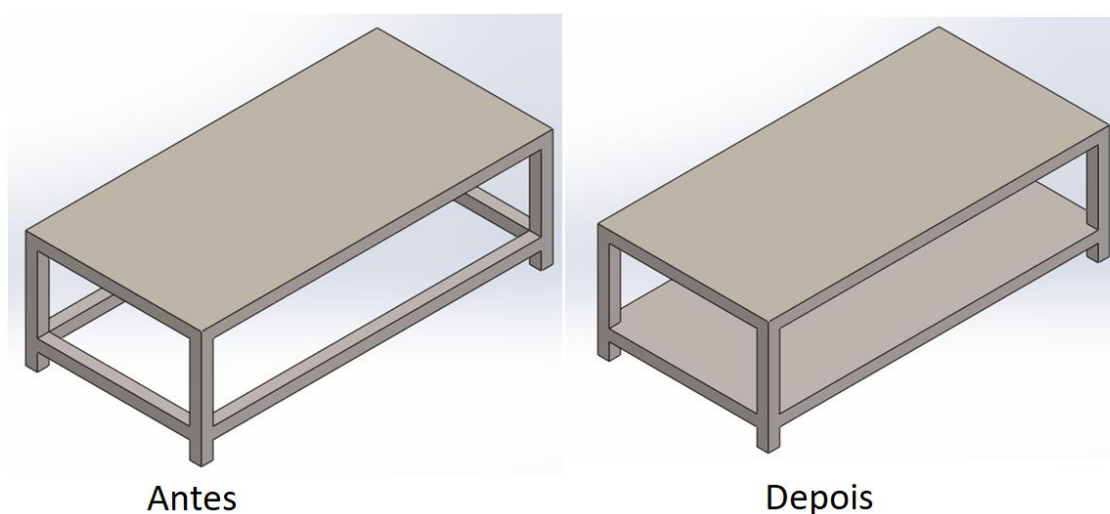


Figura 51 - Aproveitamento de espaço em bancadas de apoio
Fonte Própria

Uma melhoria nas bancadas de apoio seria a colocação de gavetas (Figura 52). Isso permitiria uma organização mais satisfatória das ferramentas.

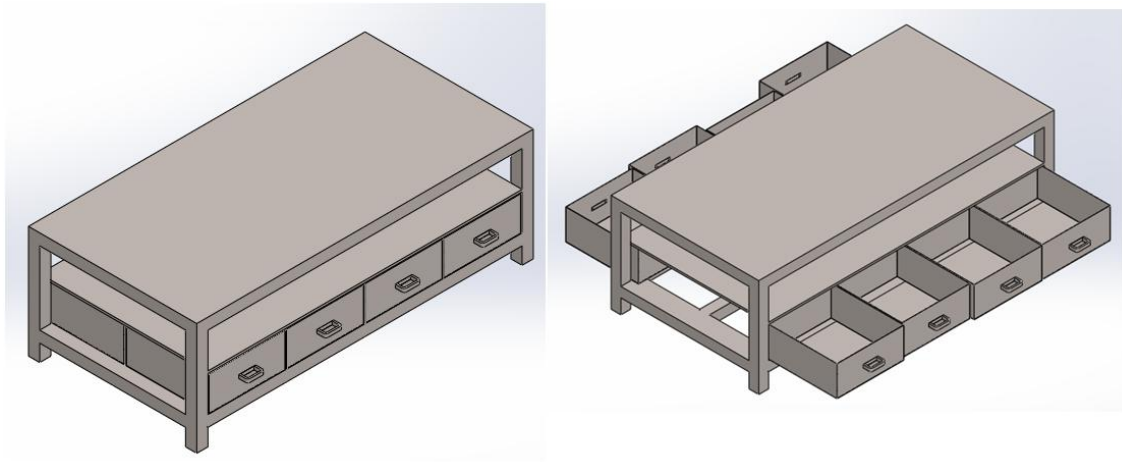


Figura 52 - Gavetas nas bancadas de apoio
Fonte Própria

Como recursos visuais ajudam na localização mais rápida do item pretendido, é indicado colocar etiquetas de identificação em cada gaveta de acordo com a utilidade da bancada. Por exemplo, bancadas que estão próximas às máquinas, poderiam armazenar componentes e ferramentas das mesmas, que ajudam na produção, como pode ser visualizado na Figura 53. Dentro das gavetas, a organização (Figura 54) deve permanecer, seguindo o exemplo em que os componentes podem ser colocados de modo a se distinguirem facilmente (diferenciação por tamanho, espessura, utilidade, etc.).

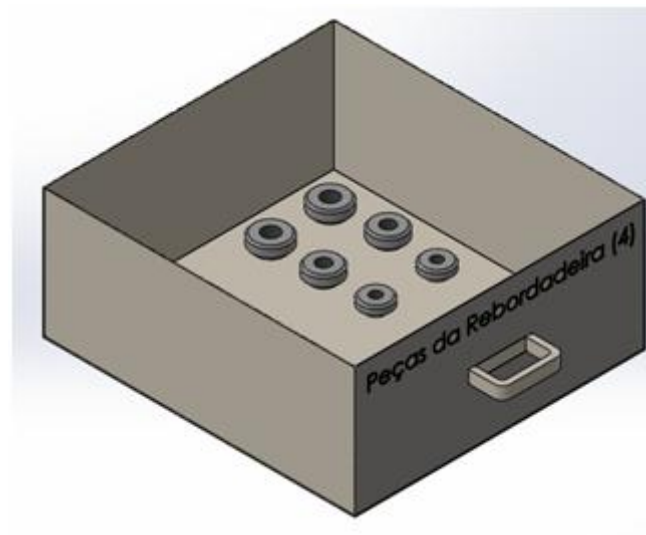


Figura 53 - Gaveta etiquetada
Fonte Própria

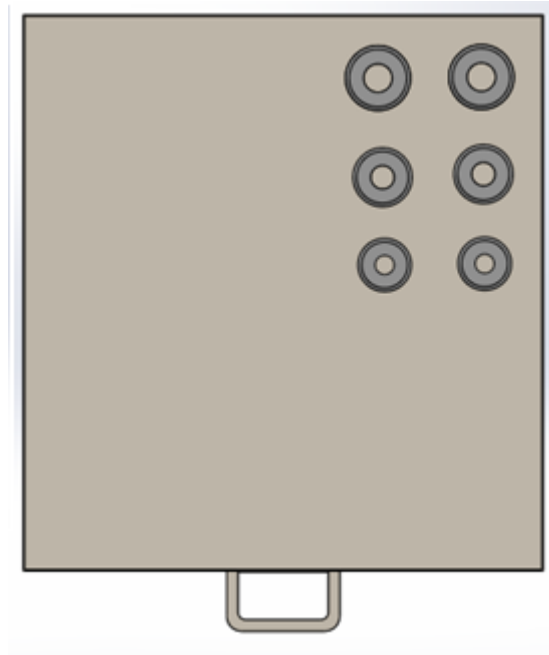


Figura 54 - Gaveta organizada
Fonte Própria

As soluções anteriores seriam ideais para os *layouts* que contenham máquinas longe de paredes (*layout* ideal e *layout* sugerido). Portanto, para *layouts* em que os equipamentos estejam próximos das paredes (*layout* atual), uma maneira de organizar ferramentas seria utilizar quadros de ferramentas pendentes na parede (Figura 55), tornando-se um método rápido de localização, diminuindo assim o desperdício de espaço, bem como de tempo dos colaboradores. A dificuldade atual do emprego desses quadros prende-se com a desorganização em volta das máquinas, como pode ser visto nas Figura 48 e Figura 49.



Figura 55 - Exemplo de quadro de equipamentos e ferramentas
Fonte Própria

Foi criado um quadro para avisar os colaboradores de algumas regras que devem ser mantidas no chão de fábrica, de modo a que se mantenha a segurança e a ordem no local de trabalho. Nesse quadro (Figura 56) deu-se importância aos sinais visuais, que tornam mais fácil o entendimento dos colaboradores.



Figura 56 - Quadro de aviso
Fonte Própria

3.3.2.3 Limpar

Após finalizar as etapas do S1 e S2, deverá ser realizada uma limpeza em toda a fábrica. Isso fará com que o ambiente de trabalho seja mais agradável e tornará as máquinas mais seguras e em melhores condições. Também será preciso definir os responsáveis pela limpeza e como estes deverão limpar.

Cada colaborador é responsável pelo seu posto de trabalho, tanto em mantê-lo limpo, como pela manutenção preventiva das máquinas, sempre observando questões básicas como temperatura, barulho e se há fugas. Para isso, um registro de limpeza e manutenção poderá ser feito, como o exemplo da Figura 57.

Registro de Limpeza e Manutenção de Máquinas e Equipamentos			
Fieira (01)			
Data	Limpeza/Manutenção	Medidas preventivas	Assinatura
10/03/2018	Limpeza		José
25/03/2018	Limpeza		Renato
10/04/2018	Limpeza		Patrick
17/04/2018	Manutenção	Troca de óleo	José
25/04/2018	Limpeza		José

Figura 57 - Registro de Limpeza e Manutenção
Fonte Própria

Esse registro é indicado para limpezas mais intensivas. Porém, limpezas básicas como a retirada do pó e dos restos de materiais, devem ser realizadas todos os dias antes de ligar as máquinas, ou no final do turno. A equipa de limpeza será responsável apenas pelas partes comuns da fábrica, como vestiários, refeitórios e escritórios.

O modo como cada máquina terá que ser limpa deve ser realizado de acordo com a indicação do fabricante.

3.3.2.4 *Padronizar*

Padrões devem ser criados para controlar a forma como se faz o trabalho, com o intuito de garantir sempre um óptimo resultado. Depois de realizar os três primeiros S, é preciso padronizá-los de forma clara, simples e objetiva.

Os padrões do primeiro S (separar) devem informar o que é necessário na fábrica, tais como etiquetagem vermelha e procedimentos de remoção. Para isso, uma planilha simples pode ser criada, com as datas pré-estabelecidas para a realização de revisões do 5S.

Os padrões do segundo S (Classificar) devem fornecer informações, através de letreiros, cartazes e avisos, e deve definir onde os colocar. A equipa do 5S poderá inicialmente fazer uma reunião com os colaboradores, de modo a informá-los sobre o novo *layout* e quais os locais onde é permitido circular com empilhadores para que estejam cientes do perigo dessas áreas. Para reforçar o conhecimento das regras, pode-se elaborar cartazes especificando essas áreas, além dos equipamentos de proteção, que devem ser utilizados com determinadas máquinas.

O último S que se deve padronizar é o terceiro (limpar). Como a planilha mostra, a limpeza deve ser realizada periodicamente pelo responsável designado para a função, assim como a manutenção das máquinas. Perto das máquinas devem existir instruções básicas de como as limpar de forma segura e as medidas que se devem tomar de forma a garantir o bom funcionamento das mesmas, as frequências dessas revisões também devem estar discriminadas, para que qualquer pessoa as possam realizar de acordo com as instruções.

3.3.2.5 *Manter*

Para manter o 5S em funcionamento na empresa, é necessário que haja uma equipa encarregada pela manutenção e promoção do 5S. Essa equipa pode ser formada por colaboradores de todos os departamentos da empresa, de forma a incluir todas as partes da organização. Como a empresa analisada não possui líderes de departamentos, uma solução seria os colaboradores mais experientes integrarem essa equipa, pois após eles entenderem a importância do 5S para a fábrica, seria mais fácil repassar aos outros, e seria também mais credível.

Após formada a equipa, esta poderá criar meios para promover o 5S, como quadros que mostre os resultados alcançados pela implementação do método, reconhecimento dos colaboradores que se destacaram e programas de incentivo. A Figura 58 mostra

um exemplo de como os funcionários podem continuar ambicionar a melhoria: um quadro de incentivo pode contabilizar qual colaborador se destacou nas últimas semanas ou no trimestre.

Quadro de Incentivo Semanal				
Colaborador	Responsabilidade	Limpeza	Manutenção	Organização
José	Fieiras e Rebordadeiras	✓	✓	✓
Ricardo	Calandras	✗	✓	✗
Renato	Guilhotina e Quinadora	✗	✗	✗
Patrick	Bancadas de apoio	✗	✓	✗
Arminda	Chão de fábrica	✓	✗	✓
Miguel	Escritório de desenho	✓	✓	✓
Paulo	Plasma	✓	✓	✗
Fez	✓			
Não fez	✗			

Figura 58 - Quadro de incentivo
Fonte Própria

Outro aspecto importante que a equipa responsável deverá ter em conta são os treinamentos para todos os colaboradores, desde a alta gerência ao chão de fábrica, para que toda a empresa possa trabalhar em conjunto, de forma a manter a ordem. Novos colaboradores podem iniciar suas atividades após o treinamento, de modo que eles possam começar de forma correta.

O 5S só fará parte da indústria após muita insistência. As revisões devem ser periódicas e sempre fazer parte da realidade diária. Com isso, os colaboradores verão o 5S como algo normal e não terão mais receio ou preguiça em realizá-lo.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

Apesar das máquinas serem imprescindíveis para a fabricação dos produtos, os modos em que estão dispostas no ambiente modificam a eficiência da sua função. Um *layout* bem definido e alinhado de acordo com as necessidades da empresa pode oferecer uma grande melhoria, diminuindo desperdícios desnecessários como distâncias que os materiais percorrem na fabricação e tempo dos colaboradores.

Como maneira de aumentar o conhecimento sobre métodos para otimização de *layouts*, foram apresentados alguns casos de estudo onde foram utilizados diferentes tipos de metodologias para o melhoramento dos mesmos. Com isso, pode-se verificar que não há apenas um modo correto para o desenvolvimento de um novo *layout*, mas sim diversas formas, sendo possível a conjugação de vários.

Em comparação com este trabalho, constatou-se que para início de todos os caso de estudo foram verificados os fluxos de materiais, distâncias entre equipamentos ou departamentos e processos de fabrico, para então ser concebível o novo *layout* através do método escolhido.

Neste estudo, o *layout* atual da fábrica não estava definido, algumas máquinas que deveriam estar mais próximas tinham grande distância entre elas, desde logo a matéria-prima para o plasma ou guilhotina, que são as chapas inteiras para as máquinas de corte. Com isso, foram confeccionados dois tipos de *layout*, e todos tendo em conta o processo, pois há uma grande variedade de produtos, mas com baixa produção.

O primeiro *layout* foi o ideal. Nesse *layout* as máquinas que não são utilizadas realmente não foram consideradas e as máquinas foram dispostas da melhor forma possível para a fabricação, diminuindo assim mais de 55% as distâncias percorridas.

O segundo *layout* foi o sugerido, não tendo a necessidade de mudar algumas máquinas que são ligadas por ar comprimido ou fluidos, como o plasma e o robô de soldadura. Apesar de serem poucas as alterações, obteve-se mais de 25% de ganho de eficiência, tendo sido posteriormente necessário alterar uma bancada de apoio nesse *layout*, o que melhorou a eficiência em 35%, quando comparado ao *layout* atual. A comparação entre os *layouts* pode ser visto no Gráfico 6.

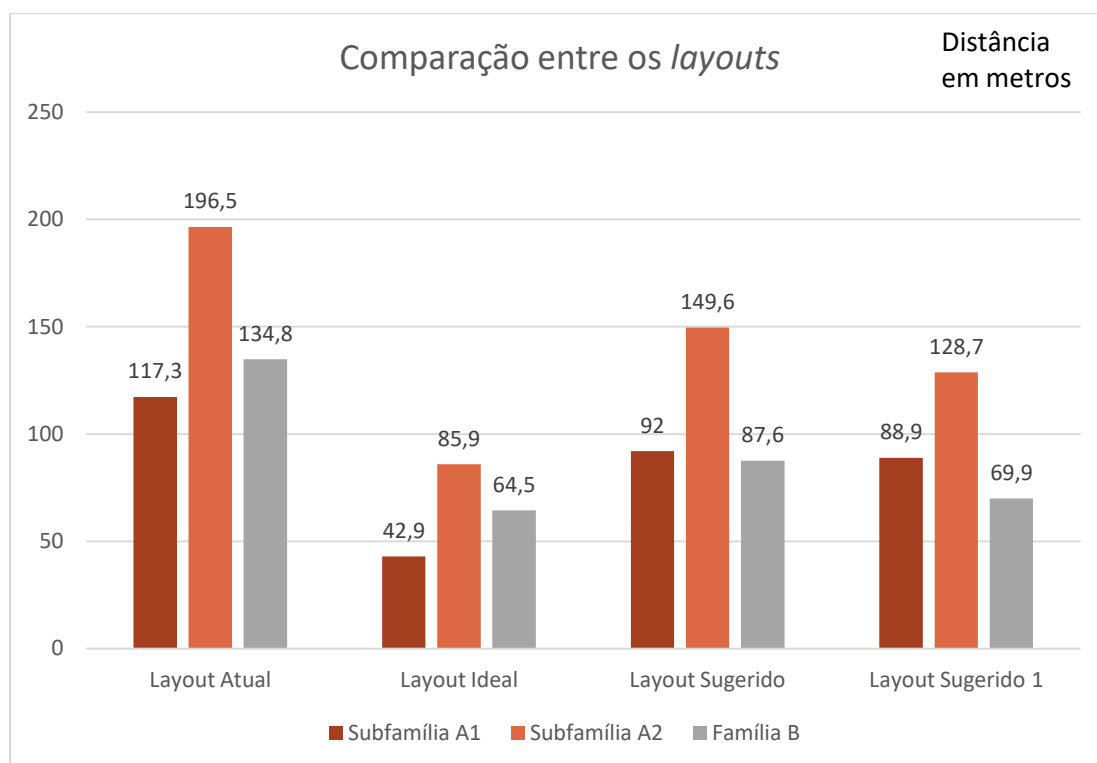


Gráfico 6 - Comparação de distância entre os layouts
Fonte Própria

A aplicação do *layout* poderia ser realizada após a primeira etapa do 5S, a separação, pois já se teria retirado tudo o que não estava no lugar ou que poderia ser eliminado. Com mais espaços para a alocação das máquinas, seria possível perceber o melhor modo de posicioná-las e fixar os locais para ferramentas e componentes, de modo a padronizar todos os passos da produção.

Como todo o estudo foi realizado de forma teórica por decisão da gerência, o sistema 5S foi elaborado de maneira a facilitar a produção, com quadros de ferramentas expostos para ajudar a rápida localização das mesmas, com gavetas em bancadas de apoio que contenham o necessário para o trabalho, com quadros de incentivo para os colaboradores e com planilhas de manutenção e limpeza das máquinas e do local de trabalho.

Uma grande dificuldade para a realização do trabalho foi a falta de organização na fábrica. Isso notou-se sobretudo na mudança diária de objetos na fábrica, entre máquinas, produtos acabados, matéria-primas e ferramentas. Por exemplo, a maior parte das vezes que uma ferramenta era utilizada num posto de trabalho, não voltava a ser colocada no seu respectivo lugar, aumentando o desperdício de tempo dos colaboradores à procura de determinadas ferramentas, prejudicando a empresa, assim como a realização deste estudo.

De modo simplificado, a Tabela 19 faz uma comparação entre os objetivos da dissertação estabelecidos no início do estudo e quais os resultados que foram alcançados no final.

Tabela 19 - Resultados finais atingidos

Objetivos da dissertação	Soluções encontradas	Estado de implementação
Implementação de um novo <i>layout</i> .	Foram desenvolvidos dois exemplos de <i>layout</i> , sendo ambos por processo.	Não foi possível a implementação de um novo <i>layout</i> nem a aplicação da metodologia 5S, pois a gerência decidiu que não seria possível no momento.
Aplicação da metodologia 5S na área operacional da empresa.	Foram sugeridas algumas ideias para todas as etapas do 5S especificamente para a empresa, podendo assim seguir de exemplo para a aplicação.	

O estágio que possibilitou a realização desta dissertação serviu de aprendizado para a área profissional, onde pode-se ver as teorias aprendidas em sala de aula na sua forma prática. Assim como, o relacionamento com a gerência, novos processos de fabricação, como lidar com os colaboradores e ganhar a confiança dos mesmos. Foi possível também, aprender como a indústria funciona e quais os problemas que podem ocorrer na realidade, aumentando o conhecimento para tomar decisões futuramente.

Apesar da aprendizagem obtida, houve vários obstáculos, contra-tempos e dificuldades na realização desta etapa. O gerente/proprietário da empresa não soube aproveitar a oportunidade do trabalho realizado ao longo deste estágio para a aplicação no contexto da empresa, assim como não acreditou na capacidade do estagiário para resoluções dos problemas a que foi designado.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

A indústria estudada tem grande potencial, porém para que possa continuar competitiva no mercado deverá considerar algumas melhorias. Para os próximos trabalhos, o que mais chama a atenção é a desorganização do *stock*, visto que não há nenhum controle quanto a isso. Devido à necessidade atual, a gestão de *stock* é imprescindível, pois demonstrará a quantidade de produtos que a empresa possui em *stock* e o que deve ou não ser produzido, diminuindo o desperdício de tempo e material.

A aplicação e continuação do 5S deve ser realizada, com um controle melhor do *stock* a aplicação do método será ainda mais fácil, visto que haverá uma melhor organização quanto aos produtos e onde colocá-los. Mas não só o 5S é importante para aplicar, todo o Sistema *Lean* é essencial para uma empresa ser bem organizada em todas as vertentes. Como a empresa não tem uma produção em massa o Sistema *Lean* poderá ser mais difícil de implementar, porém pode ser personalizado para todos os tipos de

layouts e processos, necessitando apenas de uma boa estratégia e aspiração para executá-lo.

Para tal, a criação de setores específicos como, setor de criação, setor de produção, setor de produção de motores e setor de produção de produtos por encomenda, pode facilitar a aplicação do Sistema *Lean*, visto que cada setor terá um líder responsável pela qualidade em que o trabalho é desenvolvido e se há uma melhor maneira de o realizar.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Santos, M. (2001). *Os Capitais Metalomecânicos em Portugal 1840-1920*. Dissertação de doutoramento. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto.
- [2] Alves, A. (2012) *Análise de Acidentes de Trabalho numa Indústria Metalomecânica*. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Ciências Empresariais, Setúbal.
- [3] Beira, E. e Menezes, J. (2001). *Inovação e Indústria de moldes em Portugal: a introdução do CAD/CAM/CAE nos anos 80*. Working papers “Mercados e Negócios” TSI. Minho.
- [4] Mason, F. (1999). “How smart is today’s CAM software?”. Machine Shop Guide.
- [5] AIMMAP - Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins de Portugal. Revista Portugal Global. Edição nº 47.
- [6] INOFOR – Instituto para a Inovação na Formação. Metalurgia e Metalomecânica em Portugal (2000).
- [7] Soares, N. (2014). *A Industrialização Portuguesa em Mercados Emergentes*. Dissertação de mestrado. Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa.
- [8] Banco de Portugal.(2015). *Análise Setorial da Indústria Metalomecânica*. Estudo da Central de Balanços. Lisboa.
- [9] Silva, N. (2018). *Indústria metalomecânica exportou 16,4 mil milhões em 2017*. Disponível em: <<https://jornaleconomico.sapo.pt/noticias/industria-metalomecanica-exportou-164-mil-milhoes-em-2017-271963>>. Acesso em setembro de 2018.
- [10] Decreto de Lei 79/2006 de 4 de Maio. Diário da República Portuguesa, ano (2006).
- [11] Araújo, A. (2013). *Avaliação da taxa de renovação de ar de edifícios de habitação*. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho, Guimarães.
- [12] Lucas, P. (2011). *Ventilação natural em edifícios*. Projeto final de curso. Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Guarda.
- [13] Brito, V. (2010). *Tratamento e distribuição do ar em sistemas de climatização*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- [14] Slack, N., Brandon-Jones, A. e Johnston, R. (2013). *Operations Management*. Pearson Education Limited: London. ISBN 978-027-377-628-4.

- [15] Stephens, M. e Meyers, F. (2013). *Manufacturing Facilities Design and Material Handling*. Purdue University Press: Indiana. ISBN 978-161-249-272-8.
- [16] Moran, S. (2016). *Process Plant Layout*. Elsevier: Oxford. ISBN 978-012-803-356-2.
- [17] Sinha, P. (2008). *Manufacturing and Operations Management*. Nirali Prakashan: Pune.
- [18] Shingo, S. (1996). *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*; Artmed: Porto Alegre. ISBN 978-857-307-169-6.
- [19] Hall, R. (1987). *Attaining Manufacturing Excellence*. Dow Jones-Irwin: Homewood, IL. ISBN 978-087-094-925-8.
- [20] Portal Empresarial. Descrição de Sector da Indústria Metalomecânica. Disponível em:
<http://negocios.maiadigital.pt/hst/sector_actividade/metalomecanica/caracterizacao/descricao>. Acesso em: 30 de julho de 2018.
- [21] Houldcroft, P. e John, R. (2010) *Welding an Cutting*. Woodhead Publishing Limited: Cambrigde. ISBN 978-185-573-578-1.
- [22] Eletroplasma. Corte a Plasma. Disponível em: <<http://www.eletroplasma.com.br/produtos-e-servicos/corte-a-plasma/#prettyPhoto>>. Acesso em: 13 de outubro de 2018.
- [23] Araújo, L. (2014). *Desenvolvimento de sistema de apoio dinâmico da chapa no corte em guilhotina*. Dissertação de mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.
- [24] Pacheco, J. A. (1992). *Utilização de Quinadoras e Guilhotinas (Quinagem e Corte)*. Associação Portuguesa das Tecnologias de Conformação Plástica.
- [25] Kumar, A. (2011). *Non-traditional Machining Methods*. Dissertação de bacharelado. Rajasthan Technical University, Paghi.
- [26] Sheng, Y. e Tomizuka, M. (2006). *Intelligent modeling of thrust force in drilling process*. Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control – Transactions of the ASME 128. pp. 846–855.
- [27] Singh, R. (2006). *Introduction to basic manufacturing processes and workshop technology*. New Age International: Haryana. ISBN 978-812-243-070-7.
- [28] Trent, E. e Wright, P. (2000). *Metal cutting*. Butterworth Heinemann: Massachusetts. ISBN 978-148-310-599-4.
- [29] Rhodes, D. (2008) *Factors to Consider in Mass Finishing*. Deburring Information Center: California

- [30] Lourenço, R. (2010). *Método Automático de Planificação de Chapas Adaptado ao Processo Produtivo*. Dissertação de mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- [31] Kalpakjian, S. e Schmid, S. (2009). *Manufacturing Engineering and Technology*. Pearson: Florida. ISBN 978-013-312-874-1.
- [32] El Wakil, S. (2002). *Process and Design for Manufacturing*. Waveland Press: Illinois. ISBN 978-053-495-165-8.
- [33] Thuillier, S. et al. (2007). *Numerical Simulation of the Roll Hemming Process*. Journal of Materials Processing Technology 198. pp. 226-233.
- [34] Jack, H. (2013). *Manufacturing Process*. Engineer On a Disk. Michigan.
- [35] Silva, F. (2016). *Tecnologia da Soldadura*. Publindústria: Porto. ISBN: 978-898-723-171-1.
- [36] Weman, K. e Lindén, G. (2006). *MIG Welding Guide*. Woodhead Publishing Limited: Florida. ISBN 978-185-573-970-3.
- [37] Swift, K. e Booker, J. (2013). *Manufacturing Process Selection Handbook*. Elsevier:Massachusetts. ISBN 978-008-099-357-7.
- [38] Kloppenborg, T. e Petrick, J. (2002). *Managing Project Quality: Management Concepts*. Berrett-Koehler Publishers, Inc.: Virgínia. ISBN 978-156-726-386-2.
- [39] Broccoletti, M. (2015). *Quality Tools*. Lulu Press, Inc: Morrisville, North Carolina. ISBN 978-130-095-132-2.
- [40] Sweeney, B. (2016). *Lean Six Sigma: Quick Start Guide*. ClydeBank Media LLC: Nova York. ISBN 978-194-505-124-1.
- [41] Kanaganayagam, K. et al. (2015). *Lean methodologies to improve assembly line efficiency: an industrial application*. International Journal of Industrial and Systems Engineering. Vol. 20, No. 1. pp. 104-116.
- [42] Gunnsteinsson, Á. (2011). *Analysis of an assembly process of electric detonators with application of lean manufacturing*. Dissertação de mestrado. Royal School of Technology, Stockholm.
- [43] Pinto, R. *Aplicação de Princípios Lean Thinking numa empresa do sector de automóvel*. (2011) Tese de mestrado. Universidade de Aveiro, Aveiro.
- [44] Monden, Y. (1998), *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. Chapman & Hall: Norcross, Georgia.
- [45] Fraser, N. e Fraser, J. (2013). *Lean Principles with Practice: An overview of the key Lean principles for students and business professionals*. Smashwords.

- [46] Bhat, S. (2015). *Business Process Improvement for Manufacturing & Service Industry*. Shifting Paradigms Publications: Canadá. ISBN 978-099-377-690-8.
- [47] Dennis, P. (2008). *Produção Lean Simplificada*. Bookman: Porto Alegre. ISBN 978-857-780-109-1.
- [48] Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the visual workplace: The source book for 5S implementation*. Productivity Press: . ISBN 978-156-327-047-5.
- [49] Lingareddy, H. et al. (2003). *5S as a tool and strategy for improvising the work place*. International Journal of Advanced Engineering Technology – IRJET. Vol. IV. Issue II. April-June, pp. 28-30.
- [50] Ridley, J. (1990). *Safety at Work*. Butterworth-Heinemann: London. ISBN 978-148-319-374-8.
- [51] Lei nº102/2009 de 10 de setembro. Diário da República Portuguesa, ano (2009).
- [52] Portaria nº53/71 de 3 de fevereiro. Diário da República Portuguesa, ano (1971).
- [53] Ojaghi, Y. et al. (2015) *Production Layout Optimization for Small and Medium Scale Food Industry*. 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing. Procedia CIRP 26, pp. 247-251.
- [54] Djassemi M. (2007). *Improving factory layout under a mixed floor and overhead material handling condition*. Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 18 Issue 3, pp. 281.
- [55] Caputo A. et al. (2015). *Safety-based process plant layout using genetic algorithm*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 34, pp. 139-150.
- [56] Arya V. (2013). *Increased Productivity and Planning By Improved Plant Layout Using Systematic Layout Planning at NCRM Division, Bhushan Steels Ltd. Khopoli, Mumbai*. International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJJET). Vol. 2, Issue 2, pp. 297-304.

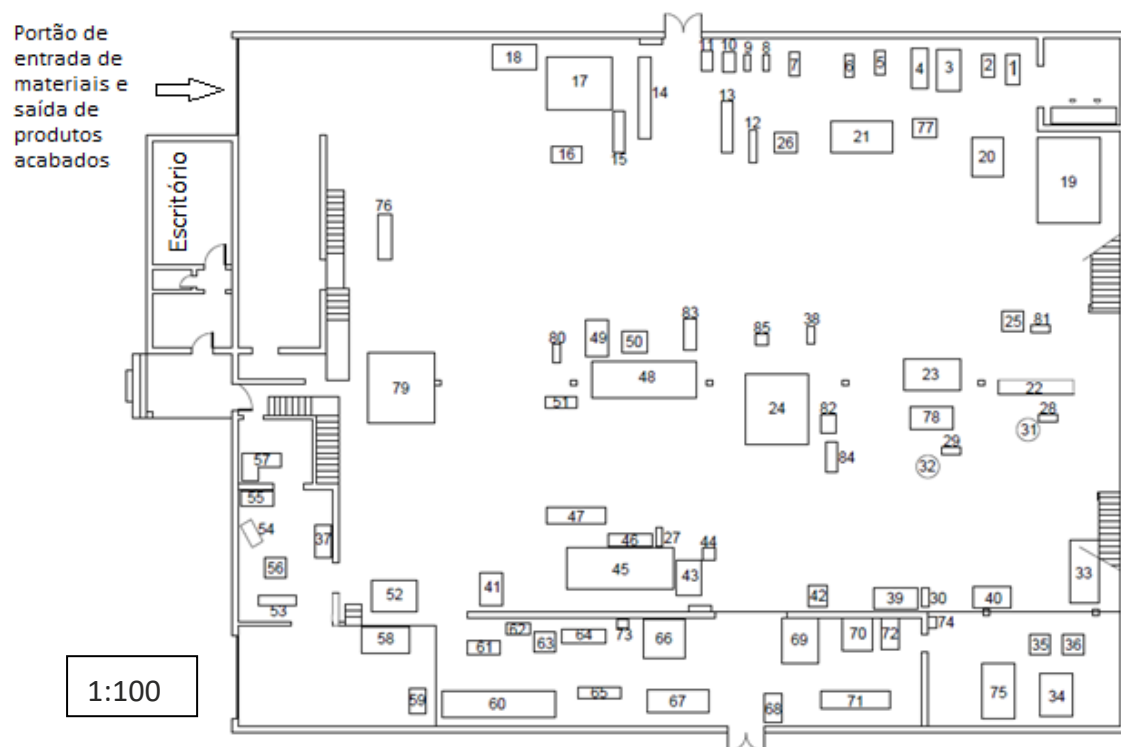
ANEXOS

- 6.1 ANEXO 1 – *Layout* Atual
- 6.2 ANEXO 2 - Fluxogramas Individuais dos Principais Produtos
- 6.3 ANEXO 3 - Diagramas de *Spaghetti* do *Layout* Atual
- 6.4 ANEXO 4 - Distância Percorrida por cada Produto no *Layout* Atual
- 6.5 ANEXO 5 - Diagramas de *Spaghetti* do *Layout* Ideal
- 6.6 ANEXO 6 - Distância Percorrida por cada Produto no *Layout* Ideal
- 6.7 ANEXO 7 - Diagramas de *Spaghetti* do *Layout* Sugerido
- 6.8 ANEXO 8 - Distância Percorrida por cada Produto no *Layout* Sugerido
- 6.9 ANEXO 9 - Diagramas de *Spaghetti* do *Layout* Sugerido 1
- 6.10 ANEXO 10 - Distância Percorrida por cada Produto no *Layout* Sugerido 1

6 ANEXOS






6.1 ANEXO 1 – *Layout* Atual







6.1.1 Posicionamento das máquinas no *layout*















6.1.2 Lista de máquinas existentes

Máquinas	Fotos	Função
1 Fieira Elétrica (Vertical e Horizontal)		Criar rebordo (Rebordar em Z e L), abrir canal, unir partes da tubagem (para fazer curvas por exemplo)

<p>2</p> <p>Fieira Eletropneumática 1</p>		<p>Mais usada para laminar (8mm)</p>
<p>3</p> <p>Rebordadeira Hidráulica 1</p>		<p>Criar rebordo (Rebordar em Z e L), abrir canal, unir partes da tubagem (para fazer curvas por exemplo)</p>
<p>4</p> <p>Rebordadeira Hidráulica 2</p>		<p>Criar rebordo (Rebordar em Z e L), abrir canal, unir partes da tubagem (para fazer curvas por exemplo)</p>
<p>5</p> <p>Máq. de Soldar por Pontos 1</p>		<p>Une chapa por pontos de soldadura (após passar na calandra, passa normalmente aqui) --> utilizada para peças maiores (forquilhas), devido aos braços maiores</p>
<p>6</p> <p>Máq. de Soldar por Pontos 2</p>		<p>Une chapa por pontos de soldadura (após passar na calandra, passa normalmente aqui)</p>
<p>7</p> <p>Máq. de Soldar por Pontos 3</p>		<p>Une chapa por pontos de soldadura (após passar na calandra, passa normalmente aqui)</p>

8	Fieira Elétrica 1		Laminar (8mm) em peças mais pequenas (golas)
9	Fieira Elétrica 2		Criar rebordo (Rebordar em Z e L), abrir canal, unir partes da tubagem (para fazer curvas por exemplo)
10	Fieira Elétrica 3		Criar rebordo (Rebordar em Z e L), abrir canal, unir partes da tubagem (para fazer curvas por exemplo)
11	Fieira Eletropneumática 2		Criar rebordo (Rebordar em Z e L), abrir canal, unir partes da tubagem (para fazer curvas por exemplo)
12	Calandra de Sobreposição (1m) 1		Curva a chapa, dependendo a curvatura obtida do diâmetro dos rolos
13	Calandra de Sobreposição (2m)		Curva a chapa, dependendo a curvatura obtida do diâmetro dos rolos

14	Máq. de Fechar Conduitas 1		Fecha condutas de até 1,5m (com rolos, da mesma forma que as rebordadeiras)
15	Calandra de Sobreposição (1,5m)		Curva a chapa, dependendo a curvatura obtida do diâmetro dos rolos
16	Calandra de Sobreposição (1m) 2		Curva a chapa, dependendo a curvatura obtida do diâmetro dos rolos
17	Puncionadora 1		Furar chapa através de um punção
18	Máq. de Coser por Fio		Passa um fio de cobre para unir a chapa
19	Plasma CNC		Cortar chapa

20	Fieira com Feixe de Conduta		Curva a chapa, dependendo a curvatura obtida do diâmetro dos rolos (faz um relevo a meio de uma tubagem curvada)
21	Bancada de Apoio 1		
22	Viradeira Elétrica 2,5m		Dobrar chapa
23	Quinadeira Hidráulica		Quinar chapa
24	Guilhotina		Cortar chapa
25	Bancada de Soldadura 1		

26 Bancada de Apoio
2



27 Máq. de Soldadura
1



28 Máq. de Soldadura
2



29 Máq. de Soldadura
3



30 Máq. de Soldadura
4



31 Bancada de
Soldadura 2



32 Bancada de Soldadura 3



33 Robô de Soldadura



Soldar chapa

34 Máq. Hidráulica para Fazer Curva



Faz rebordos, para fazer curvas

35 Máq. para Fechar Curva 1



Fecha as curvas como as rebordadeiras

36 Máq. para Fechar Curva 2



Fecha as curvas como as rebordadeiras

37 Bancada de Apoio 3

38 Guilhotina Manual



Cortar chapa

39 Bancada de Apoio
4



40 Bancada de Apoio
5



41 Bancada de Apoio
6



42 Máq. de Furar



Faz furos

43 Máq. de Fechar
Condutas 2



Fecha conduta como a 14, mas não é utilizada à mais de 1 ano

44 Máq. de Cortar
Cantos



45 Desenroladeira



46 Calandra Elétrica (2m)



Curva a chapa, dependendo a curvatura obtida do diâmetro dos rolos

47 Calandra Manual (1,25m)



Curva a chapa, dependendo a curvatura obtida do diâmetro dos rolos

48 Quinadeira CNC



Quinar chapa

49 Prensa 60ton



50 Balancé 30ton



Estampagem

51 Perfiladora



52 Puncionadora 2



Furar chapa através de punção

53 Retificadora



Retificar peças
(cantos/arestas/superfícies)
previamente torneadas ou
fresadas para um melhor
acabamento superficial

54 Máq. de Soldadura
5



55 Bancada de Apoio
7



56 Bancada de
Soldadura 4



57 Máq. de Equilibrar
CNC



58	Serrote (Fita 1260mm)		Cortar chapa
59	Calandra de Flange Trep.		Curvar chapa
60	Serrote		Cortar chapa
61	Prensa Hidráulica 60 ton		Prensar
62	Lixadeira de 2 Postos		Lixar
63	Retificadora Manual		Retificar peças (cantos/arestas/superfícies) previamente torneadas ou fresadas para um melhor acabamento superficial

64	Torno Mecânico 1m		Tornear
65	Torno Mecânico 1,25m		Tornear
66	Fresadora Ferramenteira		Fresar
67	Torno Mecânico 2m 1		Tornear
68	Máq. de Abrir Rosca Pneumática		Abrir rosca
69	Fresadora de Desbaste		Fresar (abrir chaveta)

70 Fresadora
Ferramenteira 2



Fresar (fabricar chaveta)

71 Torno Mecânico
2m 2



Tornear

72 Escateladora



Abrir escatel

73 Esmeril 1



Suavizar arestas

74 Esmeril 2



Suavizar arestas

75 Máq. de Soldadura
TIG



Soldar chapa

76 Máq. Serventar
Turbinas



Cravar curvas

77 Bancada de Apoio
8



78 Bancada de
Soldadura 5



79 Estante de Stock
de Chapas



80 Máq. de Soldadura
6



81 Máq. de Soldadura
7



82 Rolo de Chapa



83 Perfiladora



Criar rebordo (Rebordar em Z e L),
abrir canal, unir partes da tubagem
(para fazer curvas por exemplo)

84 Perfiladora
(Pittsburg)



Criar rebordo (Rebordar em Z e L),
abrir canal, unir partes da tubagem
(para fazer curvas por exemplo)

85 Rebordadeira 3



Criar rebordo (Rebordar em Z e L),
abrir canal, unir partes da tubagem
(para fazer curvas por exemplo)

6.2 ANEXO 2 – Fluxogramas Individuais dos Principais Produtos

6.2.1 Subfamília A1

Conduta Circular Agrafada



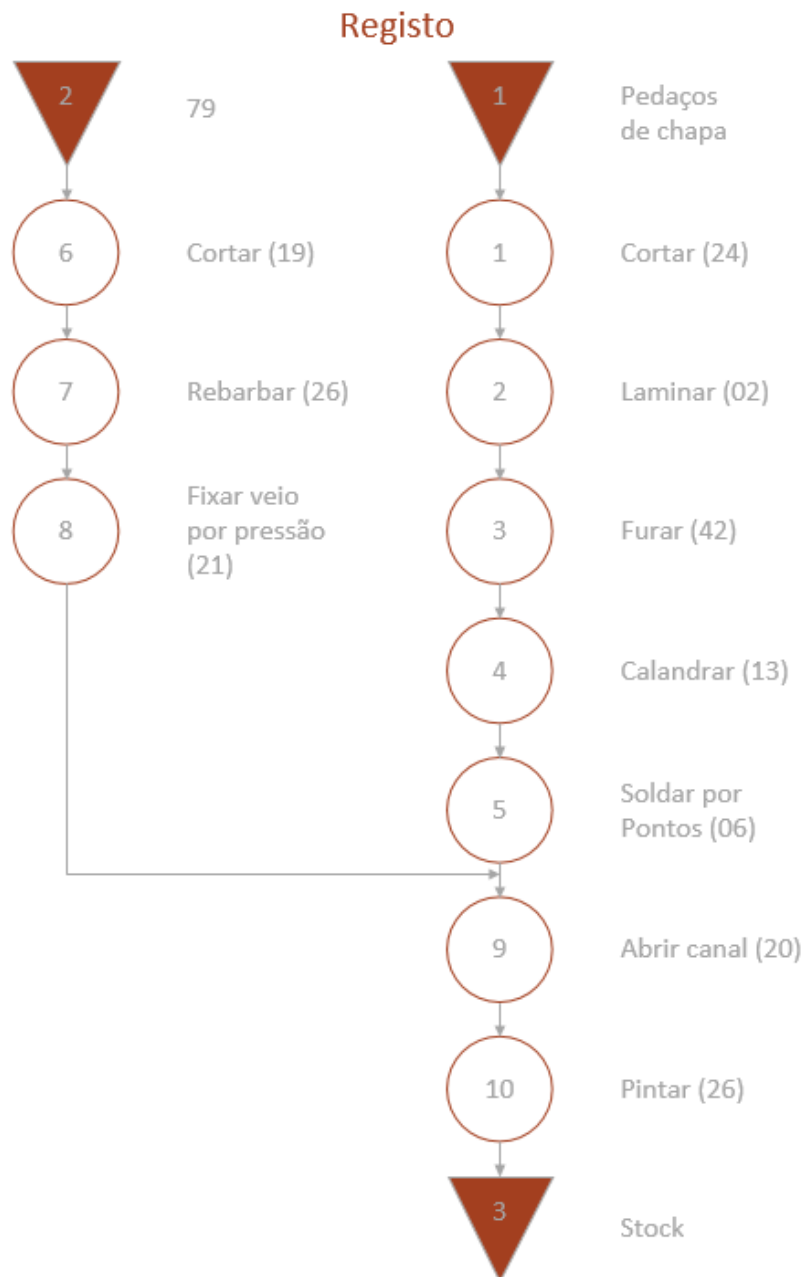
Conduta Circular Soldada

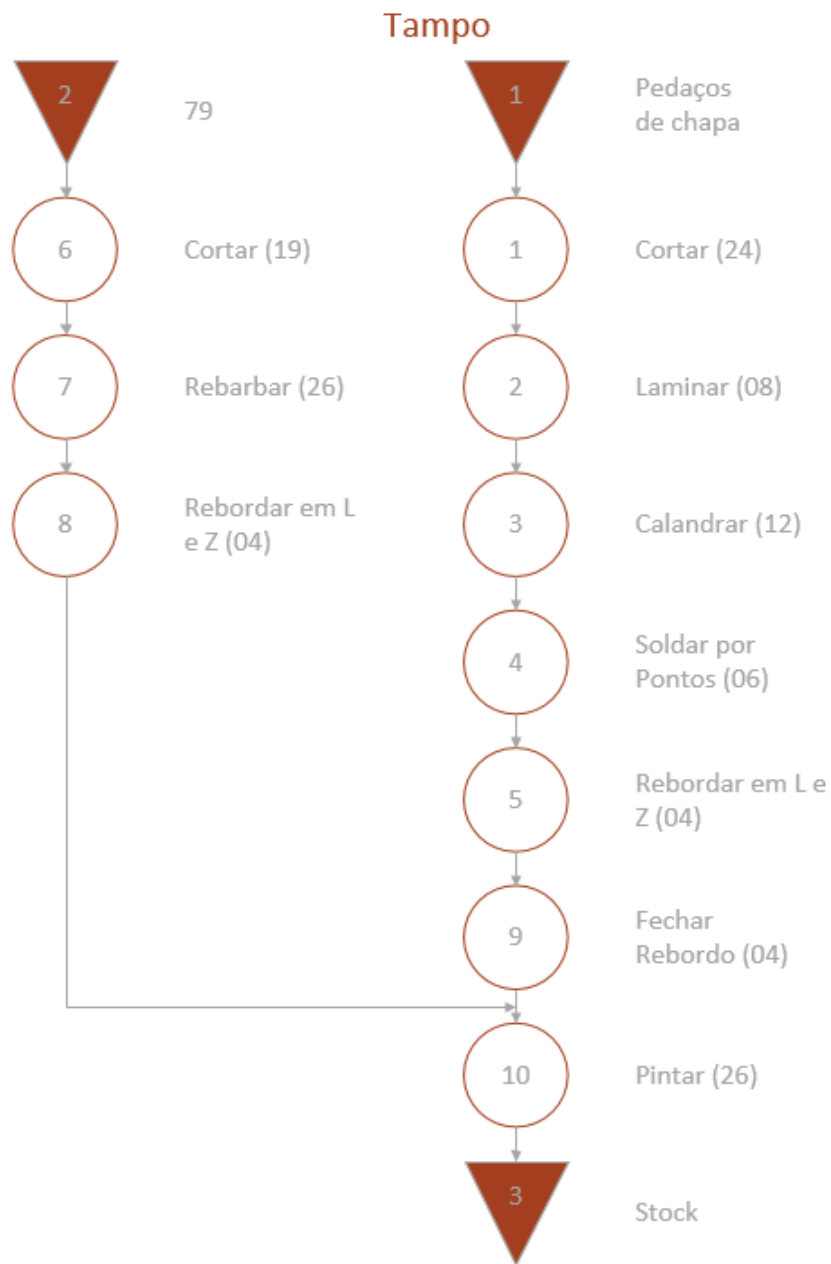


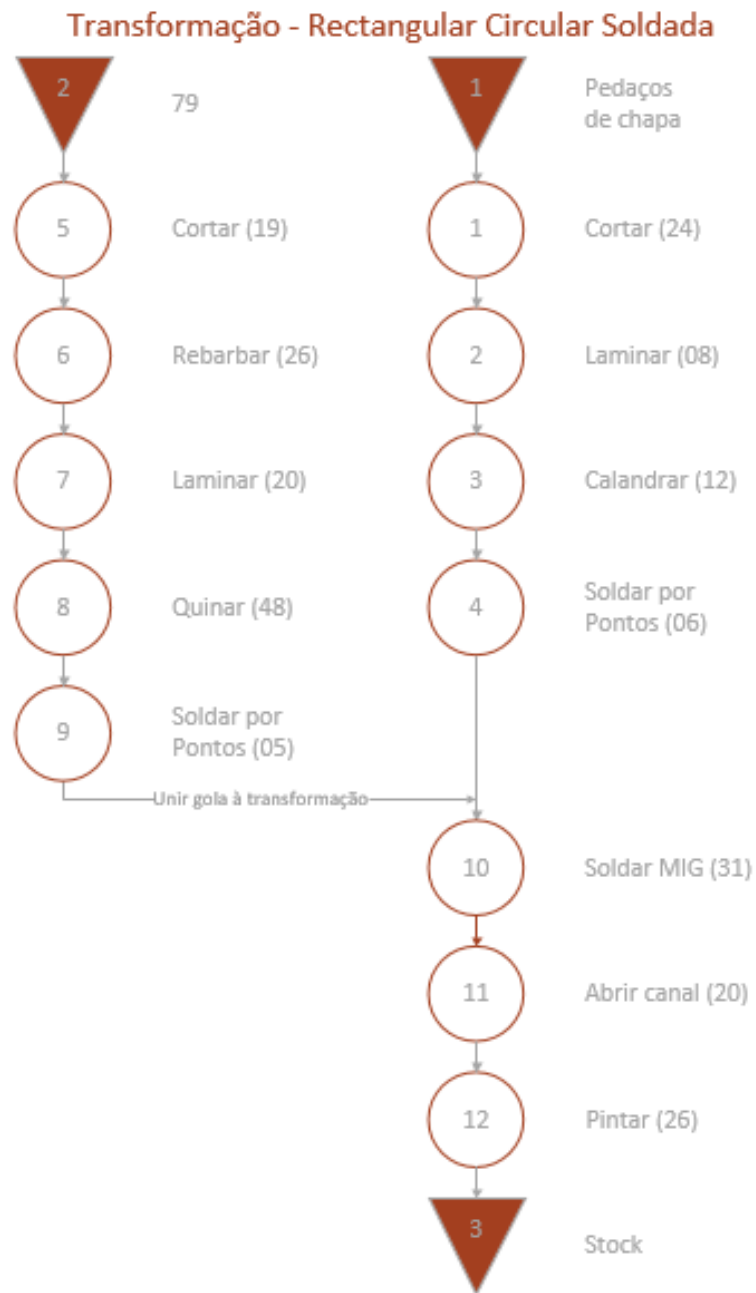


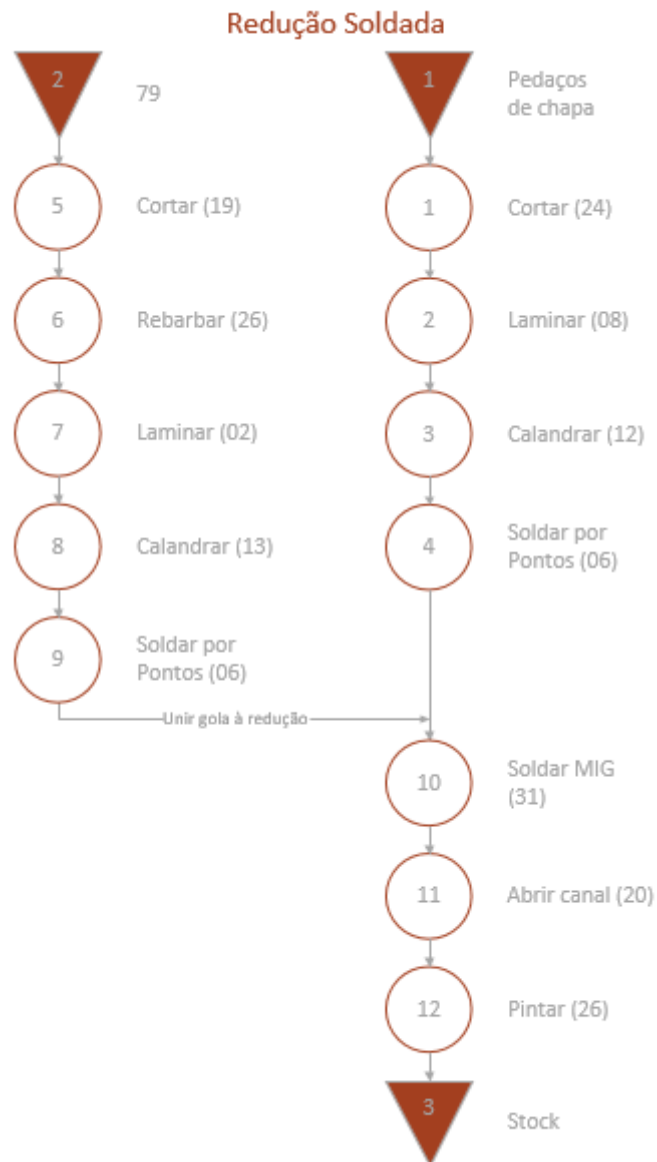


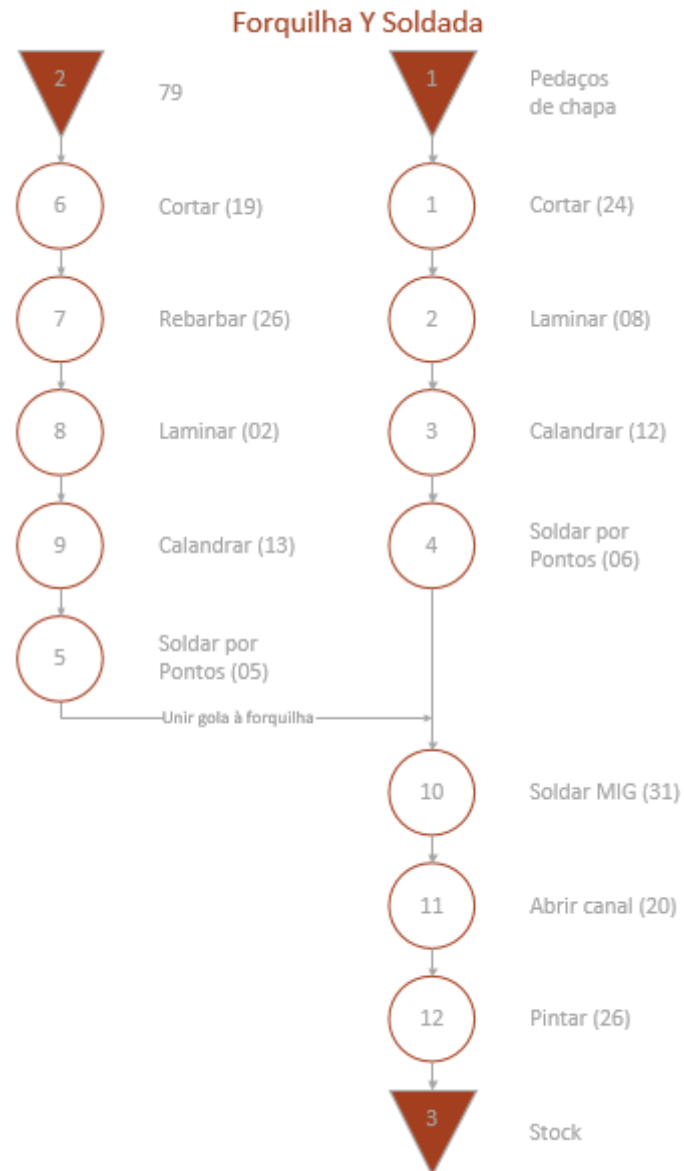
6.2.2 Subfamília A2

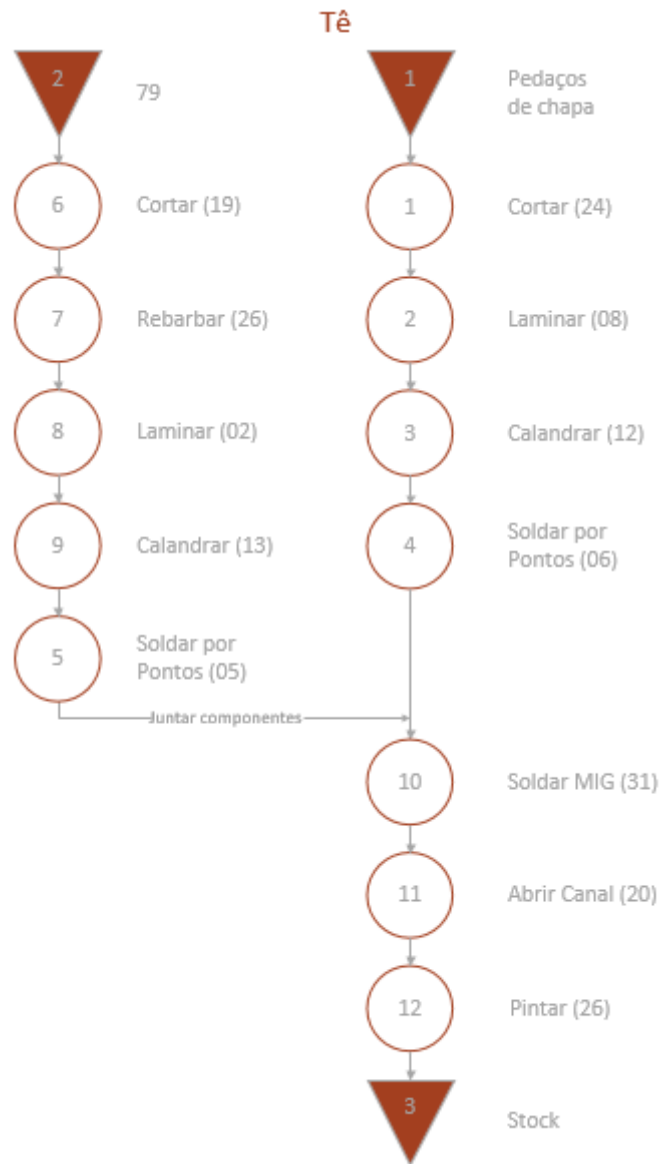










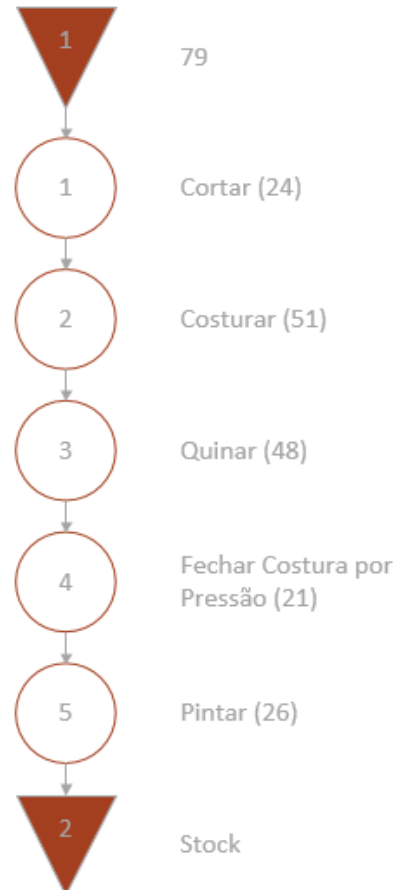


6.2.3 Família B

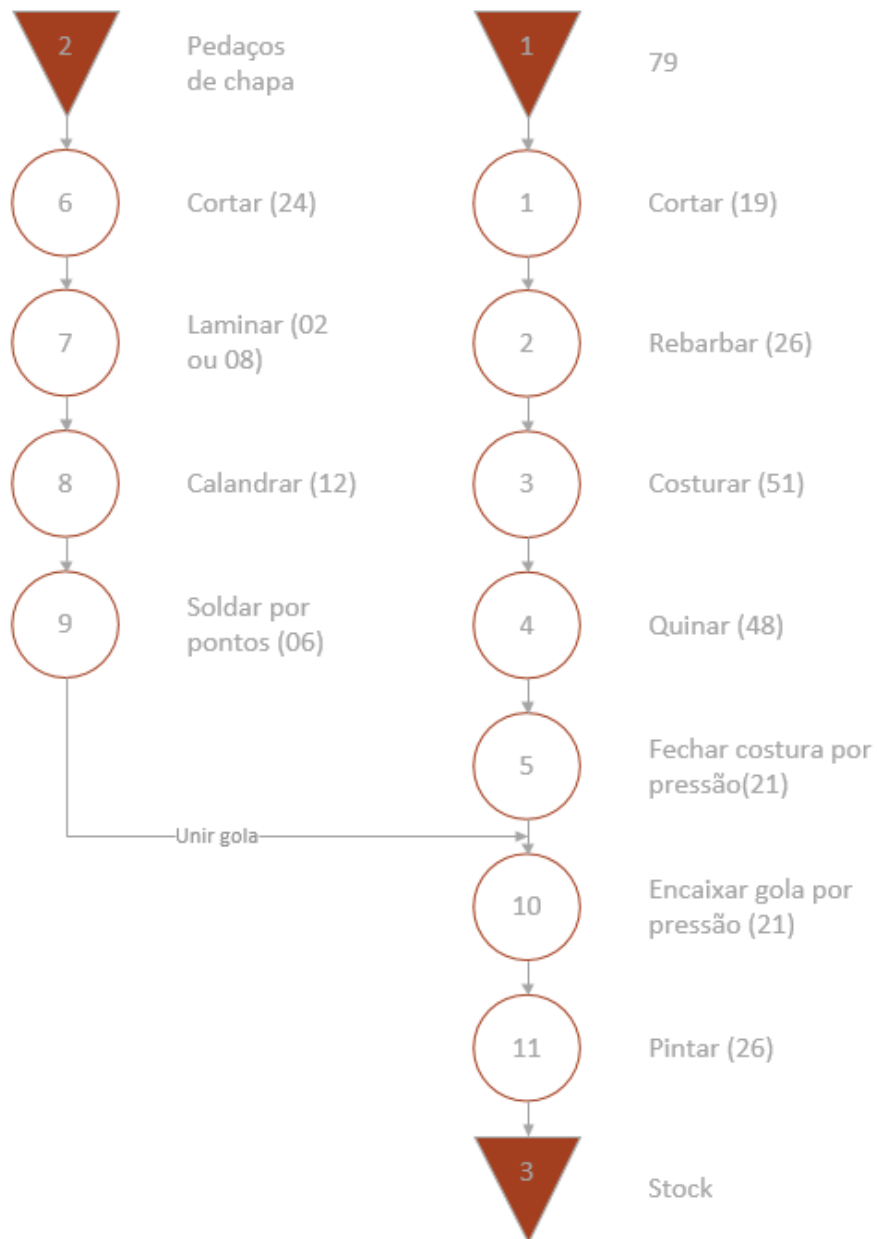
Sapatas para grelhas



Conduitas Retangulares

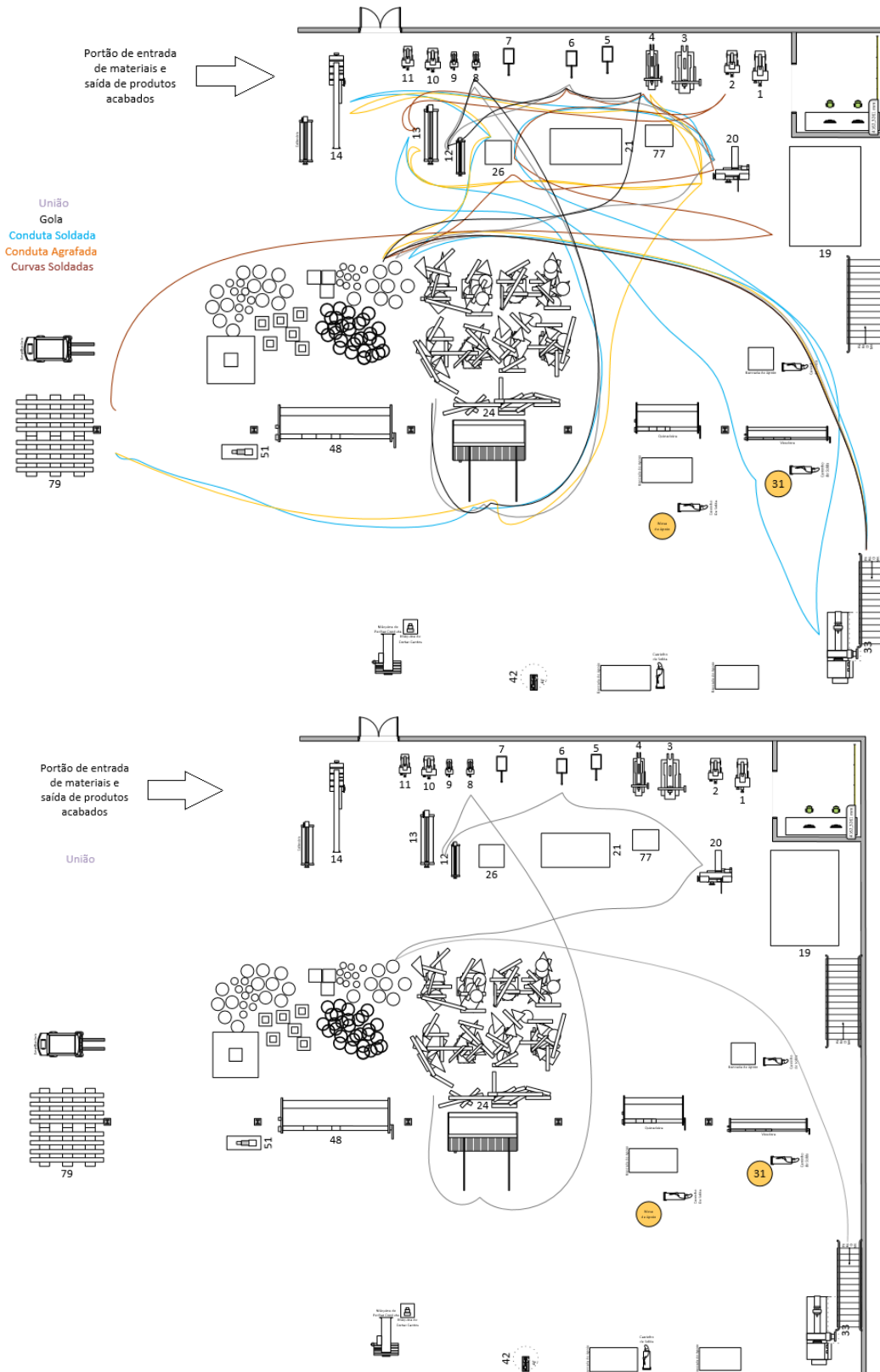


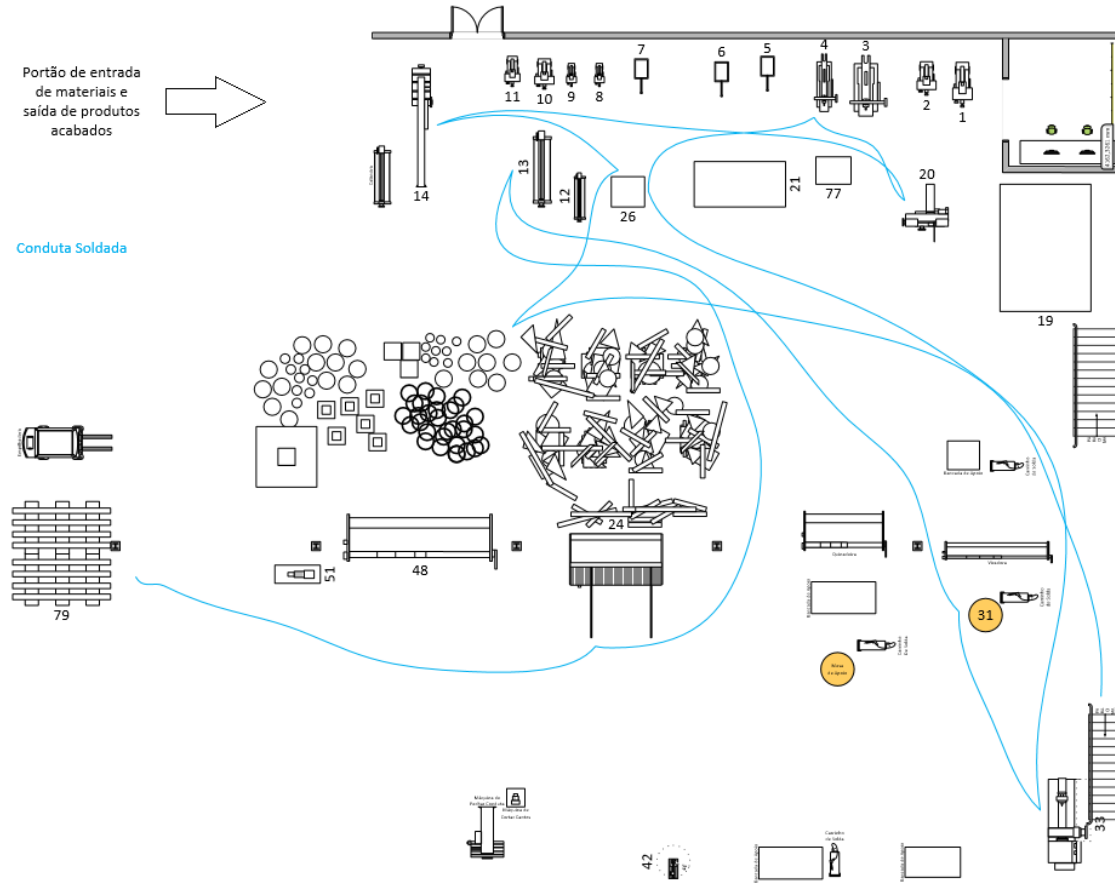
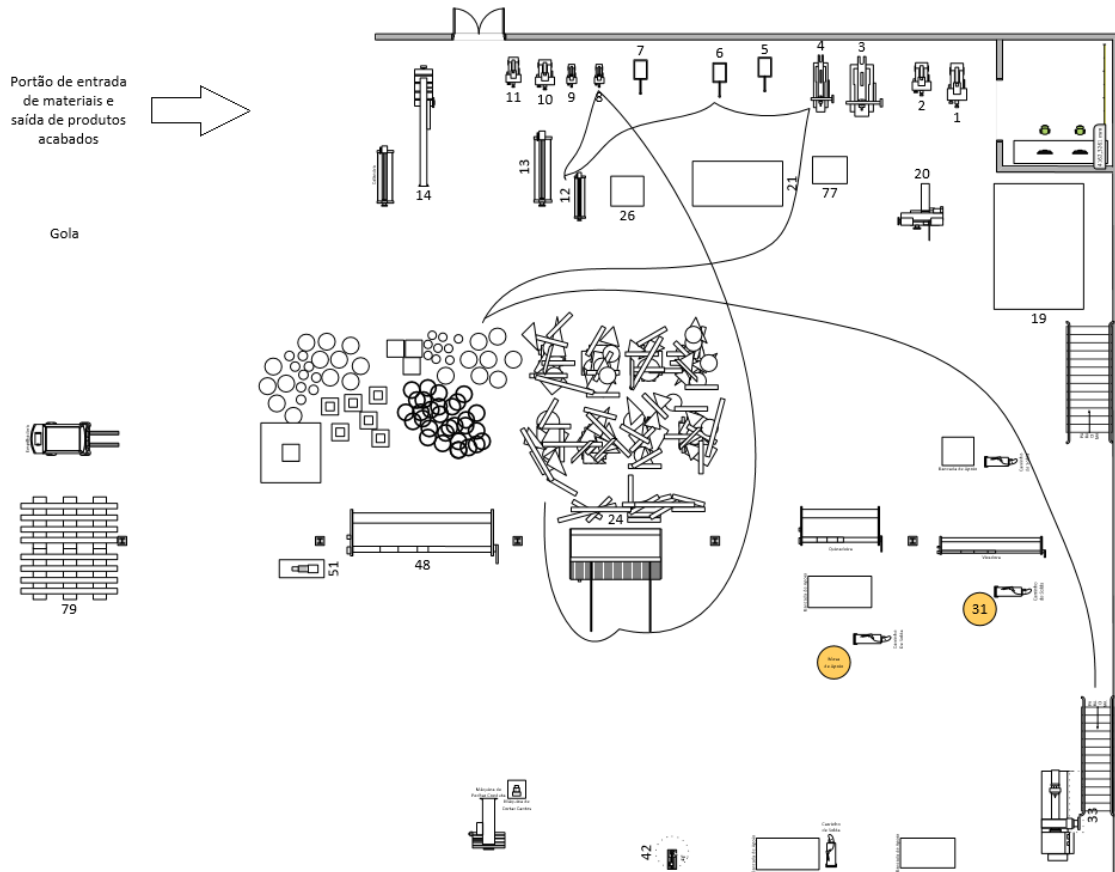
Plenos Retangulares

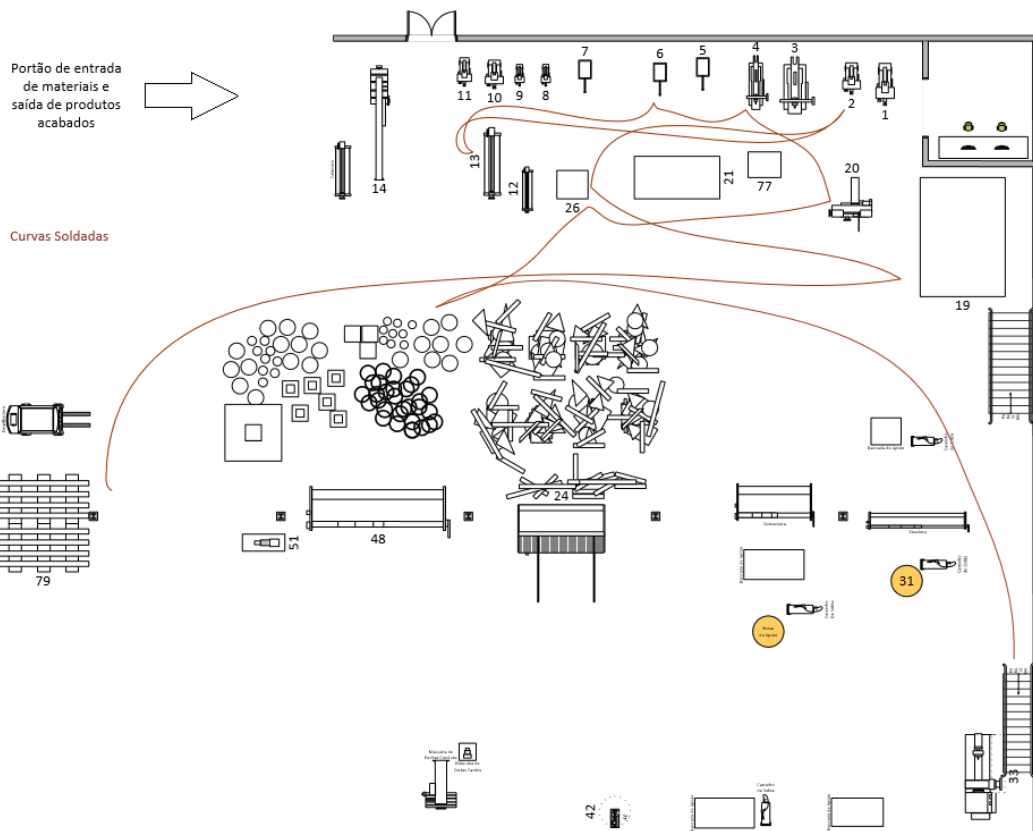
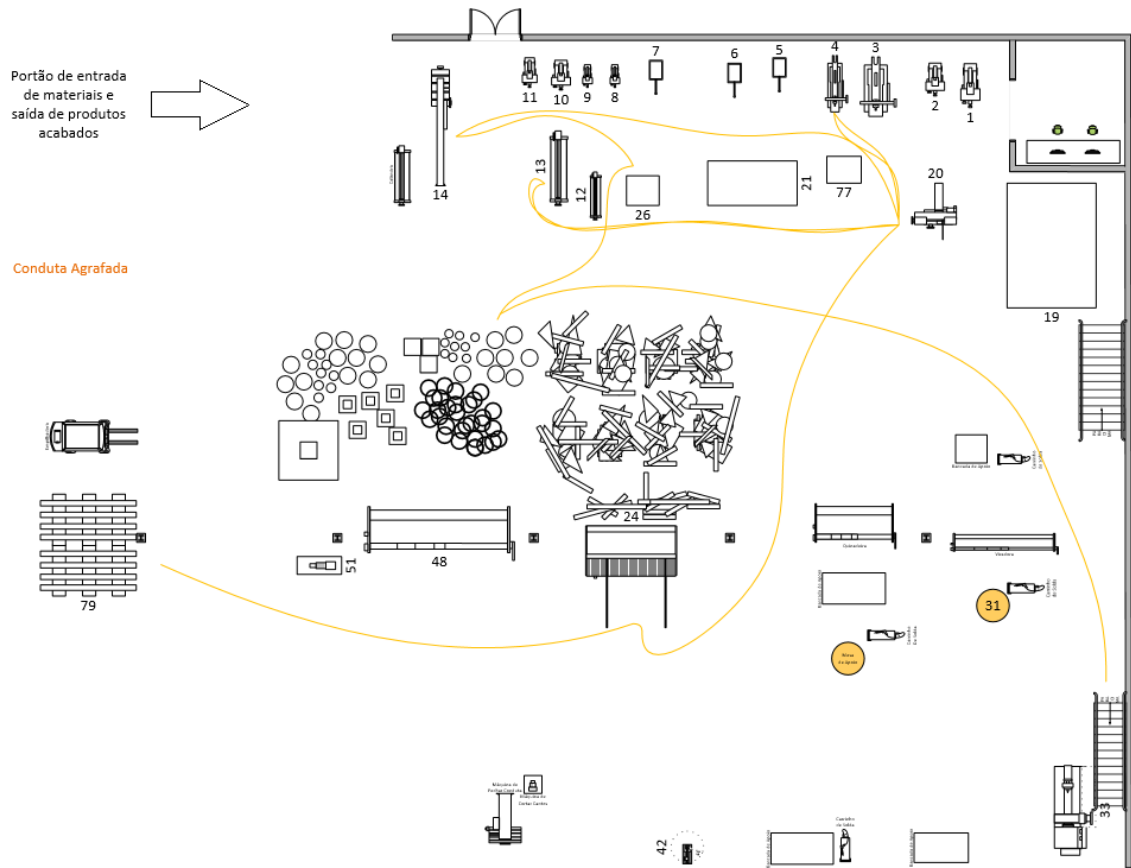


6.3 ANEXO 3 – Diagramas de *Spaghetto Layout Atual*

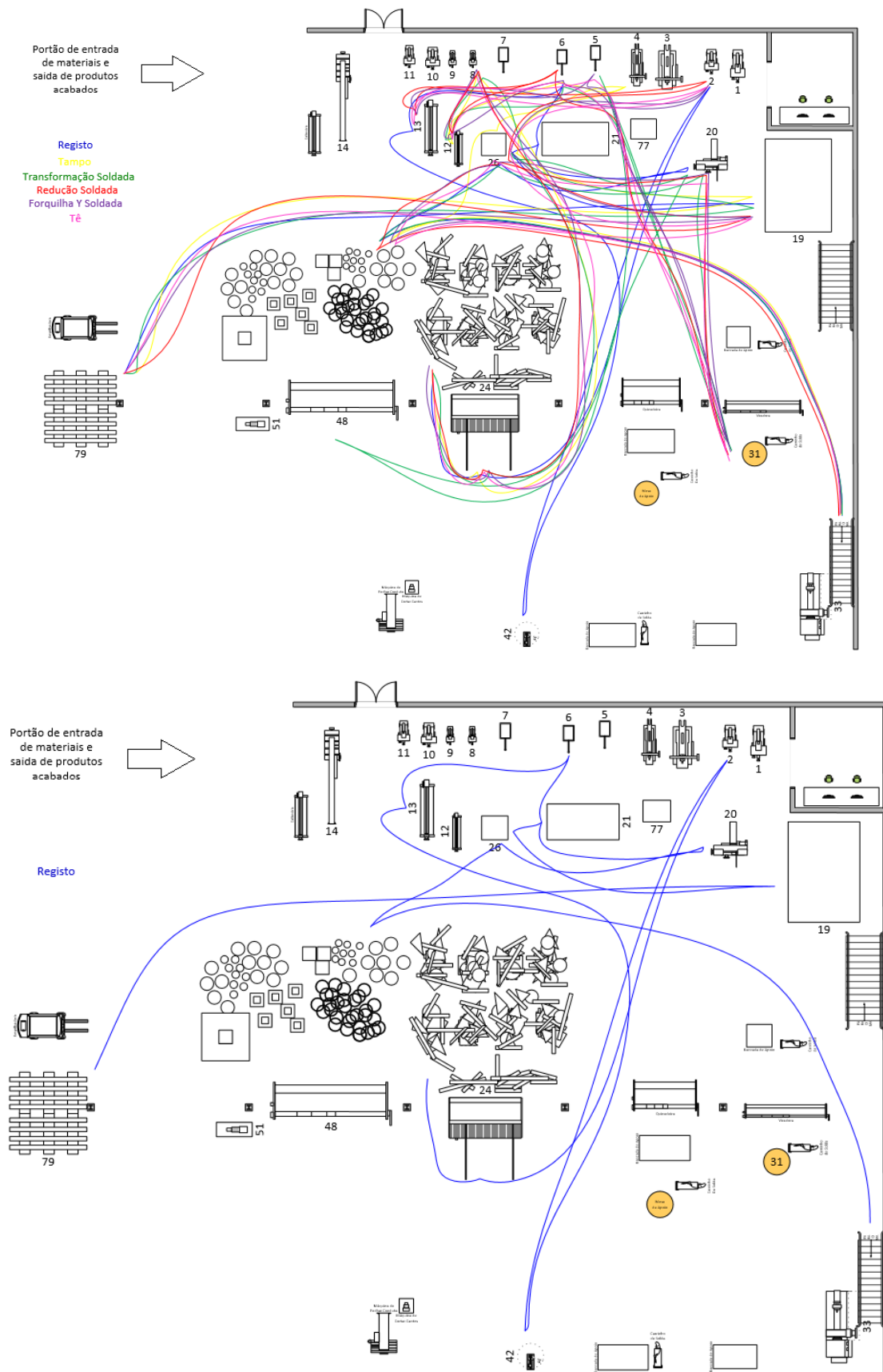
6.3.1 Subfamília A1

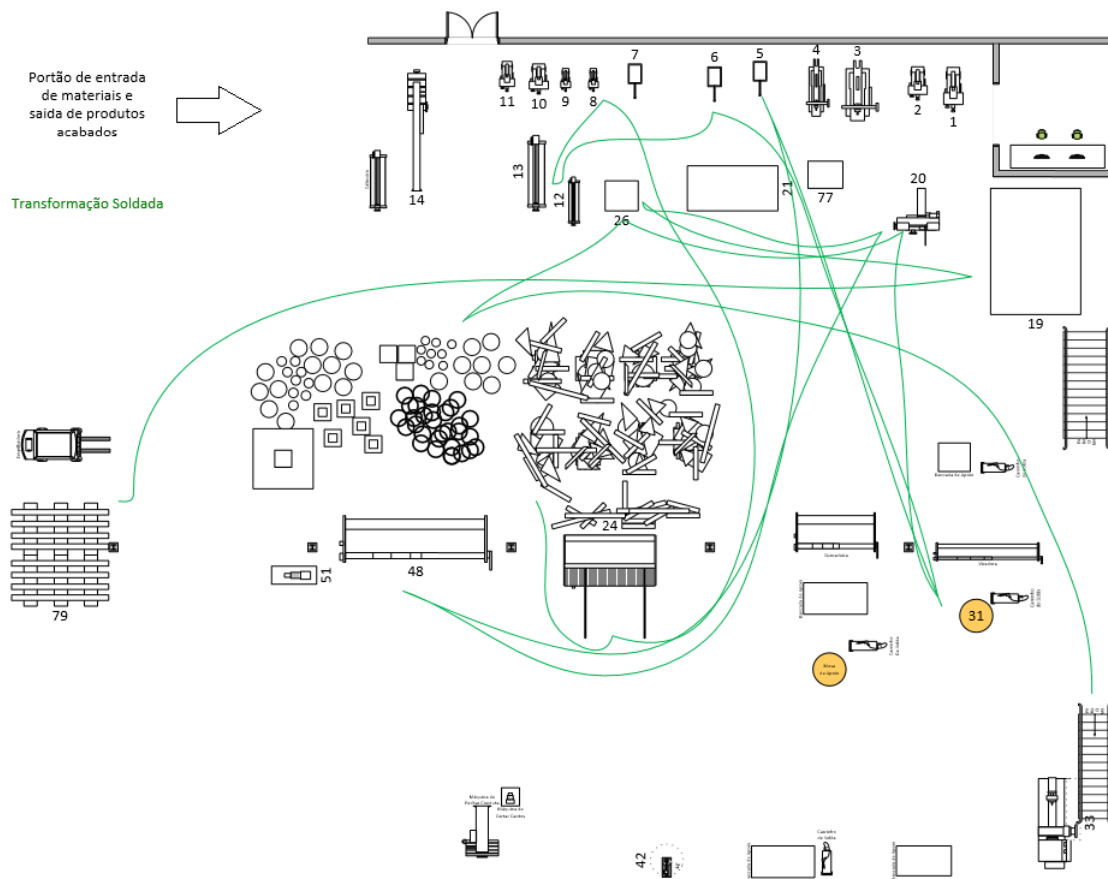
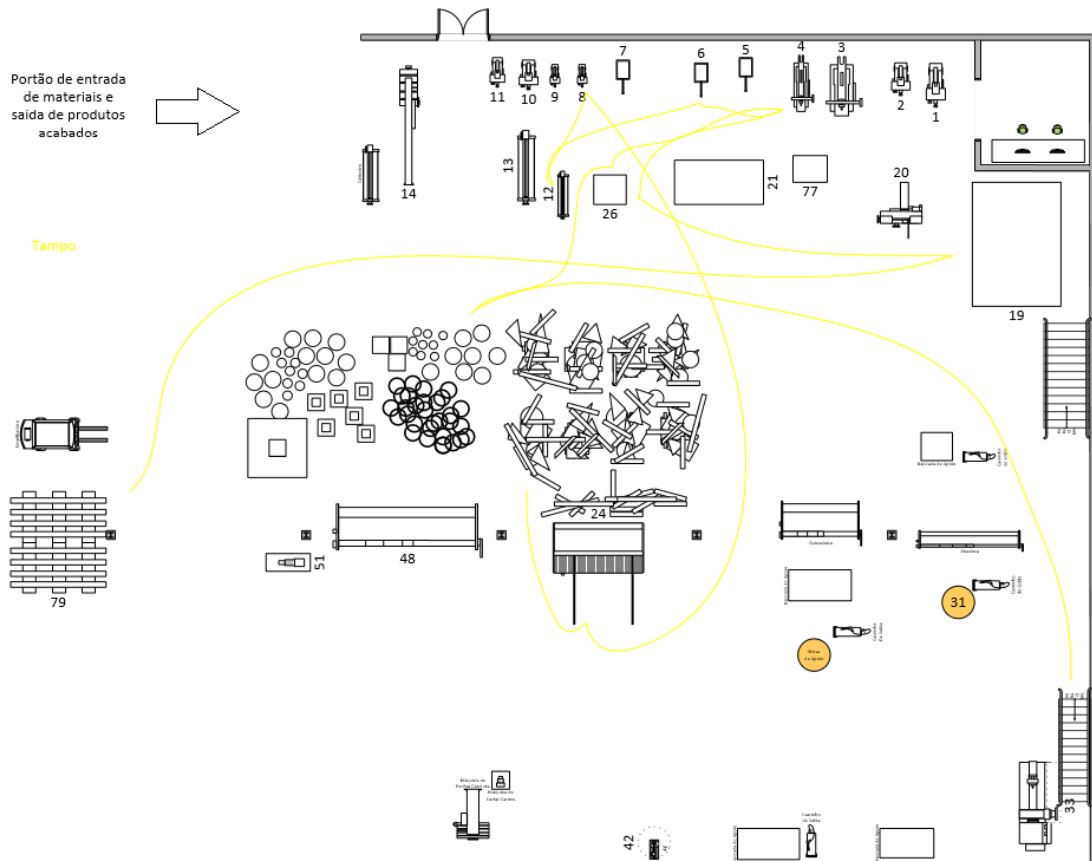


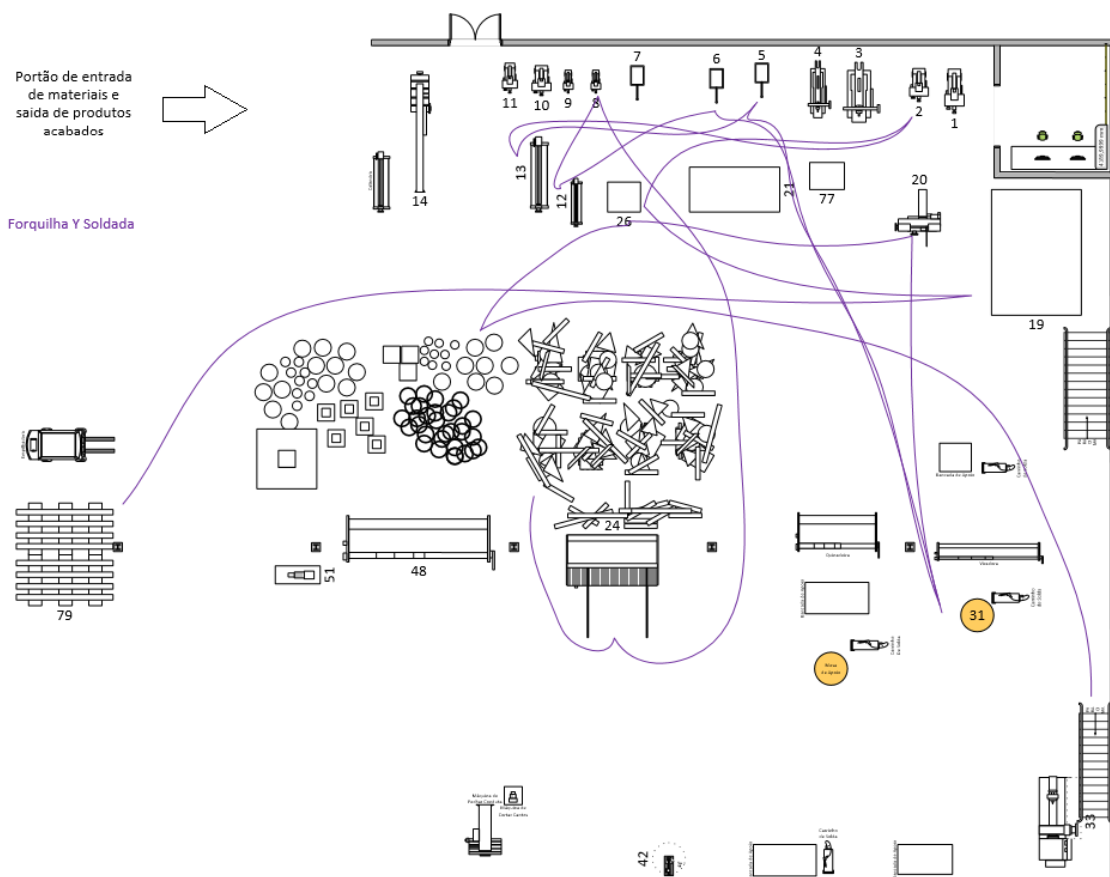
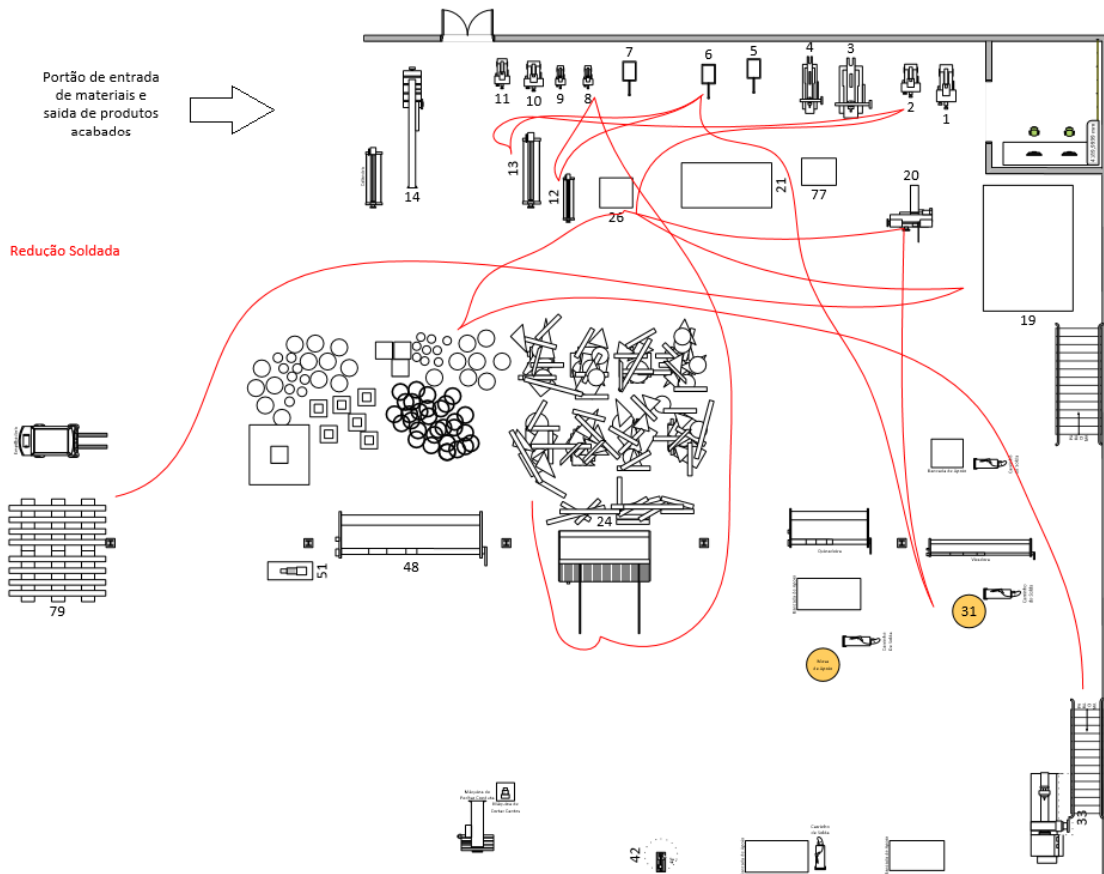


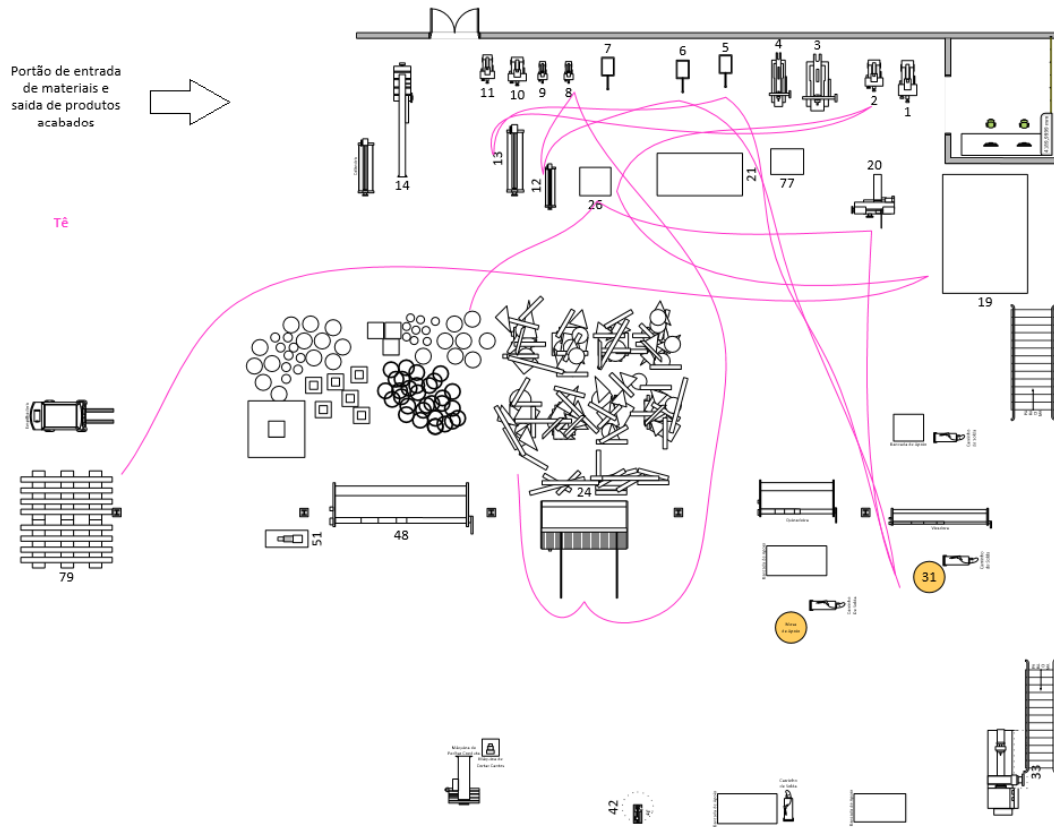


6.3.2 Subfamília A2

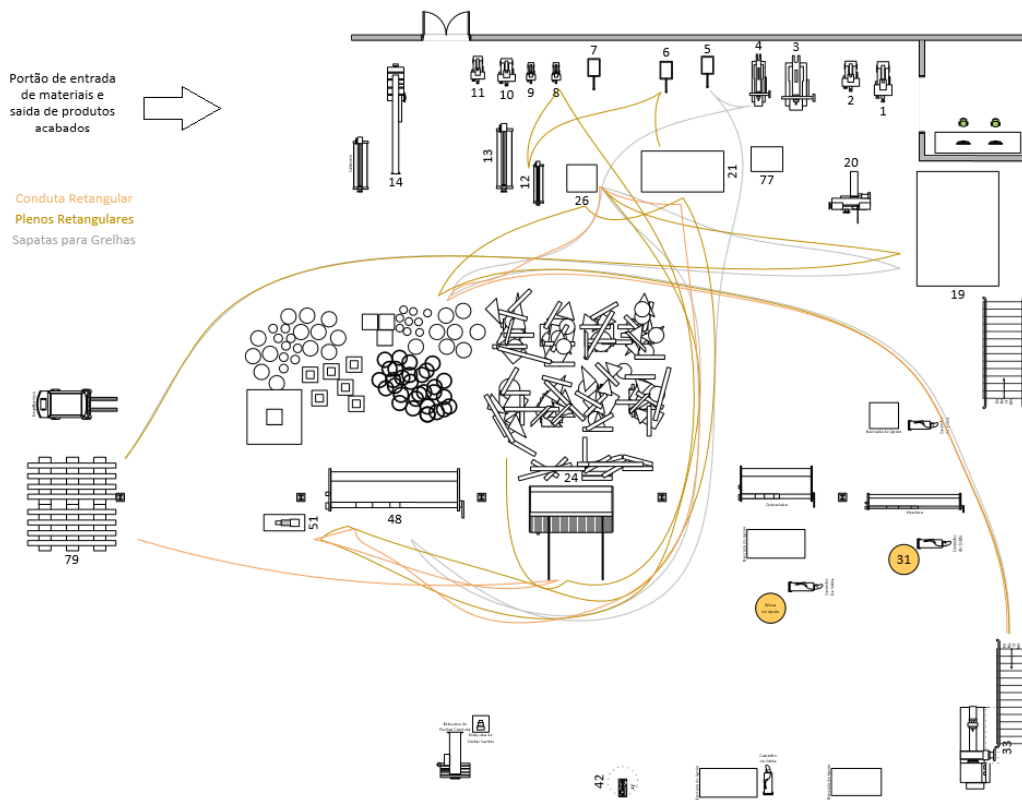


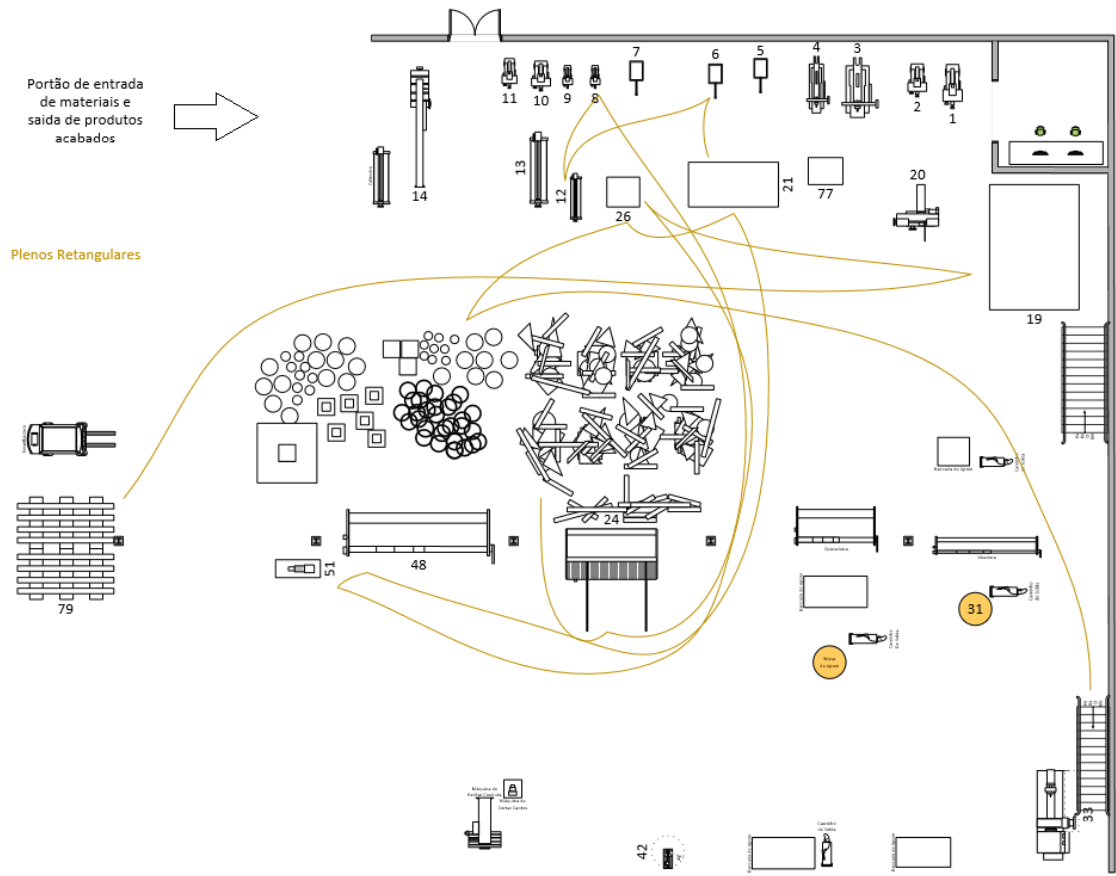
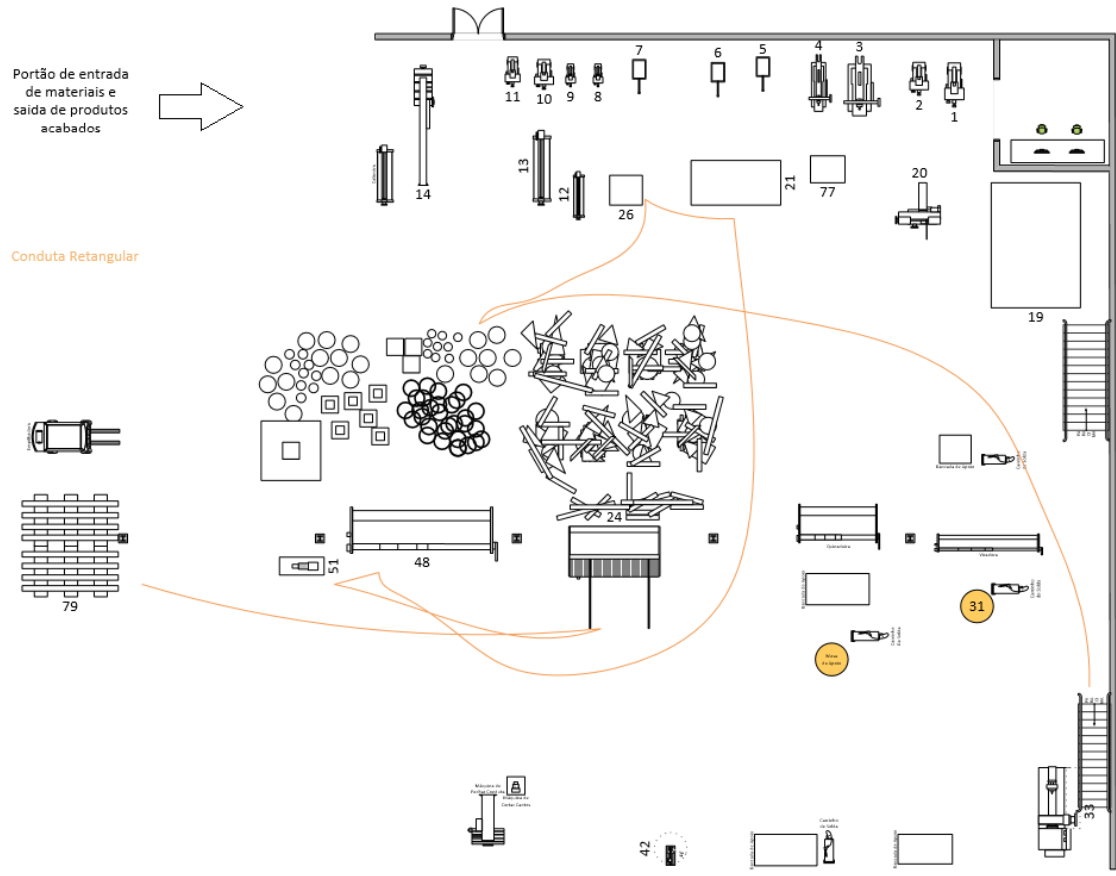


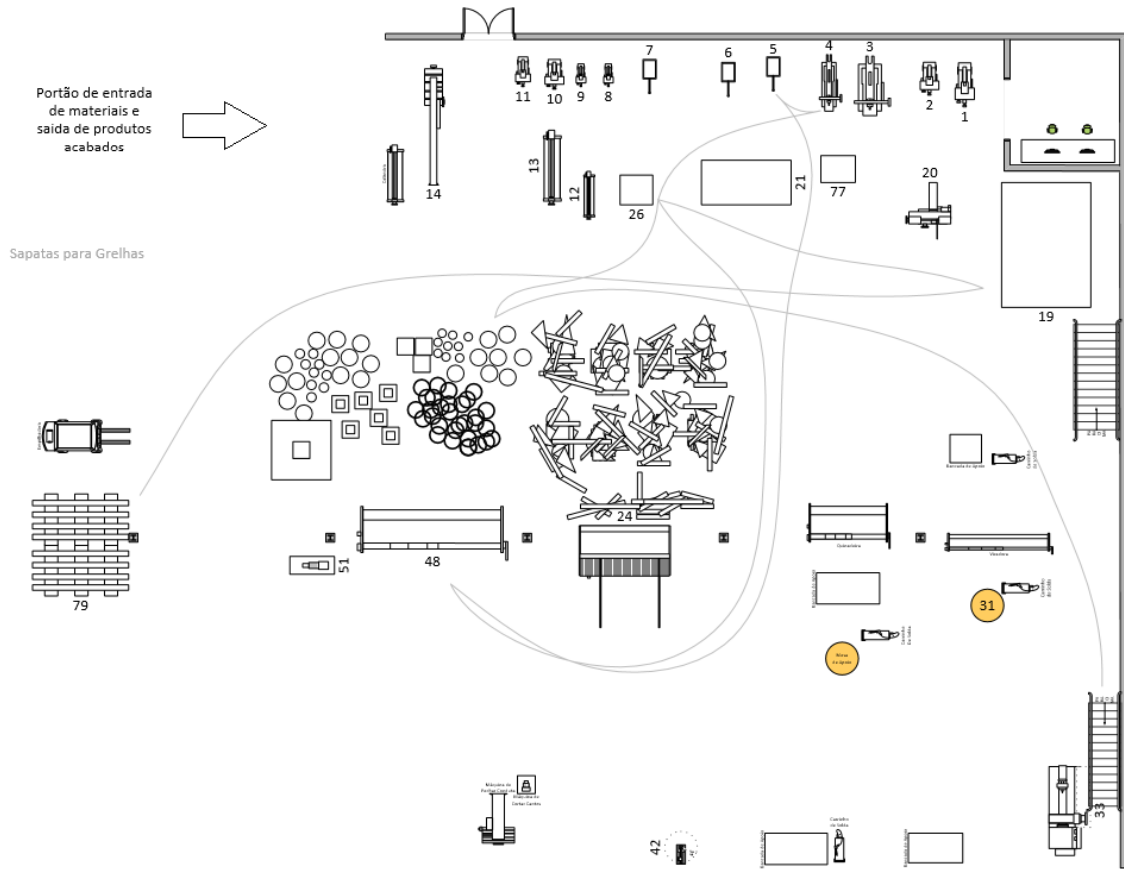




6.3.3 Família B







6.4 ANEXO 4 – Distância Percorrida por cada Produto no *Layout* Atual

6.4.1 Distâncias da Subfamília A1

Produto	Início	Fim	Distância
União	Pedaços de chapa	24	3441
	24	8	24618
	8	12	3067
	12	6	5782
	6	20	7440
	20	Stock	42247
	Total		86595

Produto	Início	Fim	Distância
Gola	Pedaços de chapa	24	3441
	24	8	24618
	8	12	3067
	12	6	5782
	6	4	2913
	4	Stock	42469
	Total		82290

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Soldada	79	24	15661
	24	13	20865
	13	31	21133
	31	33	7159
	33	26	27199
	26	4	6389
	4	20	4341
	20	14	16496
	14	26	6444
	26	Stock	34161
Total		159848	

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Agrafada	79	24	15661
	24	20	20022
	20	13	14758
	13	20	14758

	20	4	4341
	4	20	4341
	20	14	16496
	14	26	6444
	26	Stock	34161
	Total		130982

Produto	Início	Fim	Distância
Curvas Soldadas	79	19	31584
	19	26	11626
	26	2	9716
	2	13	14969
	13	6	7883
	6	4	3255
	4	20	4498
	20	26	9290
	26	Stock	34161
		Total	

6.4.2 Distâncias da Subfamília A2

Produto	Início	Fim	Distância
Registo	79	19	31584
	19	26	11626
	26	21	1203
	Pedaços de chapa	24	3441
	24	2	23035
	2	42	25815
	42	13	28135
	13	6	7883
	6	21	1754
	21	20	7001
	20	26	9290
	26	Stock	34161
	Total		184928

Produto	Início	Fim	Distância
Tampo	79	19	31584
	19	26	11626
	26	4	6389

Pedaços de chapa	24	3441
24	8	24618
8	12	3067
12	6	5782
6	4	2913
4	26	6381
26	Stock	34161
Total		129962

Produto	Início	Fim	Distância
Transformação Soldada	79	19	31584
	19	26	11626
	26	20	9290
	20	48	26302
	48	5	30642
	5	31	18581
	Pedaços de chapa	24	3441
	24	8	24618
	8	12	3067
	12	6	5782
	6	31	19216
	31	20	12892
	20	26	9290
	26	Stock	34161
Total		240492	

Produto	Início	Fim	Distância
Redução Soldada	79	19	31584
	19	26	11626
	26	2	9716
	2	13	14969
	13	6	7883
	6	31	19216
	Pedaços de chapa	24	3441
	24	8	24618
	8	12	3067
	12	6	5782
	6	31	19216
	31	20	12892
	20	26	9290

	26	Stock	34161
	Total		207461

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	31584
	19	26	11626
	26	2	9716
	2	13	14969
	13	5	9064
	5	31	18581
	Pedaços de chapa	24	3441
Forquilha Y Soldada	24	8	24618
	8	12	3067
	12	6	5782
	6	31	19216
	31	20	12892
	20	26	9290
	26	Stock	34161
	Total		208007

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	31584
	19	26	11626
	26	2	9716
	2	13	14969
	13	5	9064
	5	31	18581
	Pedaços de chapa	24	3441
Tê	24	8	24618
	8	12	3067
	12	6	5782
	6	31	19216
	31	20	12892
	20	26	9290
	26	Stock	34161
	Total		208007

6.4.3 Distâncias da Família B

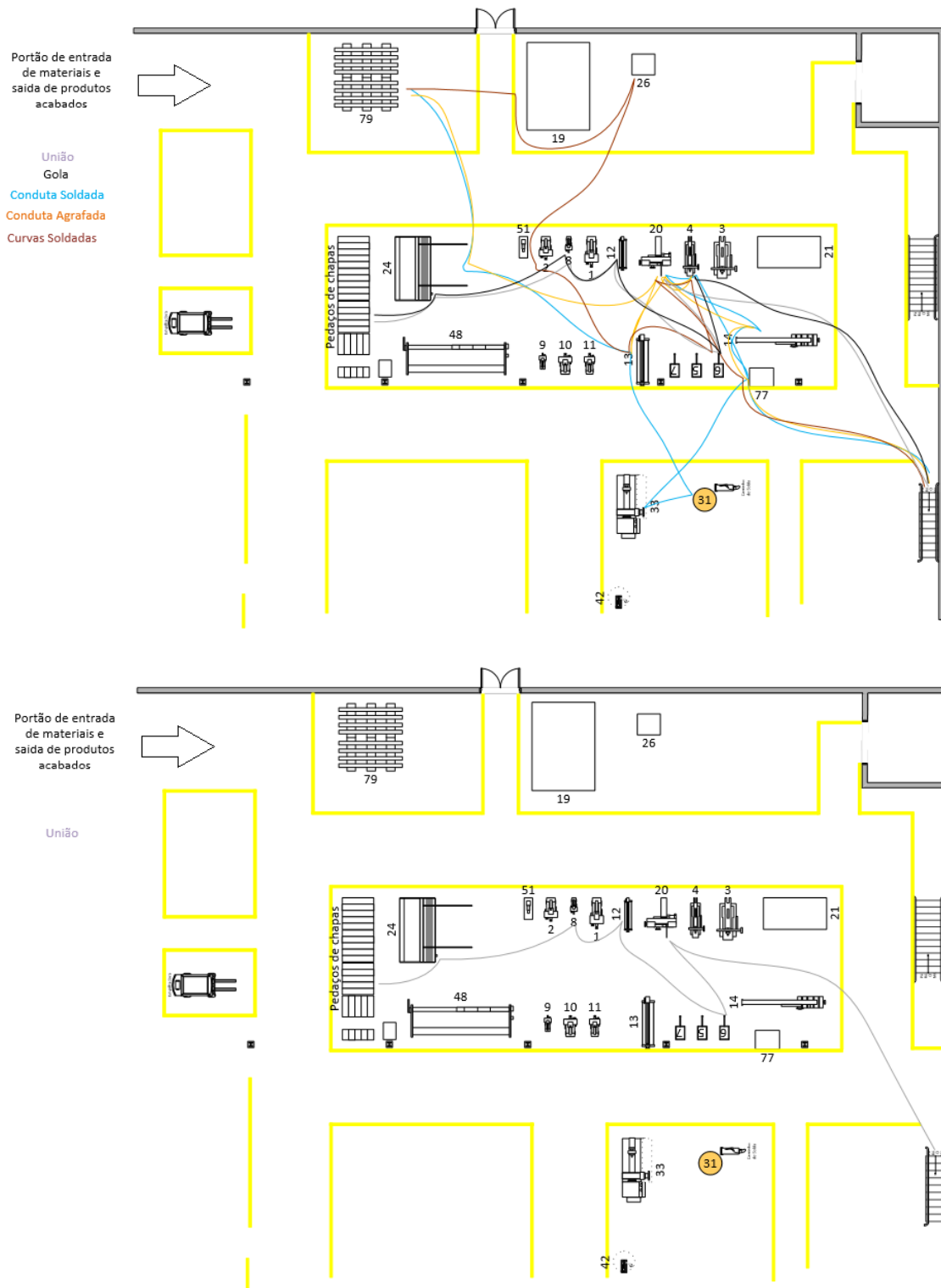
Produto	Início	Fim	Distância
Sapatos para Grelhas	79	19	31584
	19	26	11626
	26	48	27191
	48	5	30642
	5	4	1723
	4	26	6381
	26	Stock	34161
Total			143308

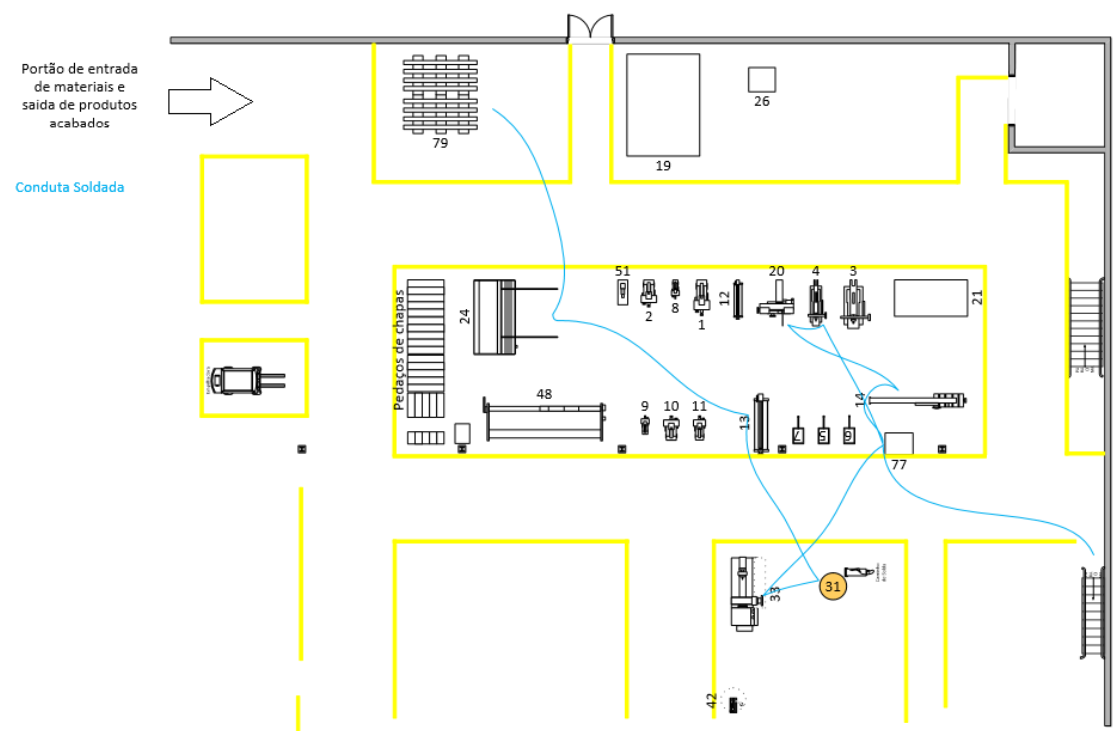
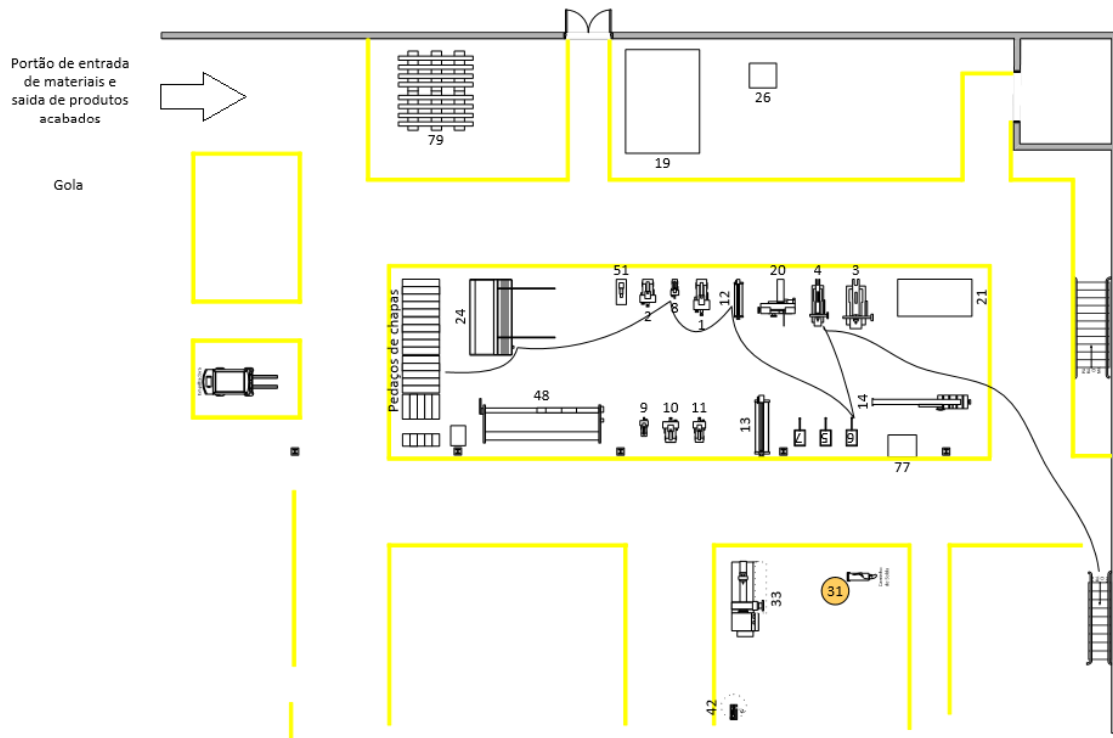
Produto	Início	Fim	Distância
Plenos Retangulares	Pedaços de chapa	24	3441
	24	8	24618
	8	12	3067
	12	6	5782
	6	21	1754
	79	19	31584
	19	26	11626
	26	51	28599
	51	48	1527
	48	21	26156
	21	26	1203
	26	Stock	34161
Total			173518

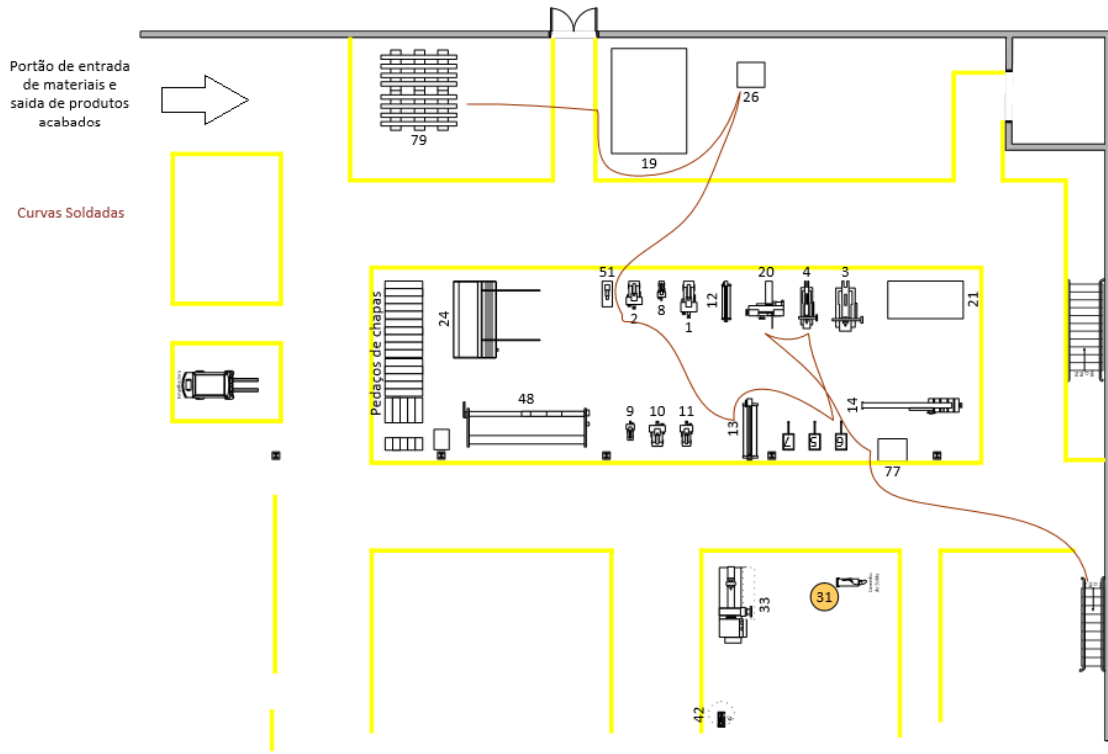
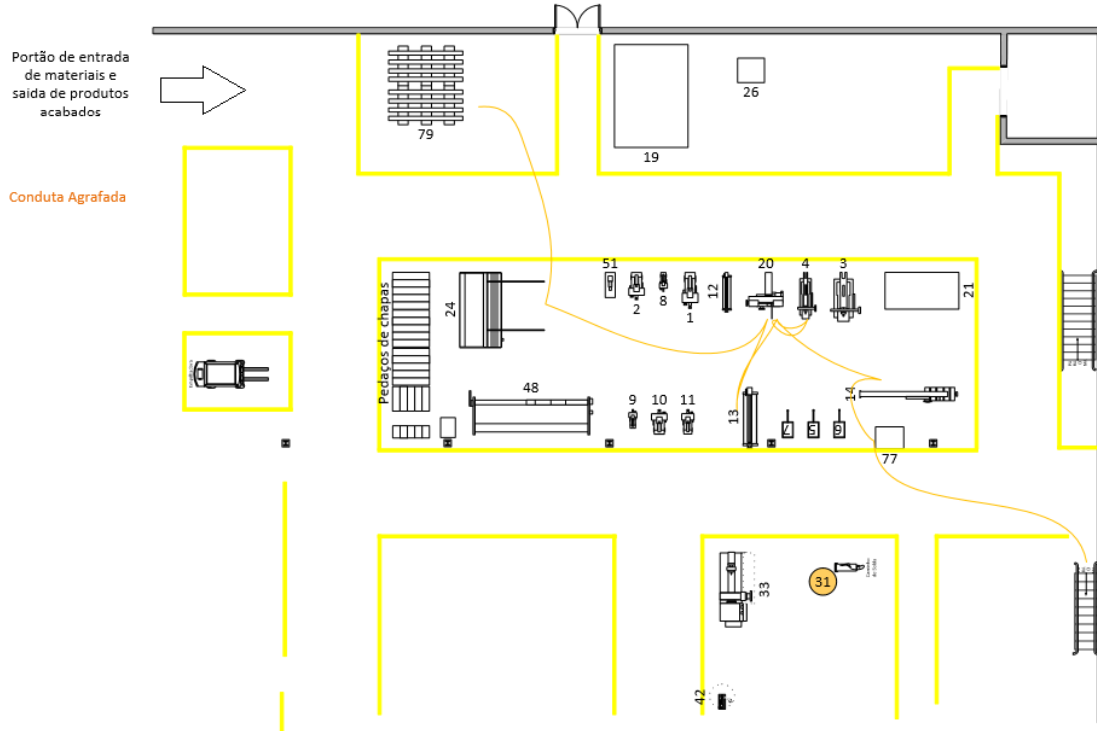
Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Retangular	79	24	15661
	24	51	8820
	51	48	1527
	48	21	26156
	21	26	1203
	26	Stock	34161
Total			87528

6.5 ANEXO 5 - Diagramas de *Spaghetti* do *Layout Ideal*

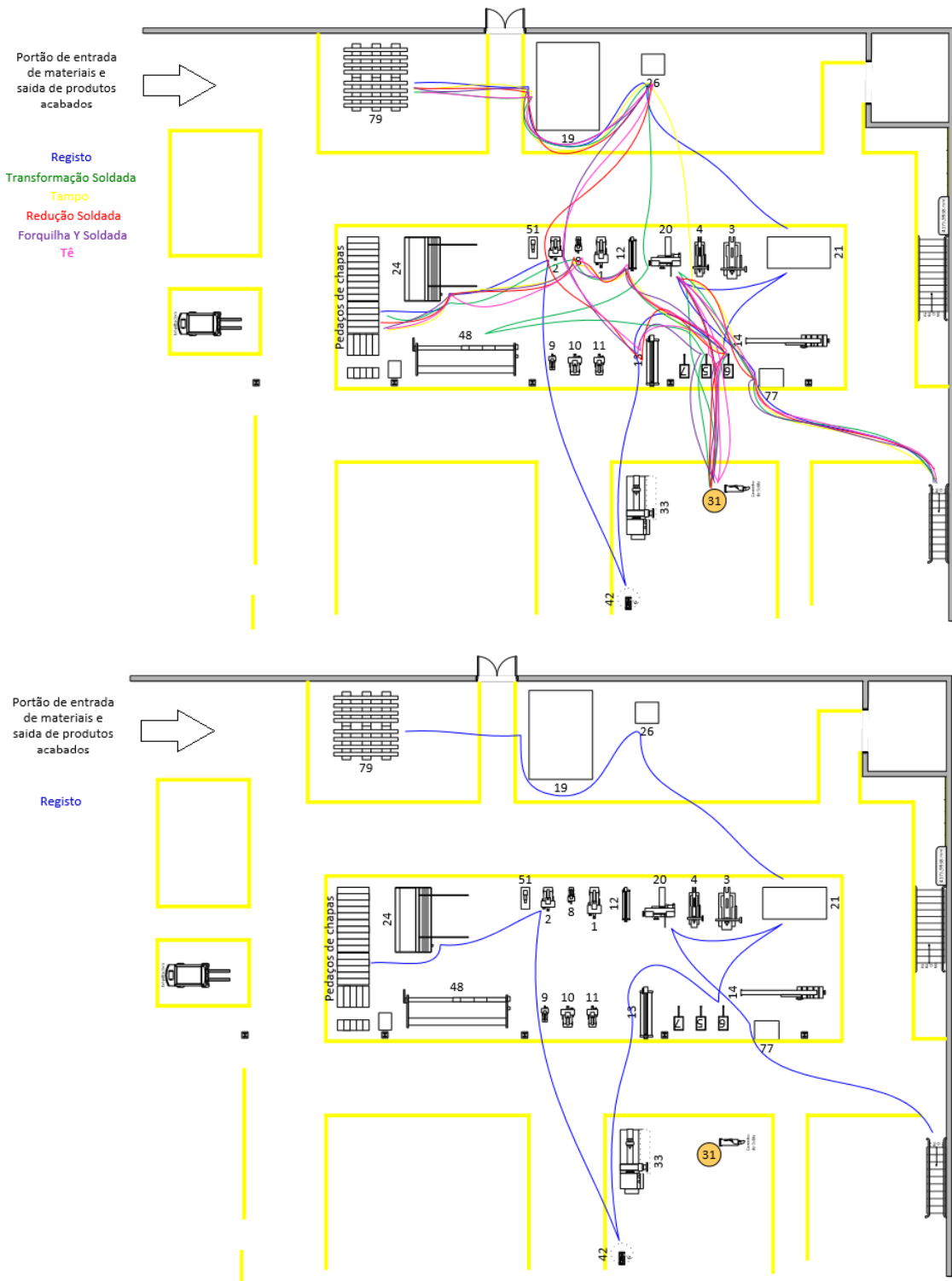
6.5.1 Subfamília A1

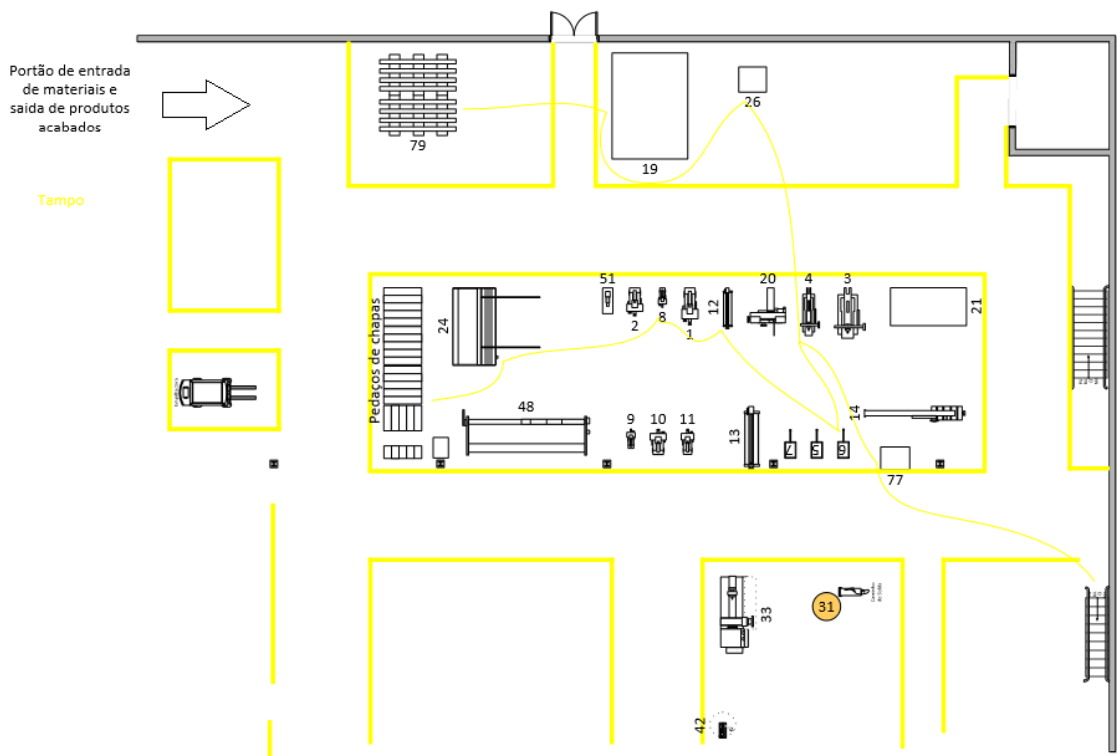
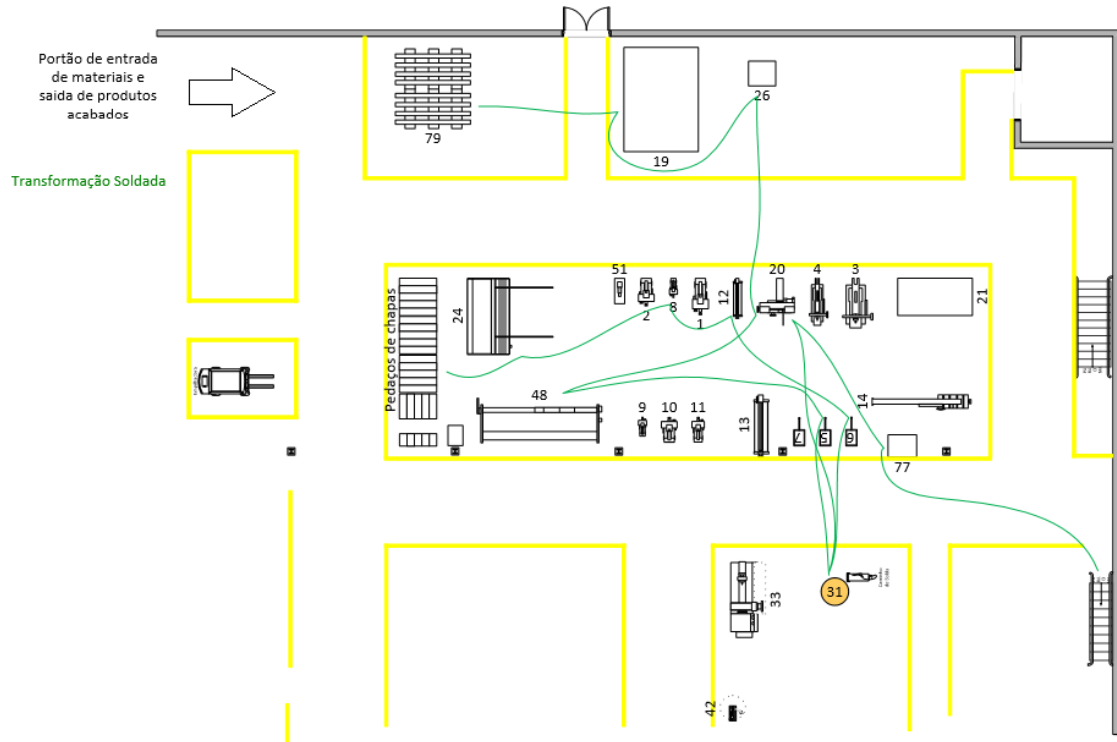


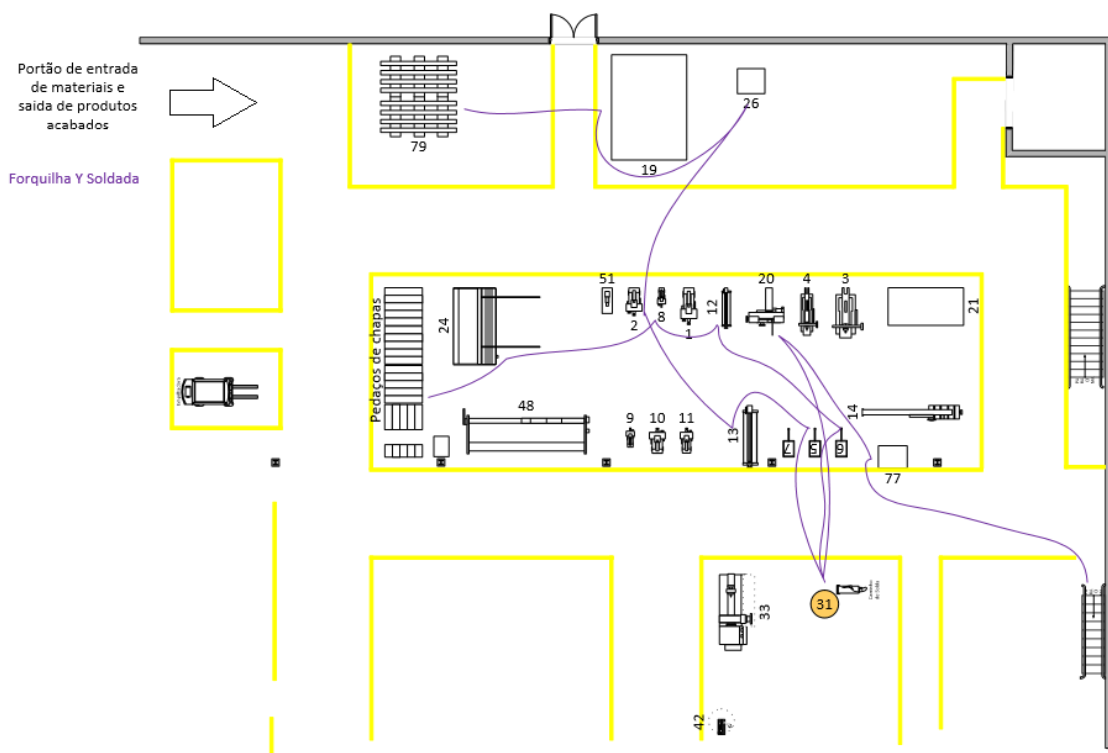
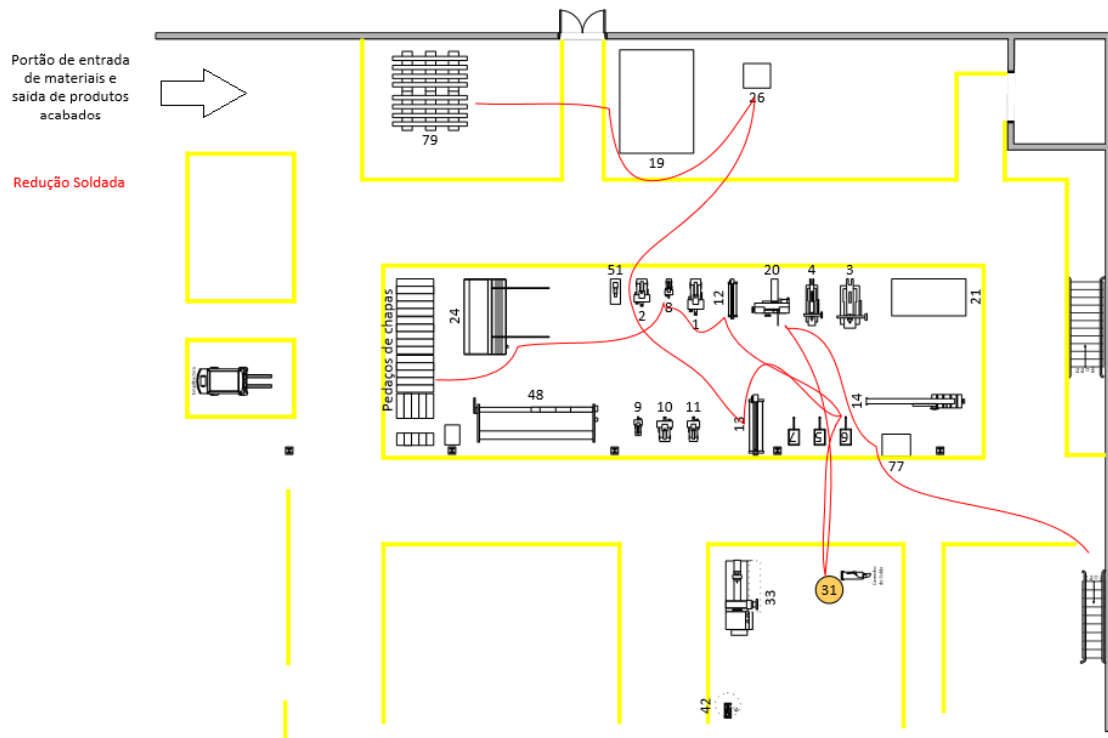


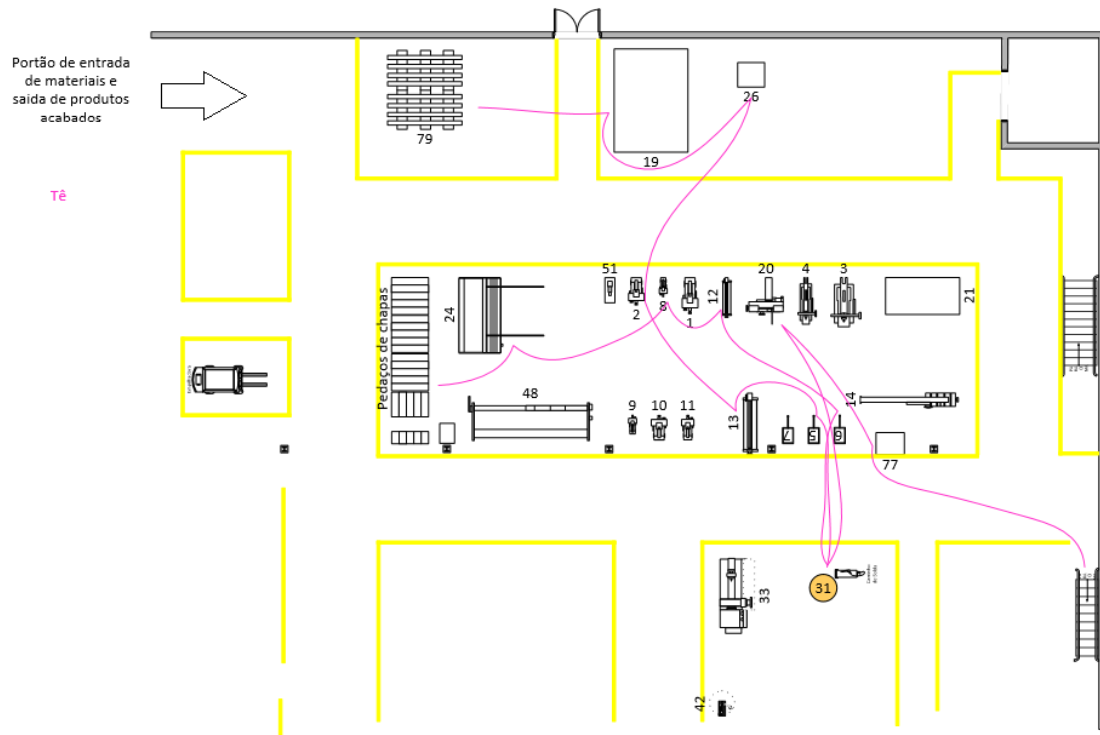


6.5.2 Subfamília A2

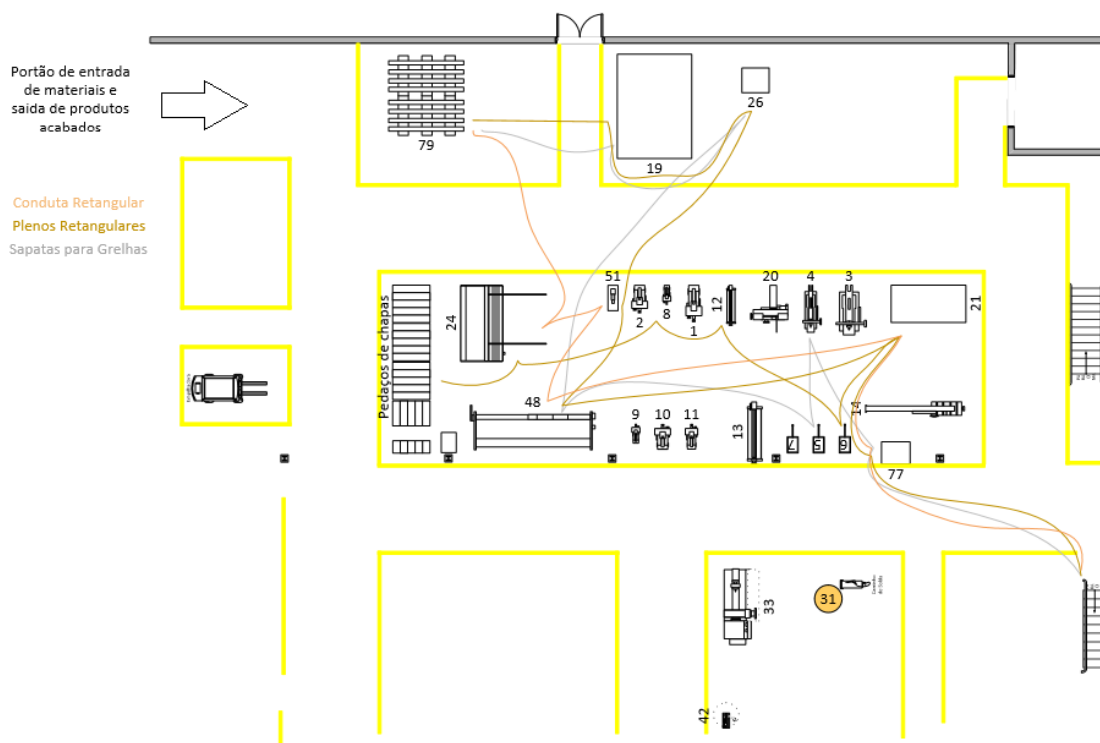


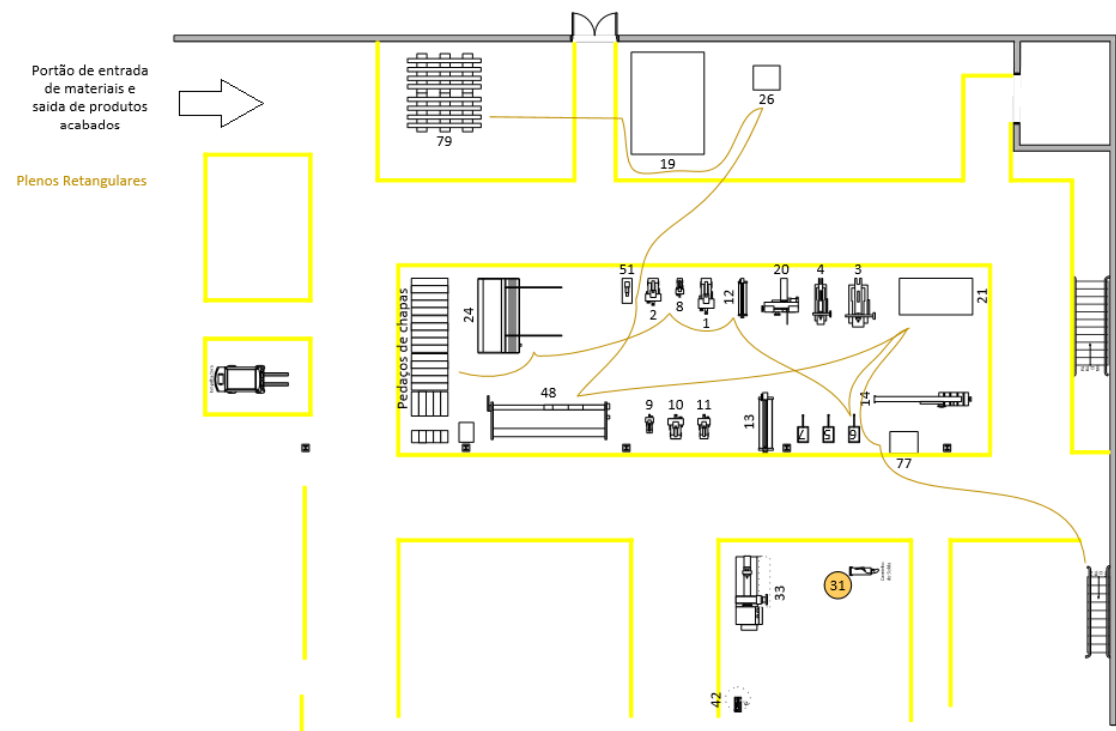
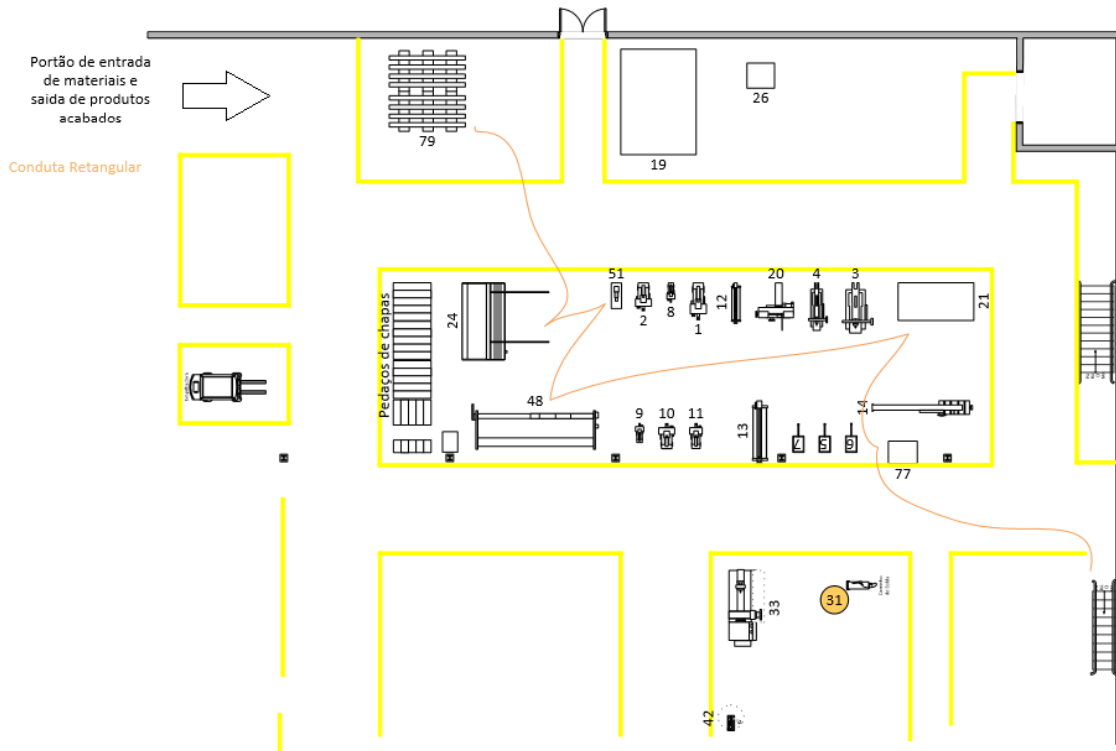


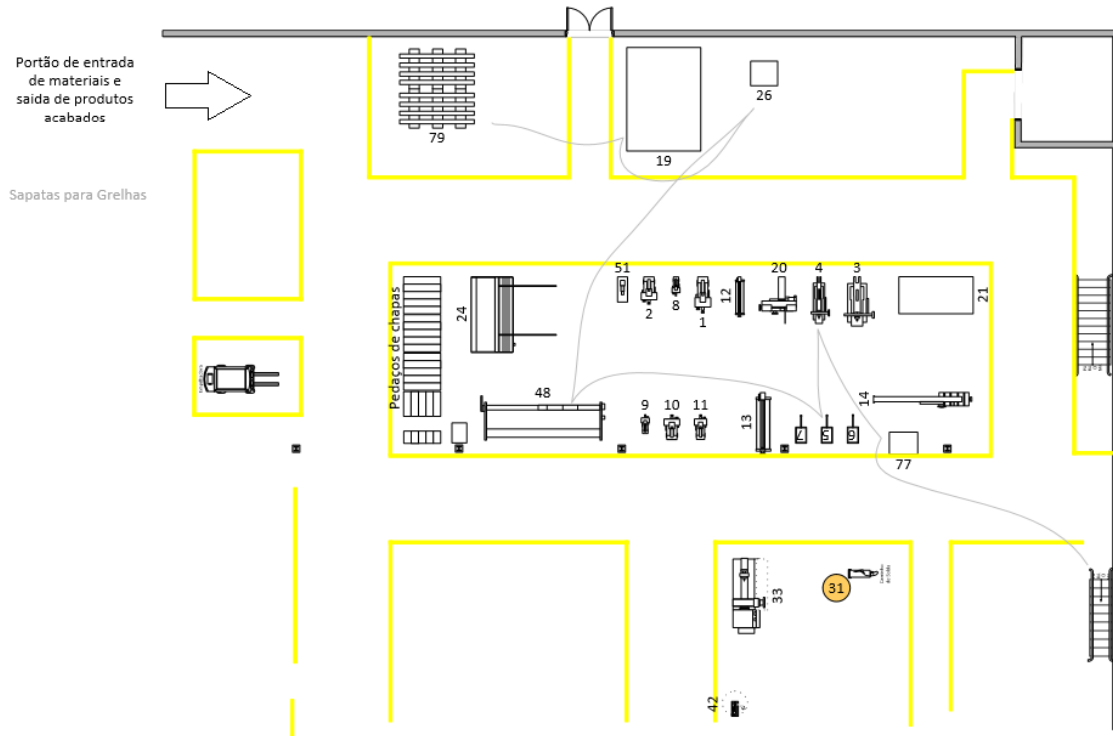




6.5.3 Família B







6.6 ANEXO 6 – Distância Percorrida por cada Produto no *Layout* Ideal

6.6.1 Distâncias da Subfamília A1

Produto	Início	Fim	Distância
União	Pedaços de chapa	24	3637
	24	8	5956
	8	12	2819
	12	6	6712
	6	20	4279
	20	Stock	4917
	Total		15717

Produto	Início	Fim	Distância
Gola	Pedaços de chapa	24	3637
	24	8	5956
	8	12	2819
	12	6	6712
	6	4	3809
	4	Stock	15288
	Total		38221

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Soldada	79	24	8706
	24	13	8663
	13	31	7253
	31	33	2062
	33	26	7482
	26	4	5090
	4	20	1244
	20	14	4358
	14	26	3381
	26	Stock	9647
Total		57886	

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Agrafada	79	24	8706
	24	20	10317
	20	13	4024

	13	20	4024
	20	4	1094
	4	20	1094
	20	14	5605
	14	26	3381
	26	Stock	9647
	Total		47892

Produto	Início	Fim	Distância
Curvas Soldadas	79	19	5125
	19	26	8789
	26	2	9120
	2	13	5911
	13	6	5378
	6	4	3809
	4	20	1094
	20	26	6132
	26	Stock	9647
	Total		55005

6.6.2 Distâncias da Subfamília A2

Produto	Início	Fim	Distância
Registo	79	19	5125
	19	26	8789
	26	21	5759
	Pedaços de chapa	24	3637
	24	2	4917
	2	42	15717
	42	13	11082
	13	6	5378
	6	21	4570
	21	20	5101
	20	26	6132
	26	Stock	9647
	Total		85854

Produto	Início	Fim	Distância
----------------	---------------	------------	------------------

	79	19	5125
	19	26	8789
	26	4	5430
	Pedaços de chapa	24	3637
	24	8	5956
Tampo	8	12	2819
	12	6	6712
	6	4	3809
	4	26	4944
	26	Stock	9647
	Total		56868

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	5125
	19	26	8789
	26	20	6132
	20	48	9977
	48	5	11813
	5	31	6192
	Pedaços de chapa	24	3637
	24	8	5956
Transformação Soldada	8	12	2819
	12	6	6712
	6	31	6153
	31	20	9861
	20	26	6132
	26	Stock	9647
	Total		98945

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	5125
	19	26	8789
	26	2	9120
	2	13	5911
	13	6	5378
Redução Soldada	6	31	6153
	Pedaços de chapa	24	3637
	24	8	5956
	8	12	2819
	12	6	6712

	6	31	6153
	31	20	9861
	20	26	6132
	26	Stock	9647
	Total		91393

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	5125
	19	26	8789
	26	2	9120
	2	13	5911
	13	5	5043
	5	31	6192
	Pedaços de chapa	24	3637
Forquilha Y Soldada	24	8	5956
	8	12	2819
	12	6	6712
	6	31	6153
	31	20	9861
	20	26	6132
	26	Stock	9647
	Total		91097

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	5125
	19	26	8789
	26	2	9120
	2	13	5911
	13	5	5043
	5	31	6192
	Pedaços de chapa	24	3637
Tê	24	8	5956
	8	12	2819
	12	6	6712
	6	31	6153
	31	20	9861
	20	26	6132
	26	Stock	9647
	Total		91097

6.6.3 Distâncias da Família B

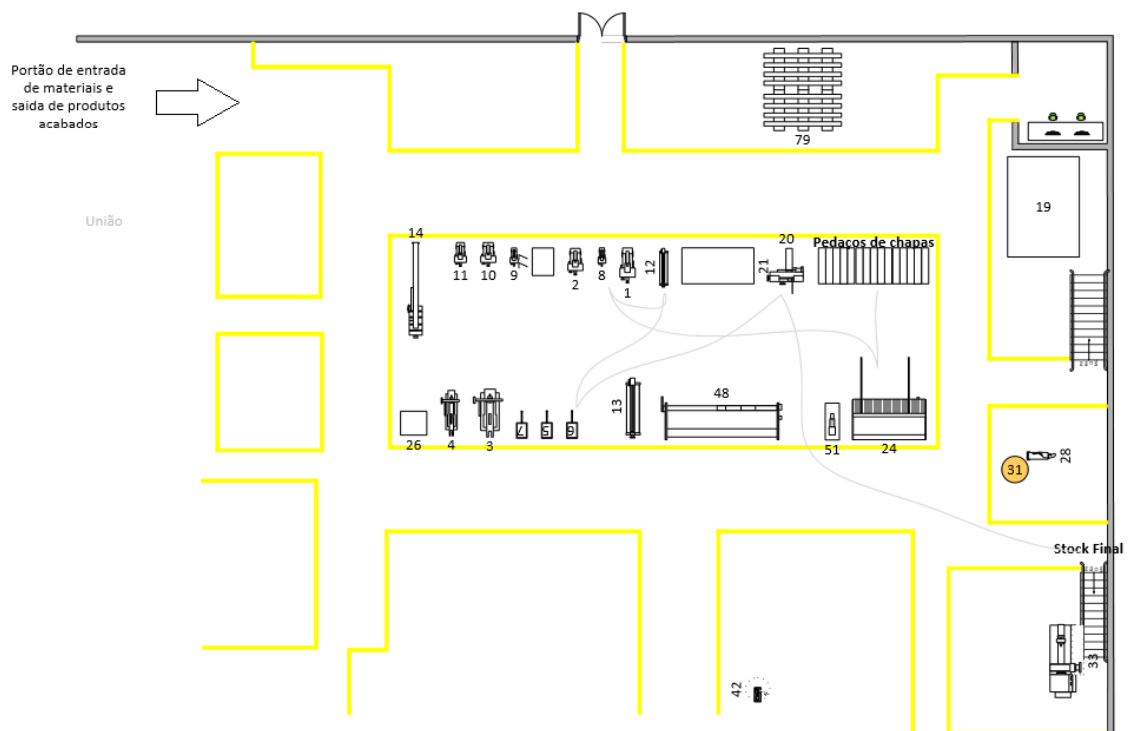
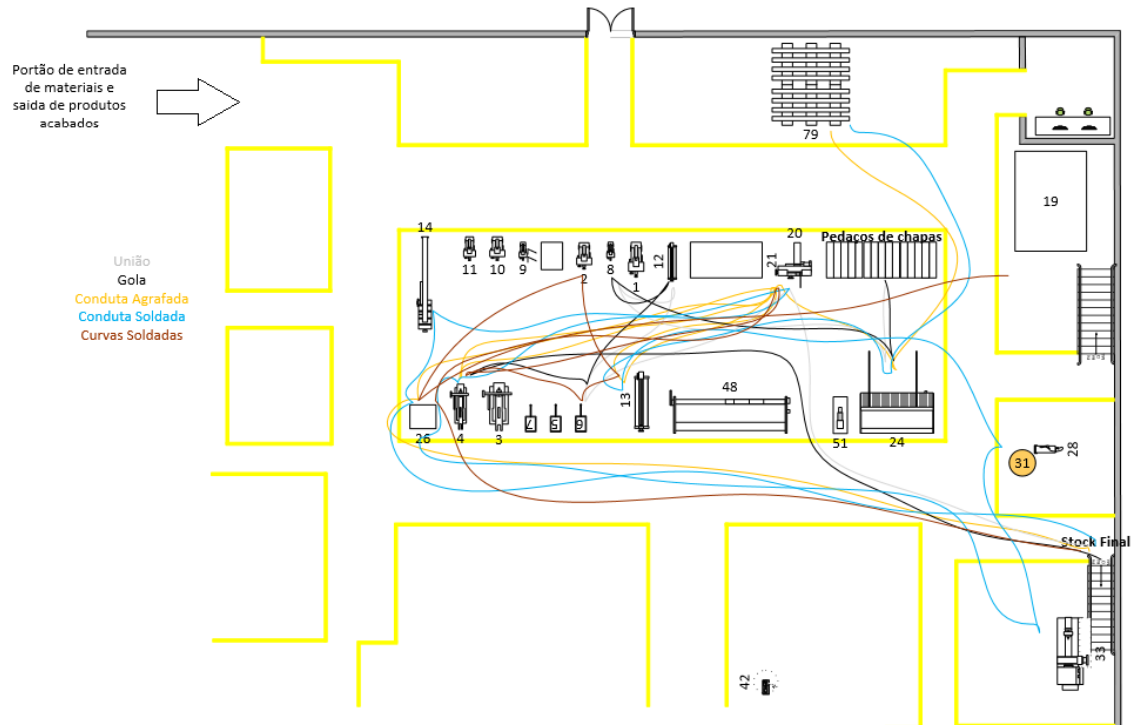
Produto	Início	Fim	Distância
Sapatas para Grelhas	79	19	5125
	19	26	8789
	26	48	14949
	48	5	14548
	5	4	3200
	4	26	4944
	26	Stock	9647
Total			61202

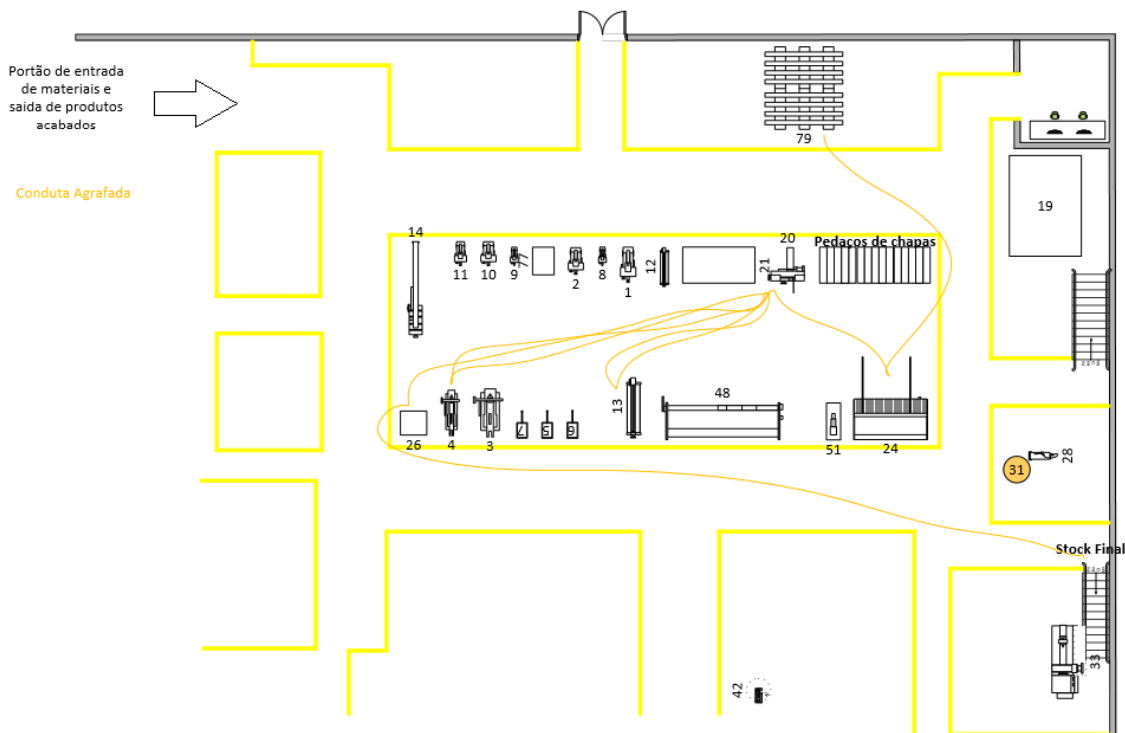
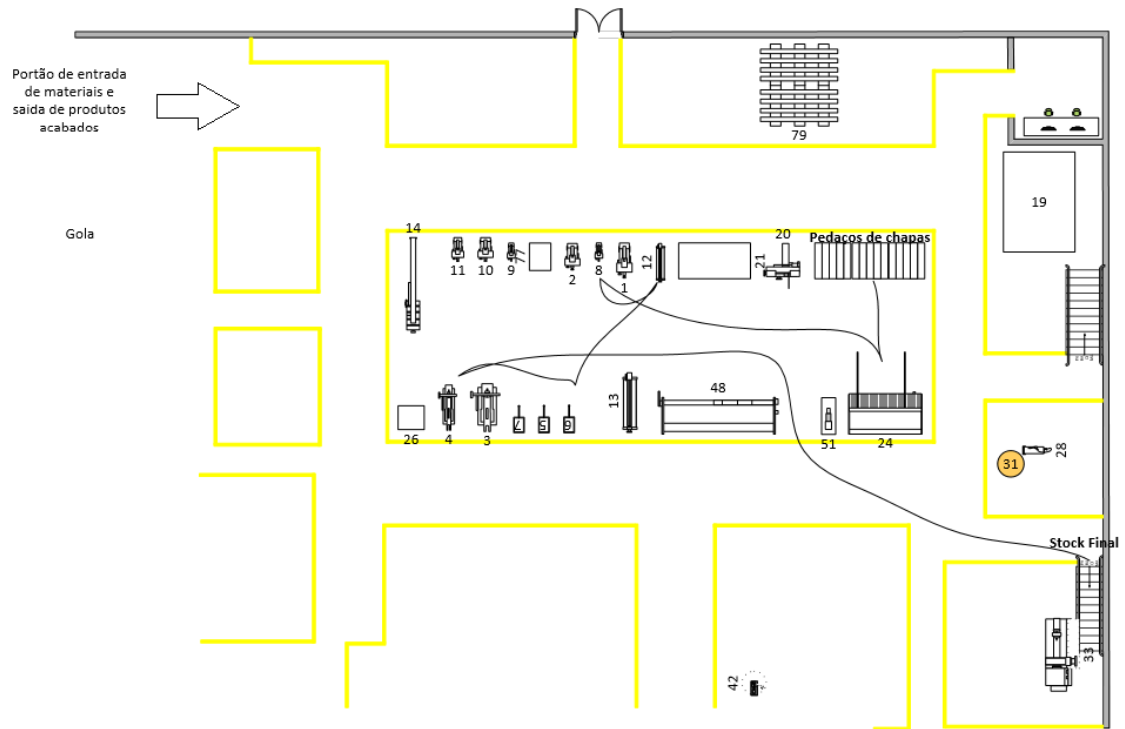
Produto	Início	Fim	Distância
Plenos Retangulares	Pedaços de chapa	24	3637
	24	8	5956
	8	12	2819
	12	6	6712
	6	21	4570
	79	19	5125
	19	26	8789
	26	51	12048
	51	48	4440
	48	21	14930
	21	26	5815
26	Stock	9647	
Total			84488

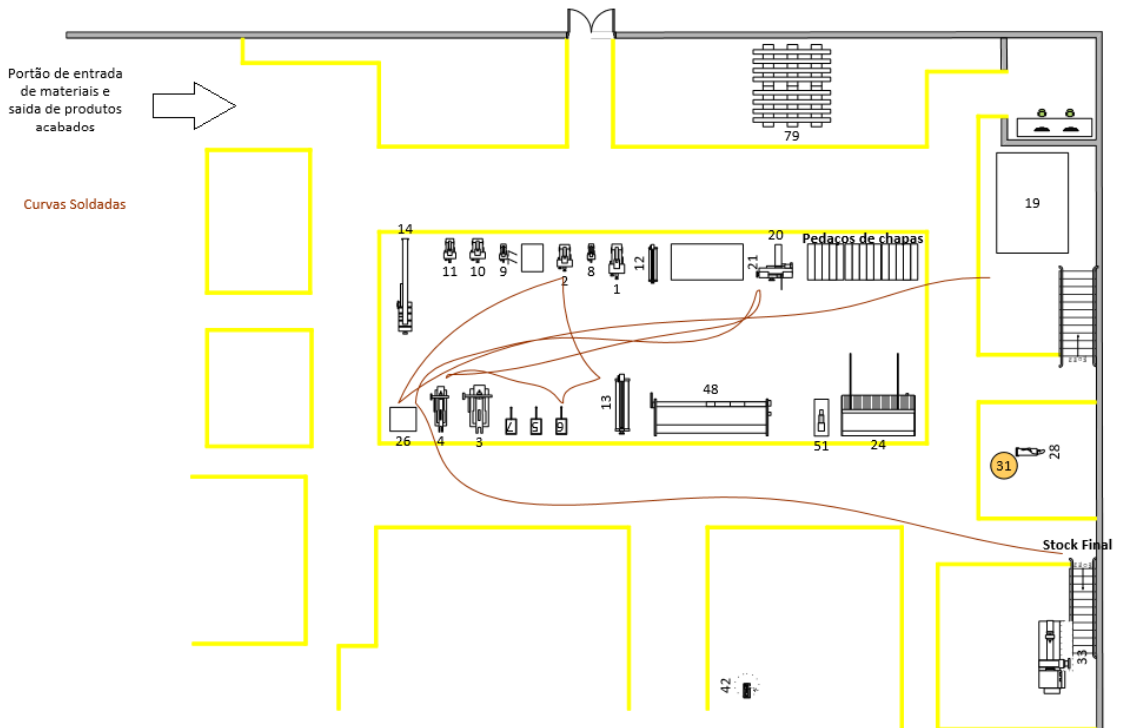
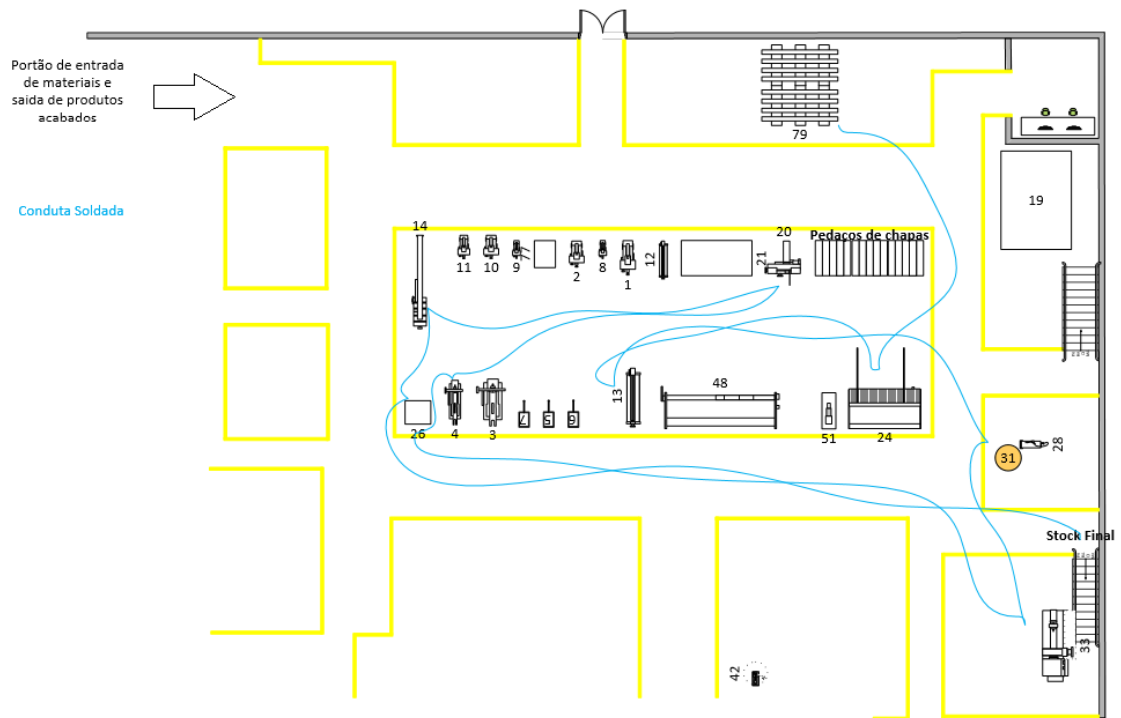
Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Retangular	79	24	8706
	24	51	4300
	51	48	4440
	48	21	14930
	21	26	5815
	26	Stock	9647
Total			47838

6.7 ANEXO 7 – Diagramas de Spaghetti do Layout Sugerido

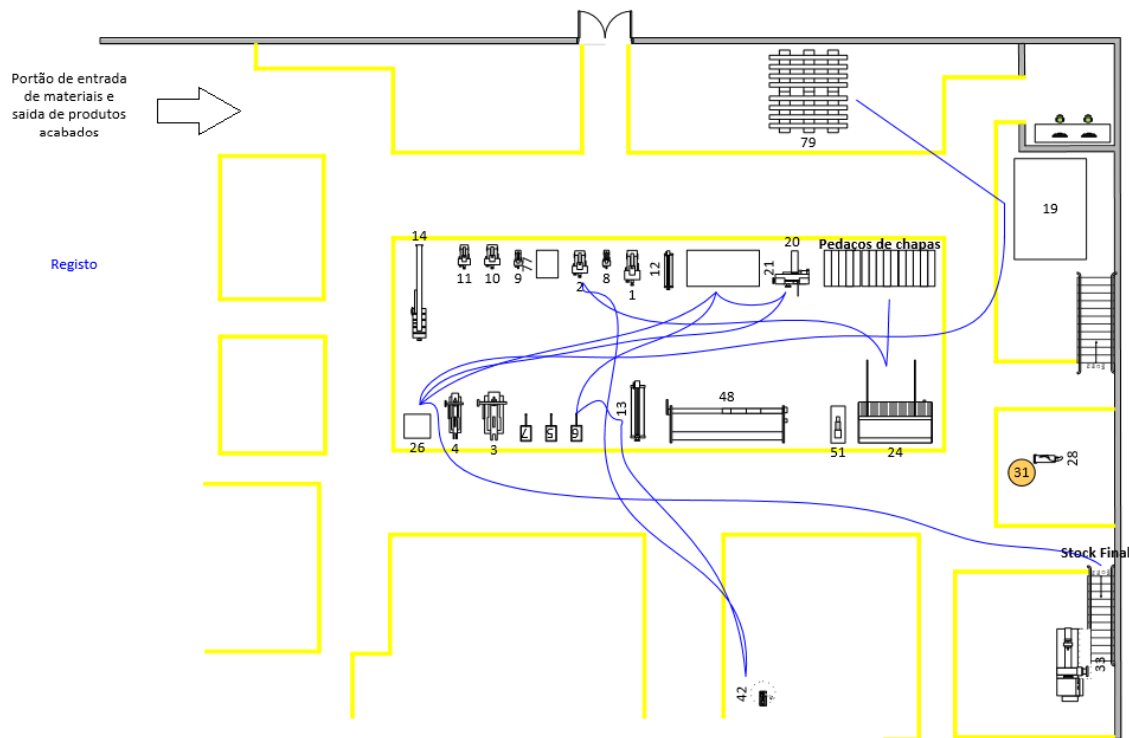
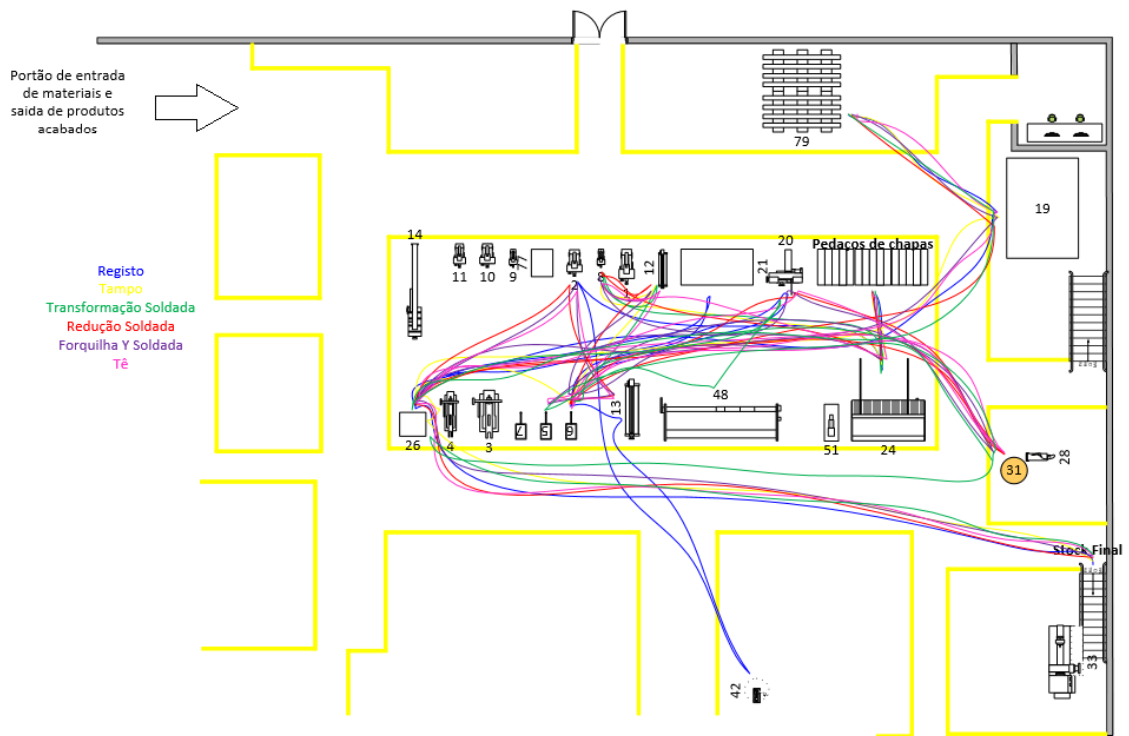
6.7.1 Subfamília A1

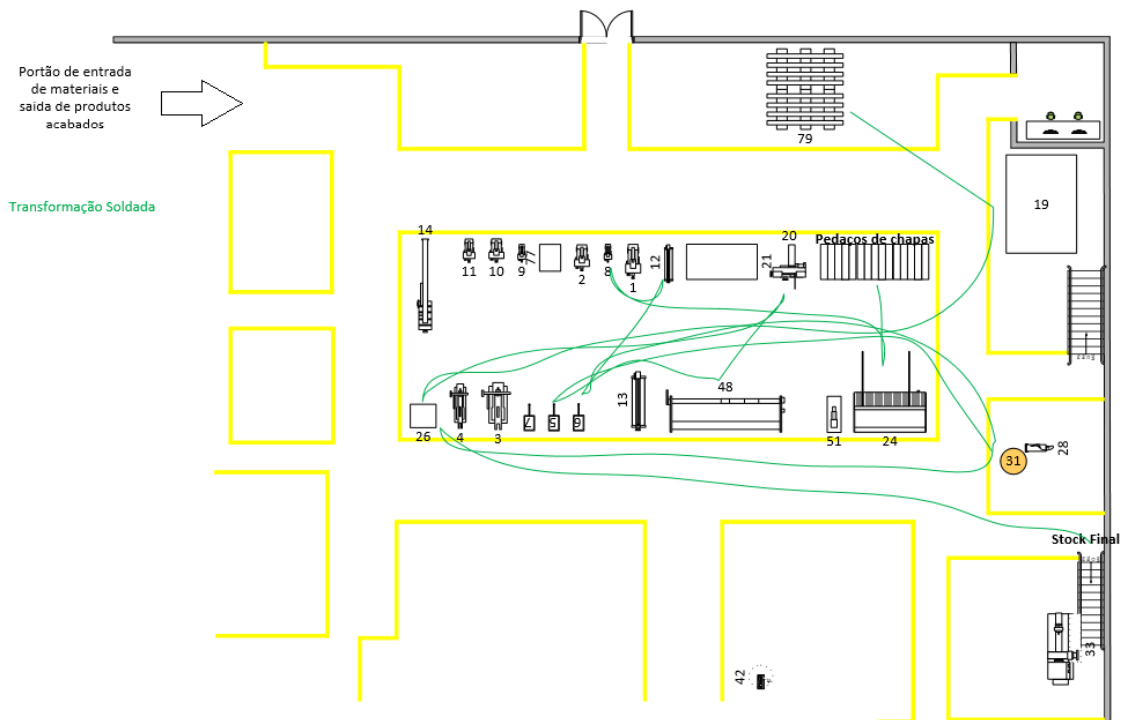
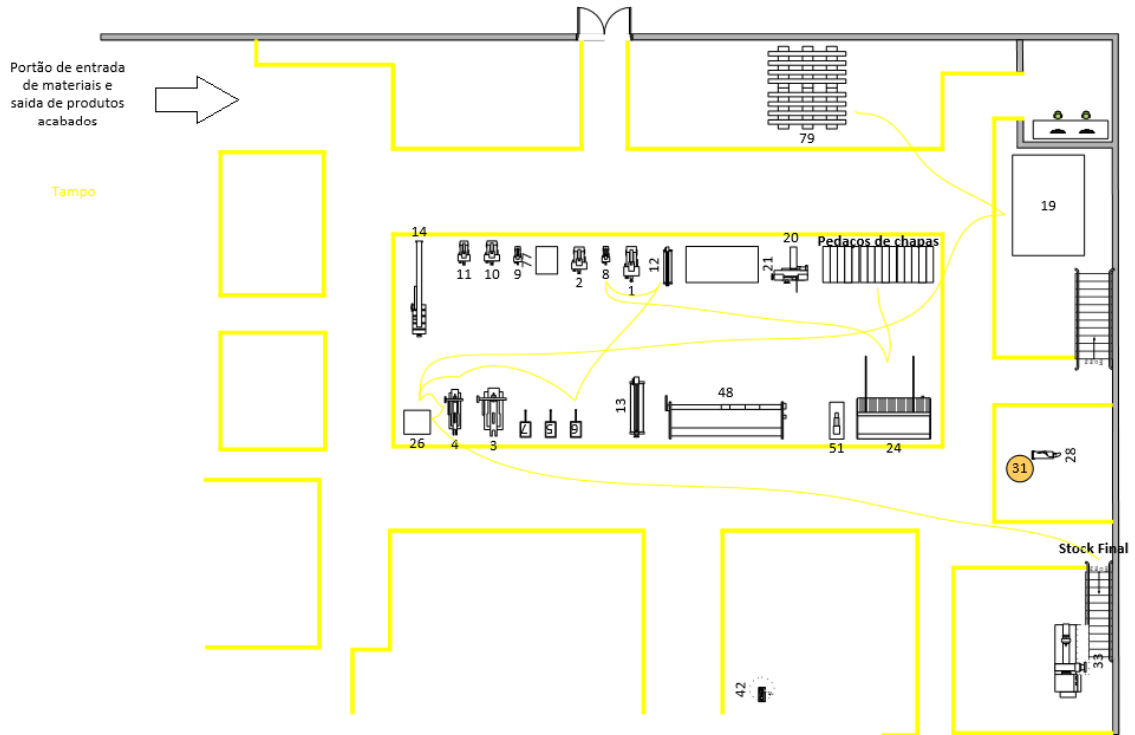


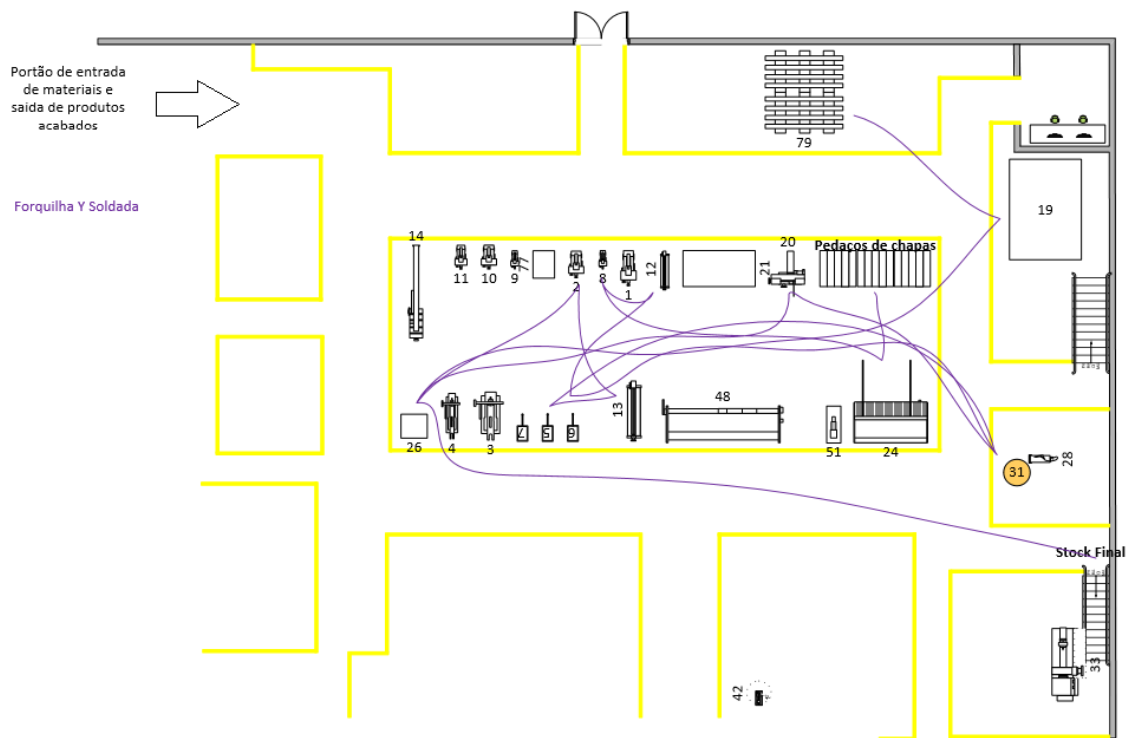
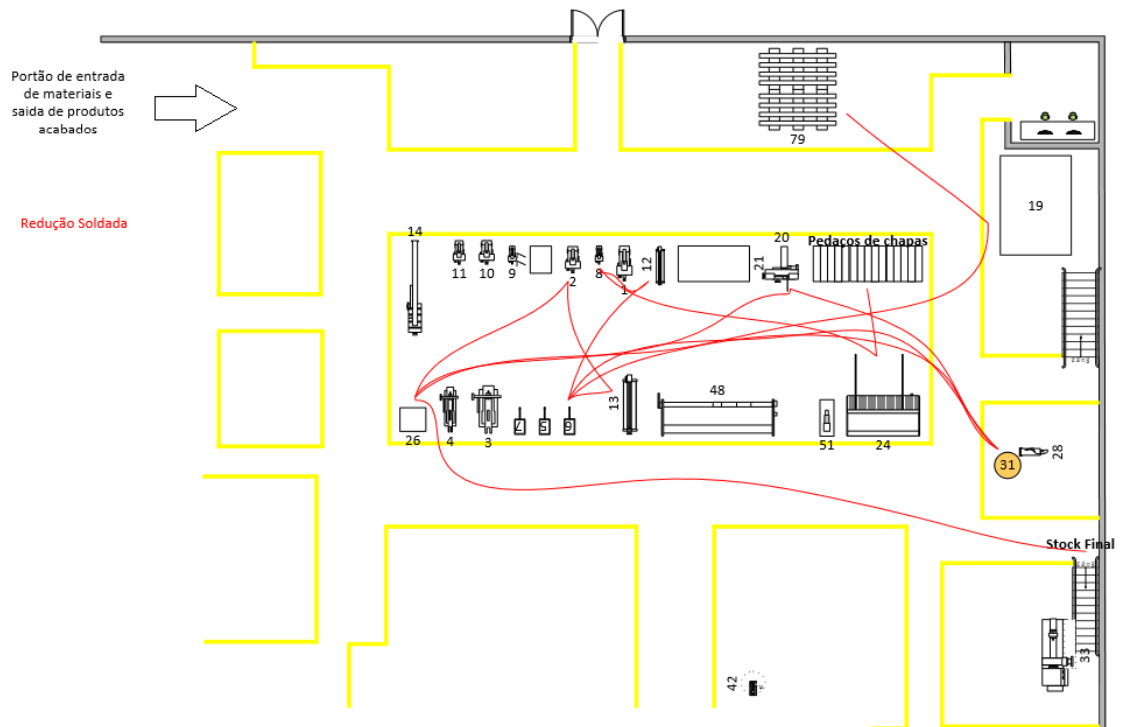


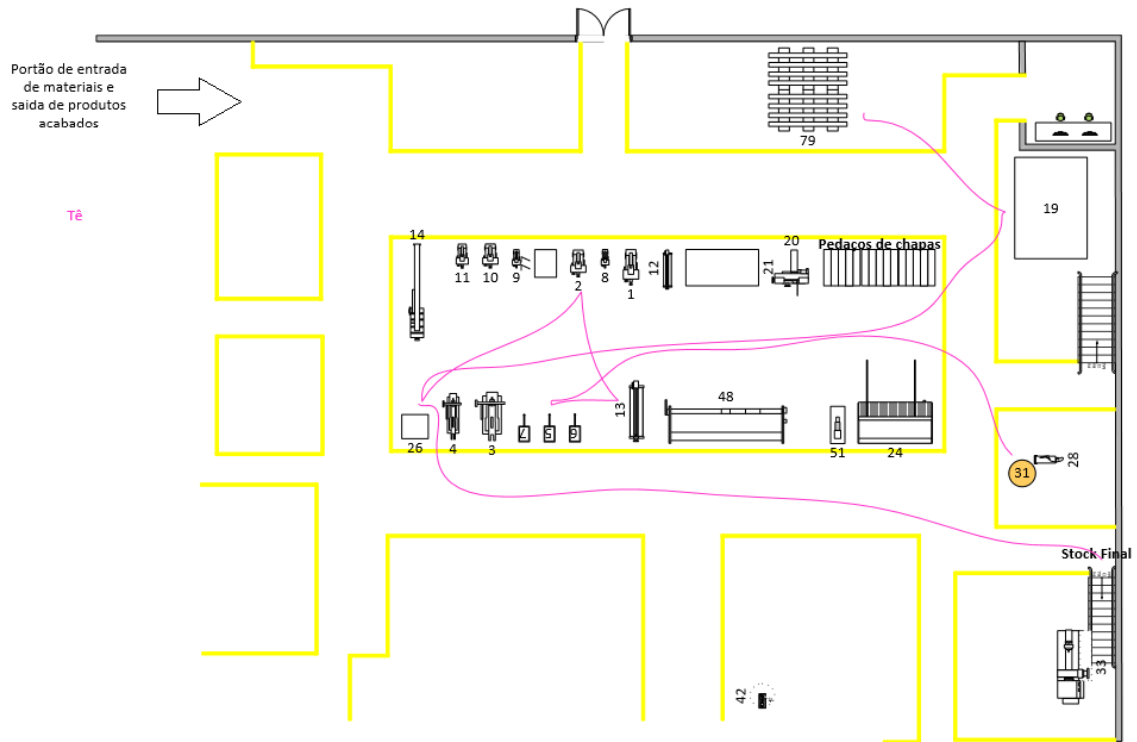


6.7.2 Subfamília A2

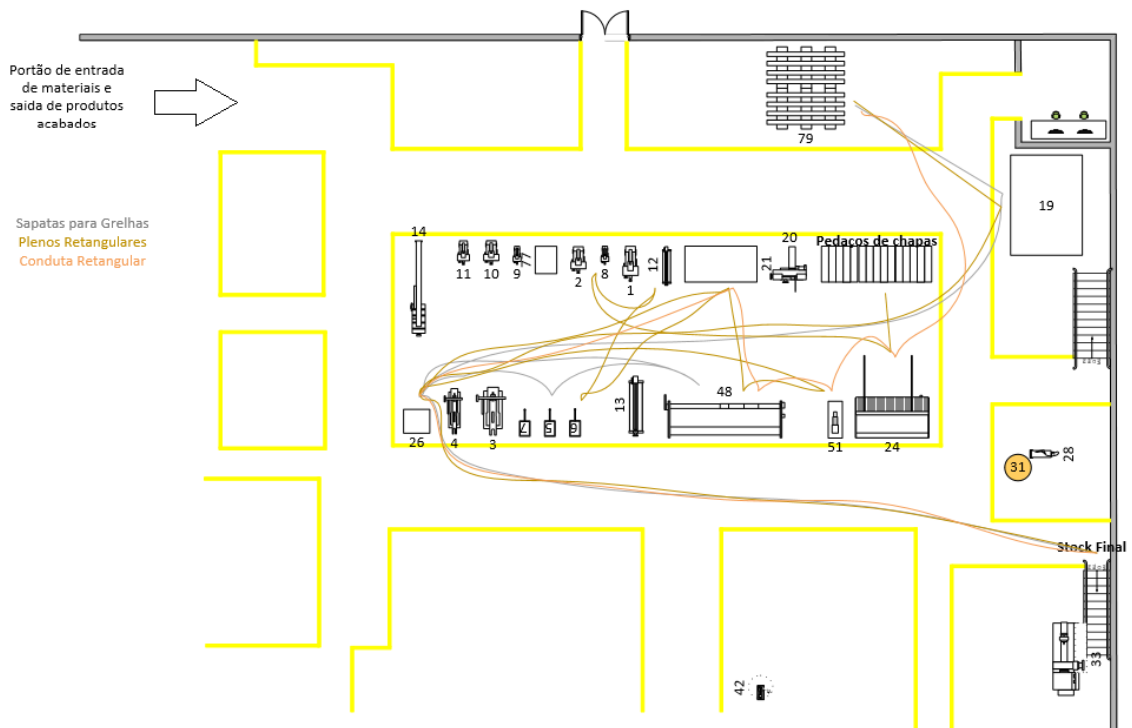


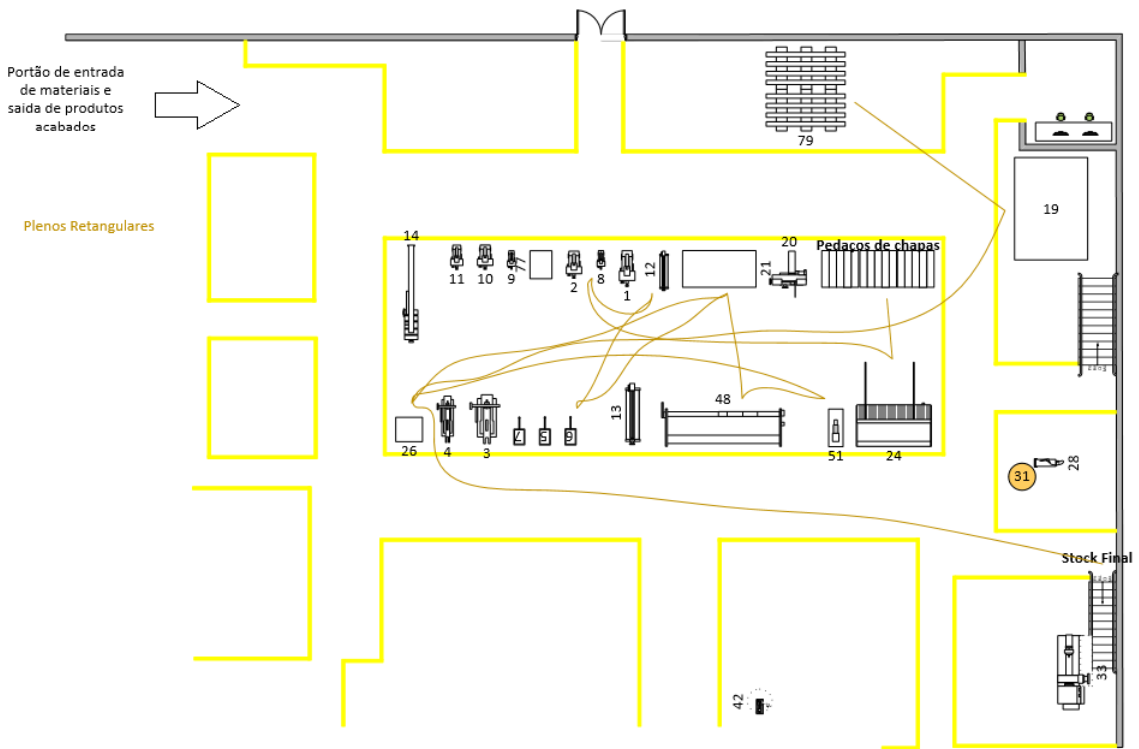
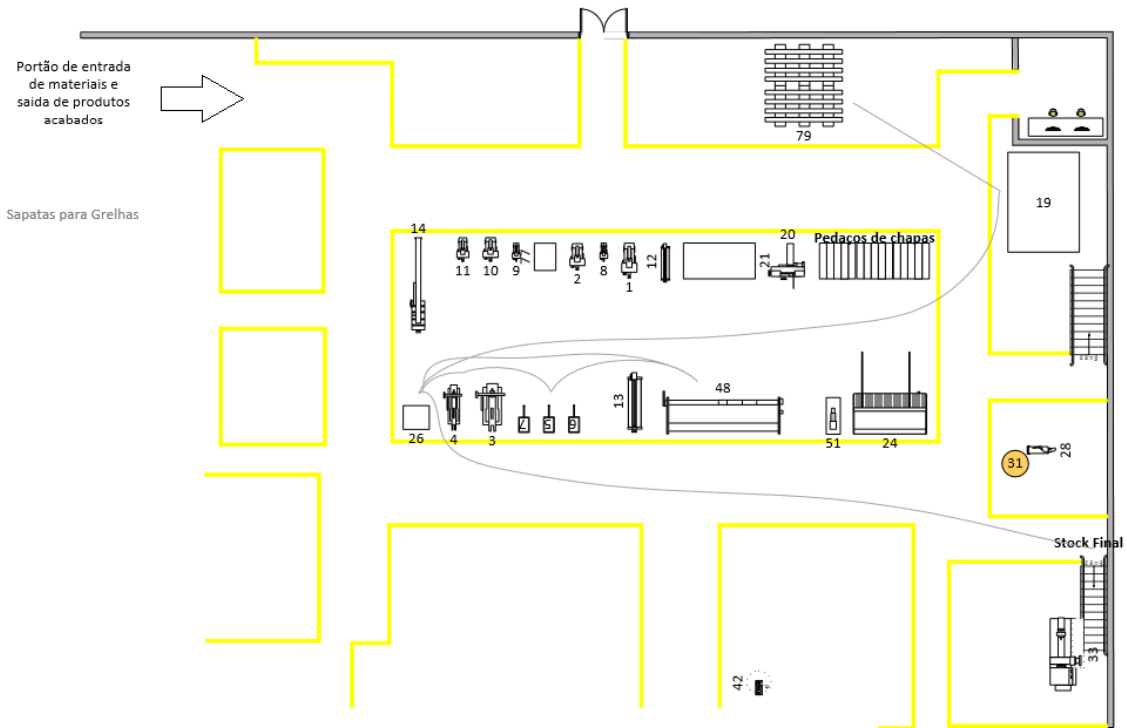


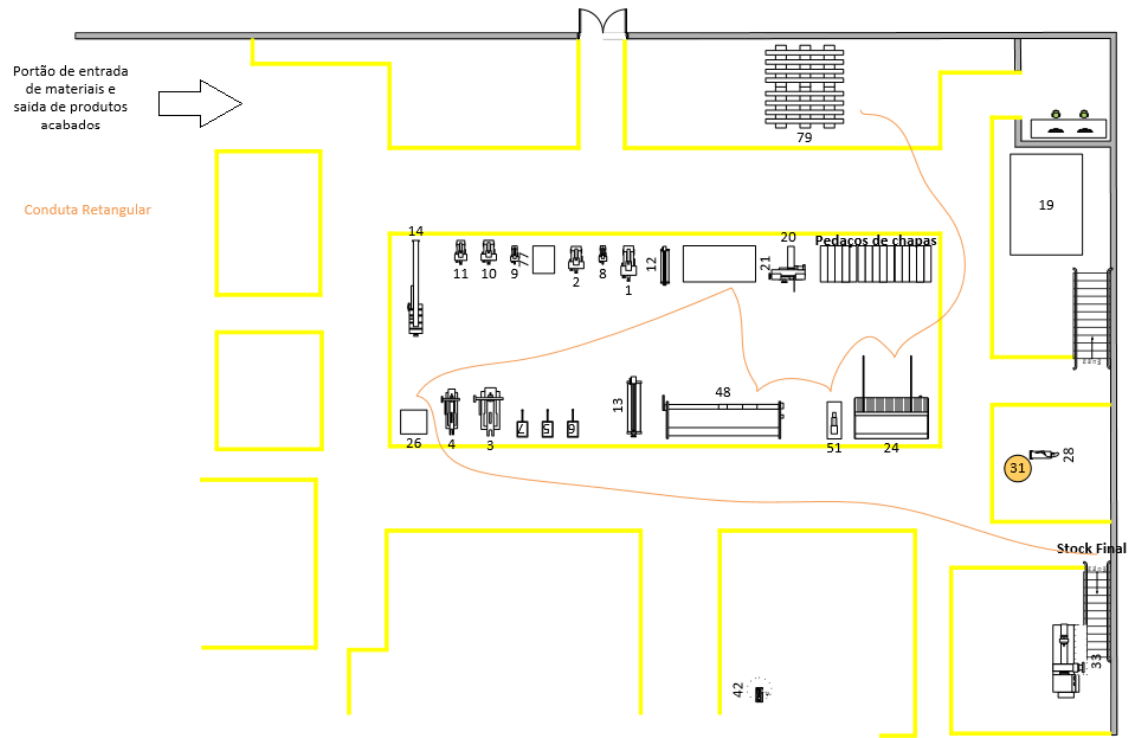




6.7.3 Família B







6.8 ANEXO 8 – Distância Percorrida por cada Produto no *Layout* Sugerido

6.8.1 Distâncias da Subfamília A1

Produto	Início	Fim	Distância
União	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	5951
	6	20	5953
	20	Stock	18824
Total			49318

Produto	Início	Fim	Distância
Gola	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	5951
	6	4	4728
	4	Stock	28487
Total			57756

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Soldada	79	24	11501
	24	13	12194
	13	31	18015
	31	33	8089
	33	26	28228
	26	4	1488
	4	20	14390
	20	14	14900
	14	26	3894
	26	Stock	28161
Total			140860

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Agrafada	79	24	11501
	24	20	4885
	20	13	7740
	13	20	7740

	20	4	14063
	4	20	14063
	20	14	14900
	14	26	3894
	26	Stock	28161
	Total		106947

Produto	Início	Fim	Distância
Curvas Soldadas	79	19	7427
	19	26	19048
	26	2	8236
	2	13	5503
	13	6	1923
	6	4	4728
	4	20	14063
	20	26	15942
	26	Stock	28161
	Total		

6.8.2 Distâncias da Subfamília A2

Produto	Início	Fim	Distância
Registo	79	19	7427
	19	26	19048
	26	21	12233
	Pedaços de chapa	24	3921
	24	2	12820
	2	42	18235
	42	13	12334
	13	6	1923
	6	21	7232
	21	20	1935
	20	26	15942
	26	Stock	28161
	Total		

Produto	Início	Fim	Distância
Tampo	79	19	7427
	19	26	19048
	26	4	1488

Pedaços de chapa	24	3921
24	8	12919
8	12	1750
12	6	5951
6	4	4728
4	26	1198
26	Stock	28161
Total		86591

Produto	Início	Fim	Distância
Transformação Soldada	79	19	7427
	19	26	19048
	26	20	15942
	20	48	4898
	48	5	7736
	5	31	21992
	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	5951
	6	31	21156
	31	20	11785
	20	26	15942
	26	Stock	28161
Total		178628	

Produto	Início	Fim	Distância
Redução Soldada	79	19	7427
	19	26	19048
	26	2	6456
	2	13	4938
	13	6	1923
	6	31	21156
	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	5951
	6	31	21156
	31	20	11785
	20	26	15942

26	Stock	28161
Total		162533

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	7427
	19	26	19048
	26	2	6456
	2	13	4938
	13	5	2908
	5	31	21992
	Pedaços de chapa	24	3921
Forquilha Y Soldada	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	5951
	6	31	21156
	31	20	11785
	20	26	15942
	26	Stock	28161
Total		164354	

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	7427
	19	26	19048
	26	2	6456
	2	13	4938
	13	5	2908
	5	31	21992
	Pedaços de chapa	24	3921
Tê	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	5951
	6	31	21156
	31	20	11785
	20	26	15942
	26	Stock	28161
Total		164354	

6.8.3 Distâncias da Família B

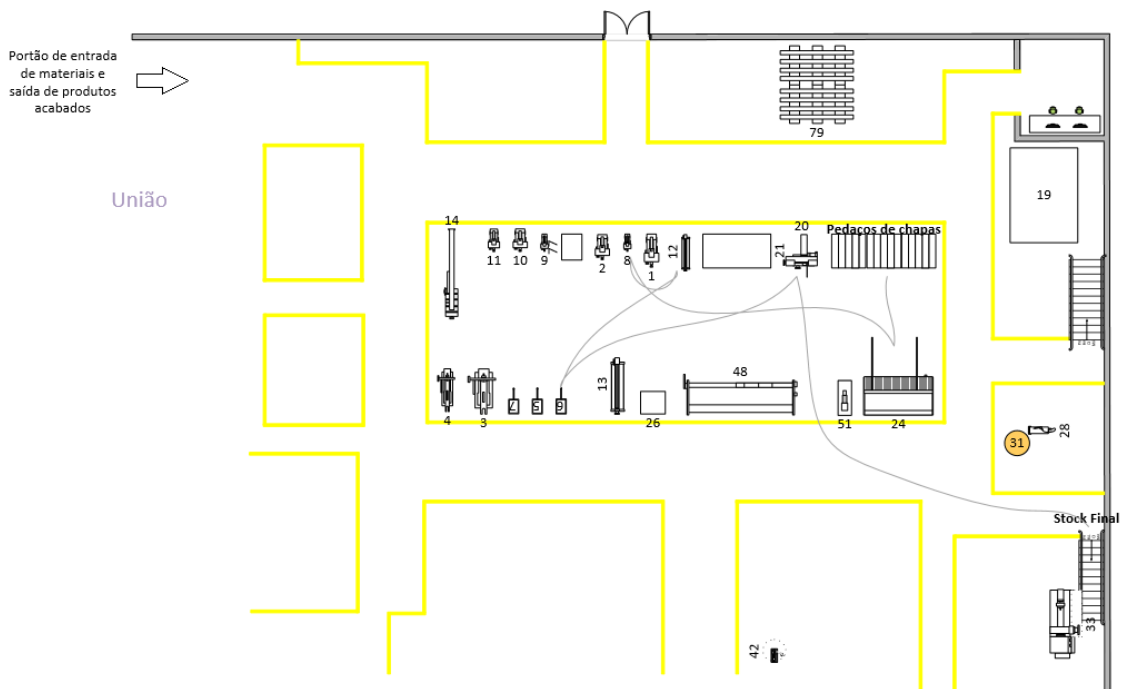
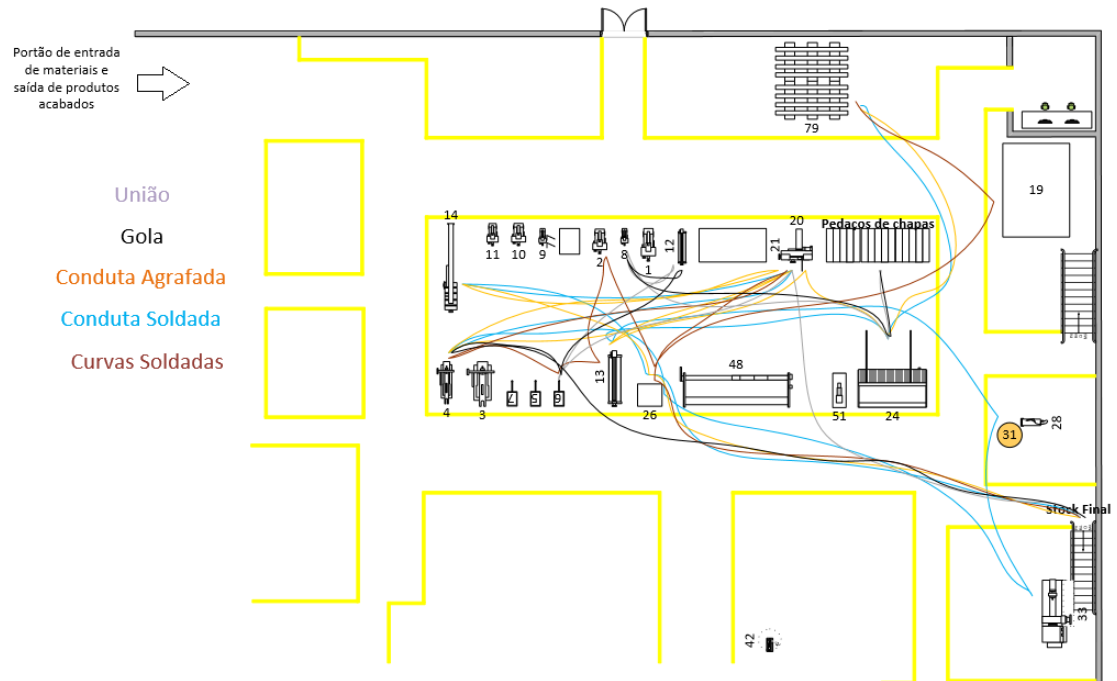
Produto	Início	Fim	Distância
Sapatos para Grelhas	79	19	7427
	19	26	19048
	26	48	11619
	48	5	7736
	5	4	3923
	4	26	1488
	26	Stock	28161
Total			79402

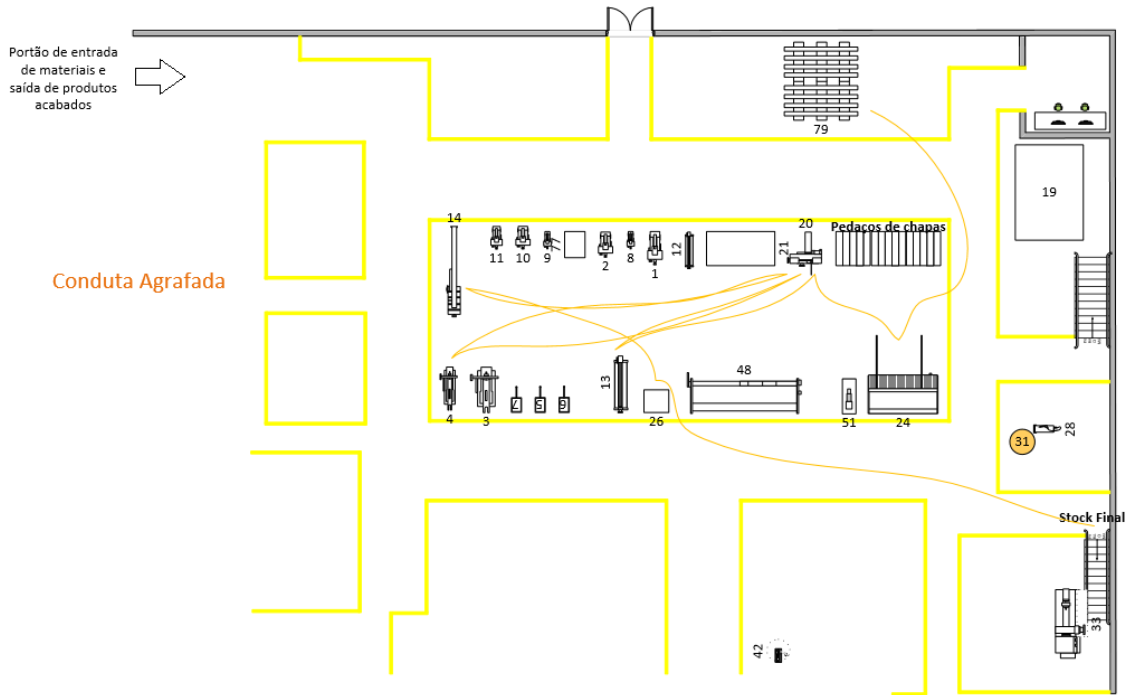
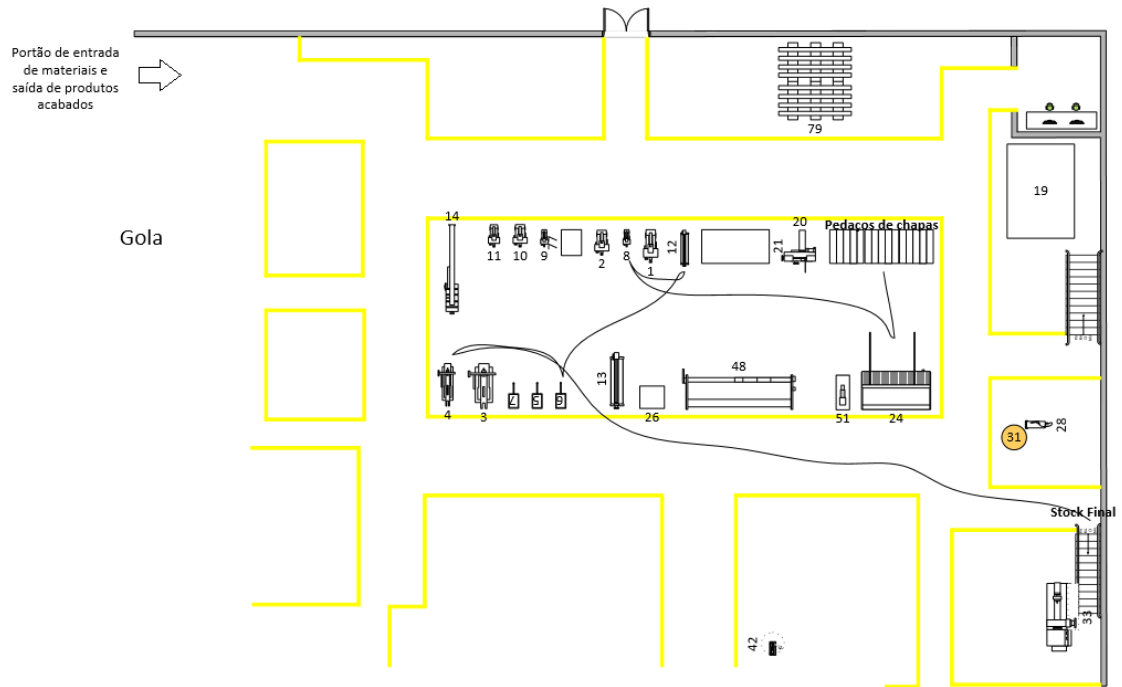
Produto	Início	Fim	Distância
Plenos Retangulares	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	5951
	6	21	7232
	79	19	7427
	19	26	19048
	26	51	17435
	51	48	2200
	48	21	4200
	21	26	12352
26	Stock	28161	
Total			122596

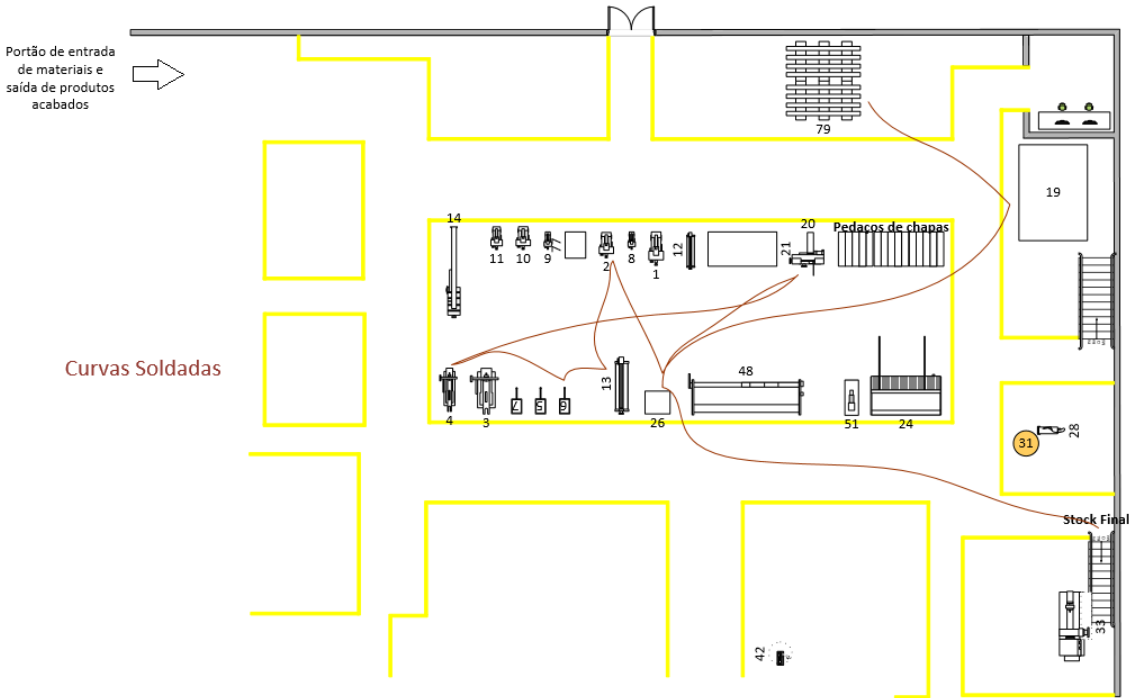
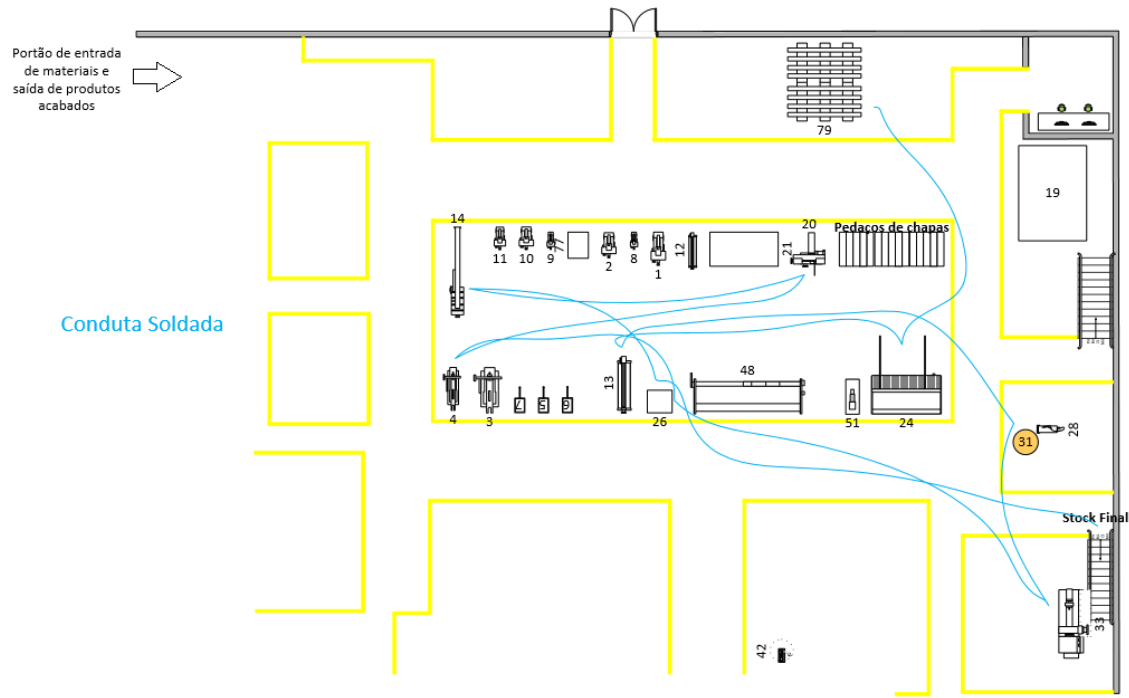
Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Retangular	79	24	11501
	24	51	2447
	51	48	2200
	48	21	4200
	21	26	12352
	26	Stock	28161
Total			60861

6.9 ANEXO 9 –Diagramas de *Spaghetti* do *Layout* Sugerido 1

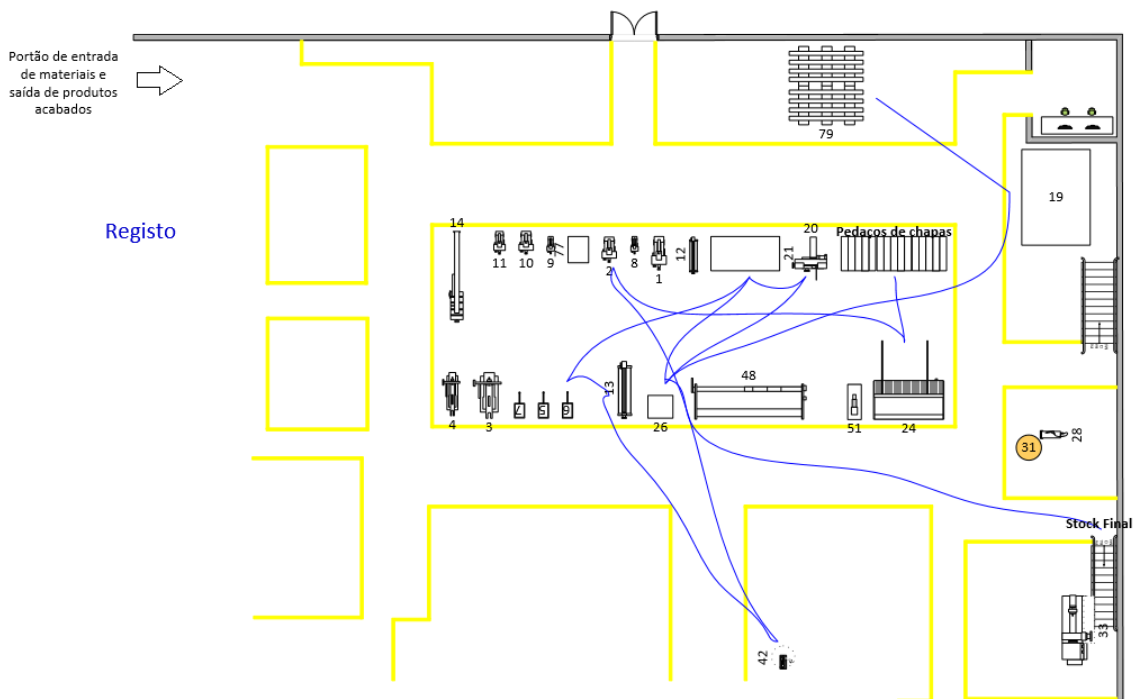
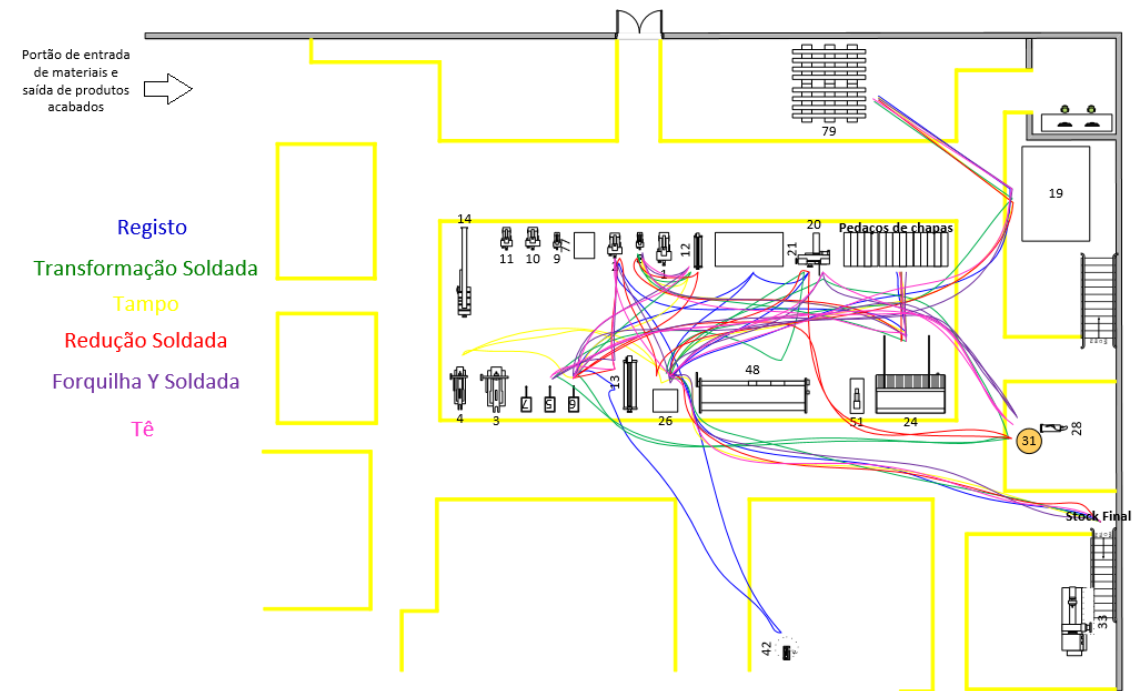
6.9.1 Subfamília A1

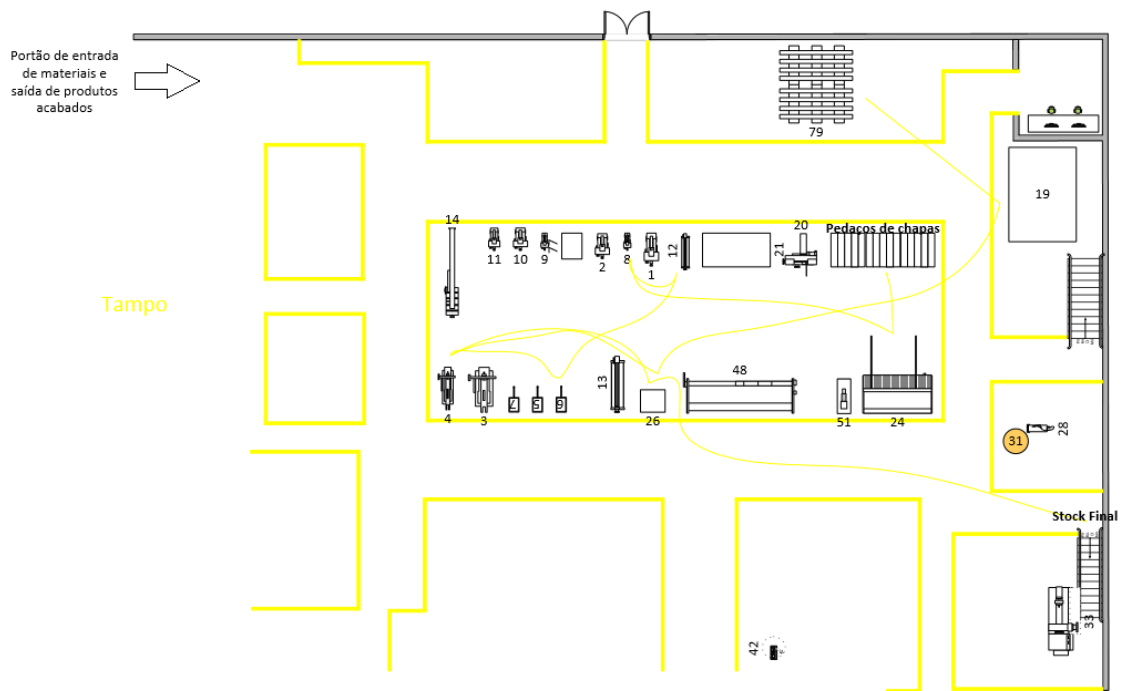
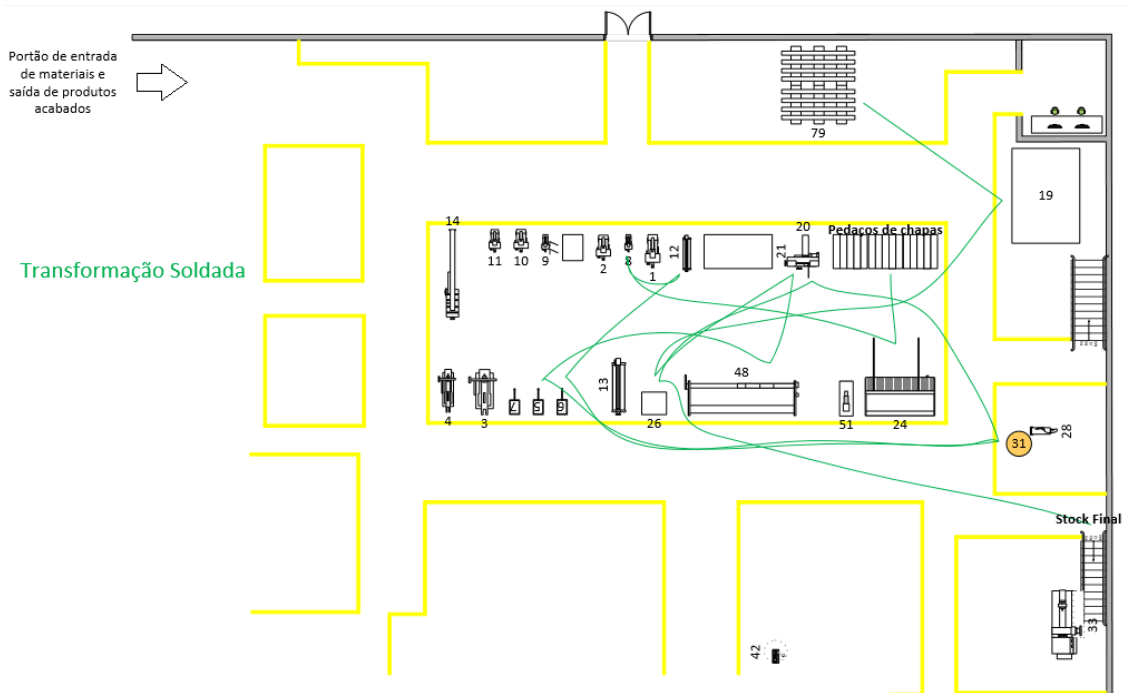


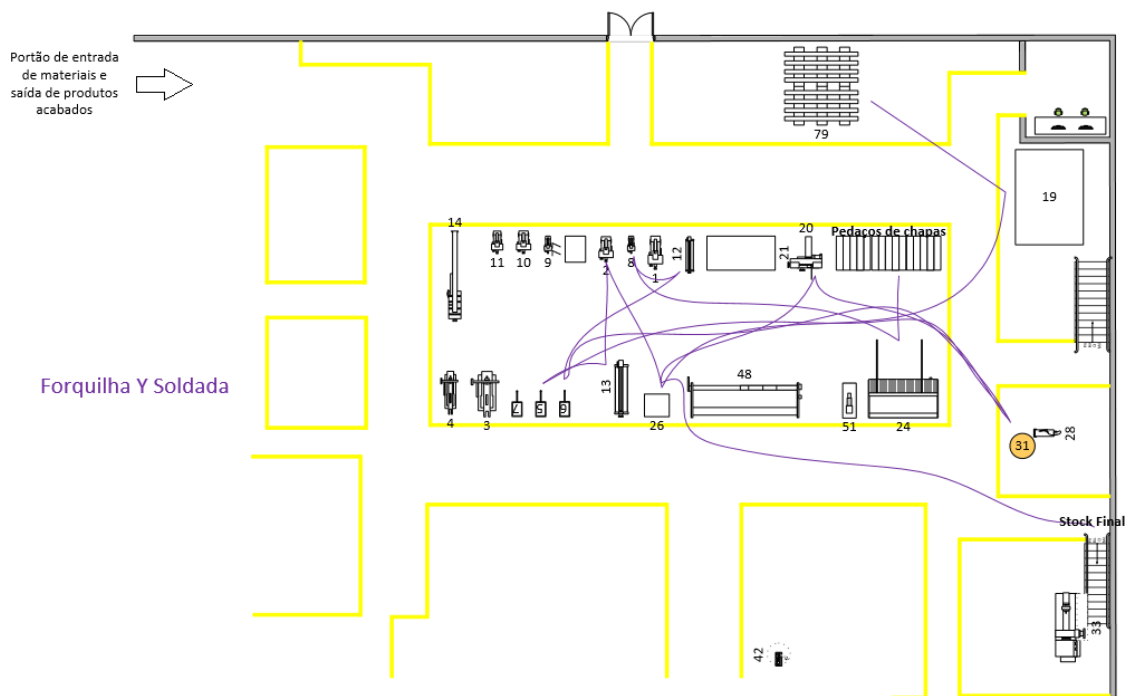
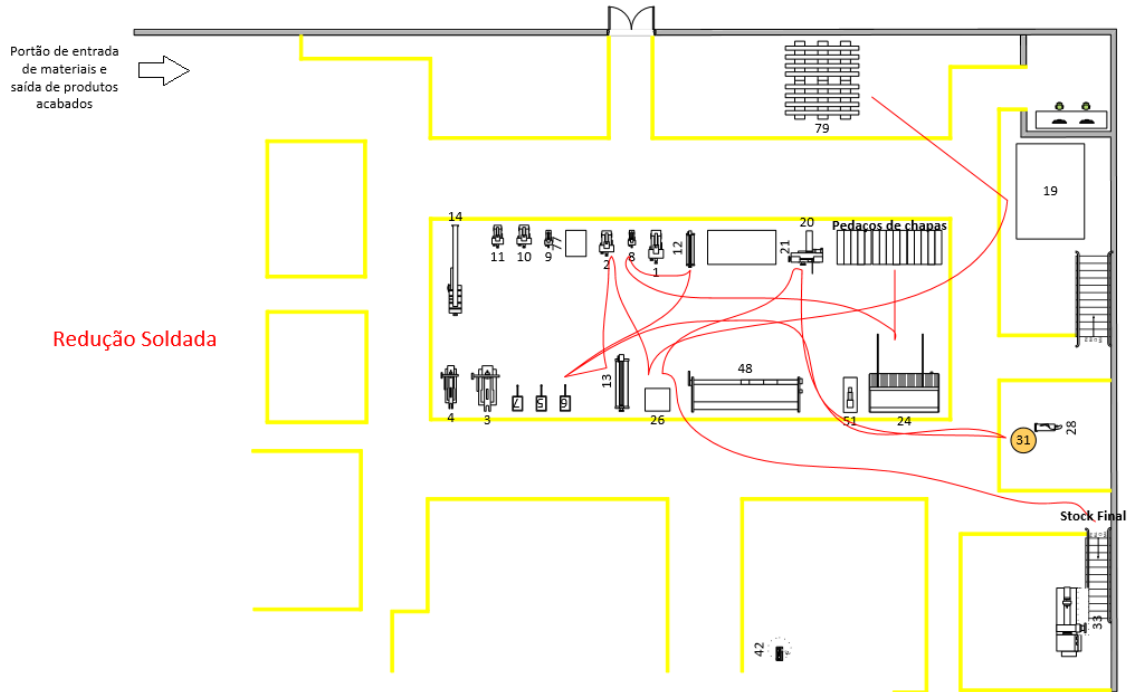


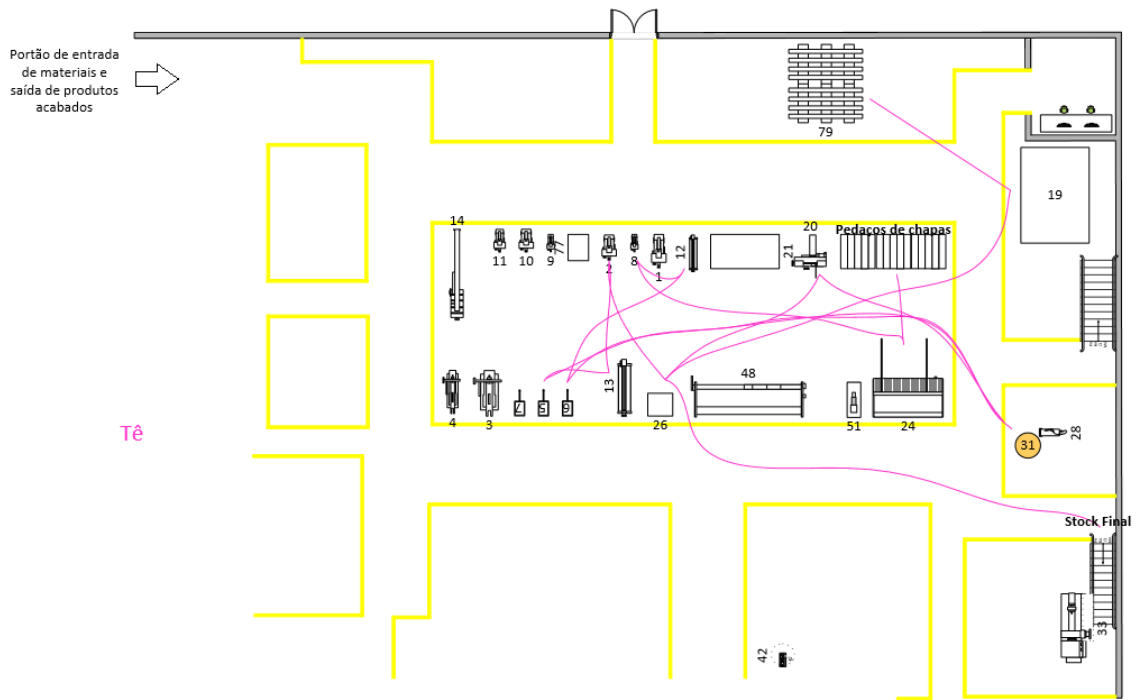


6.9.2 Subfamília A2

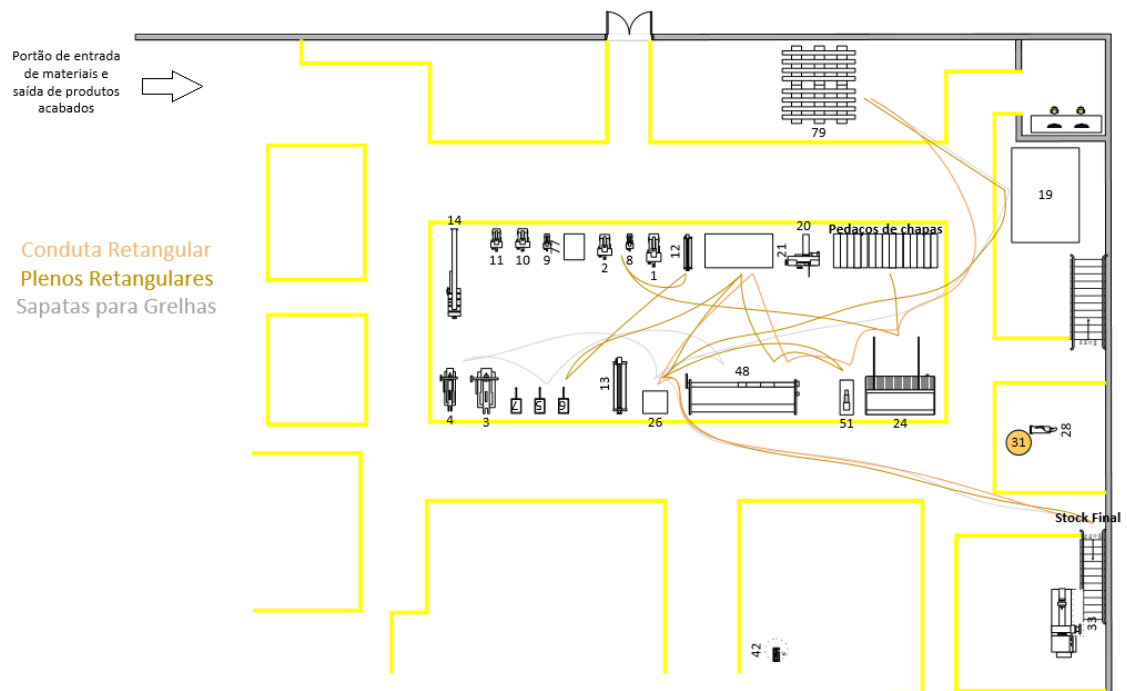


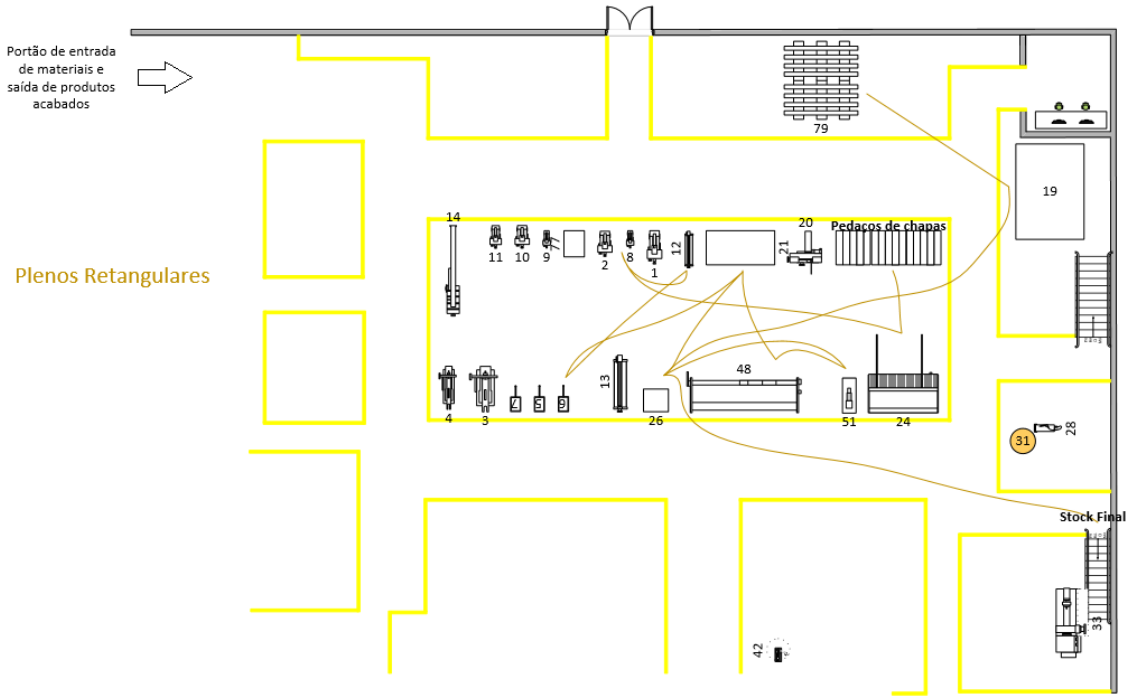
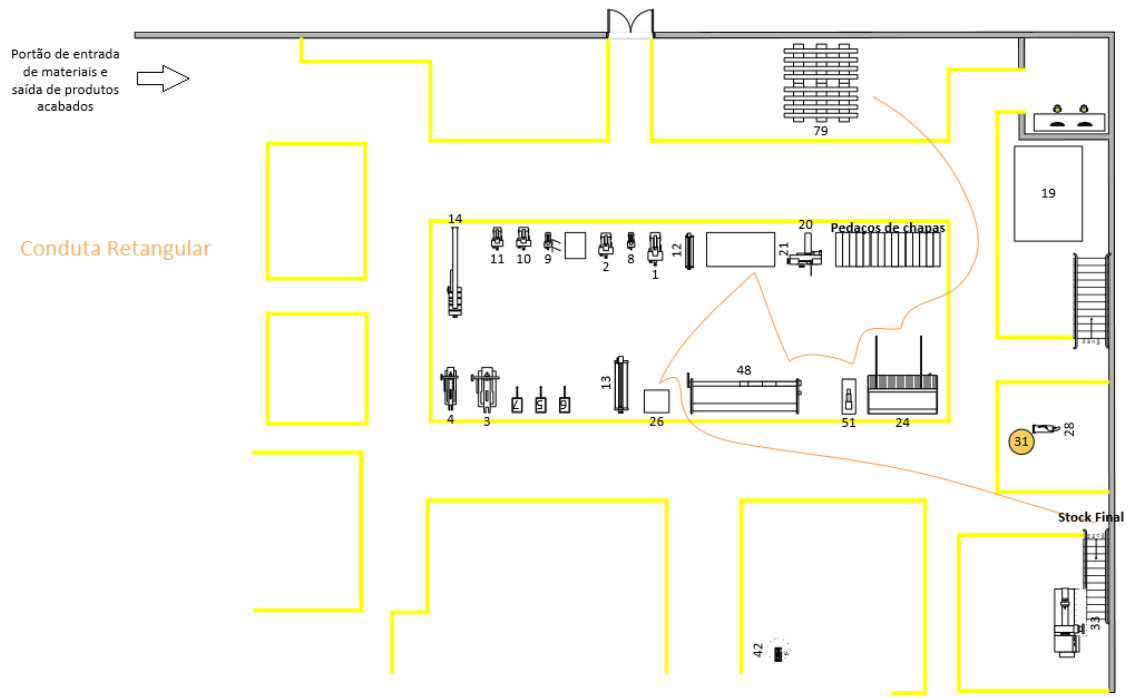


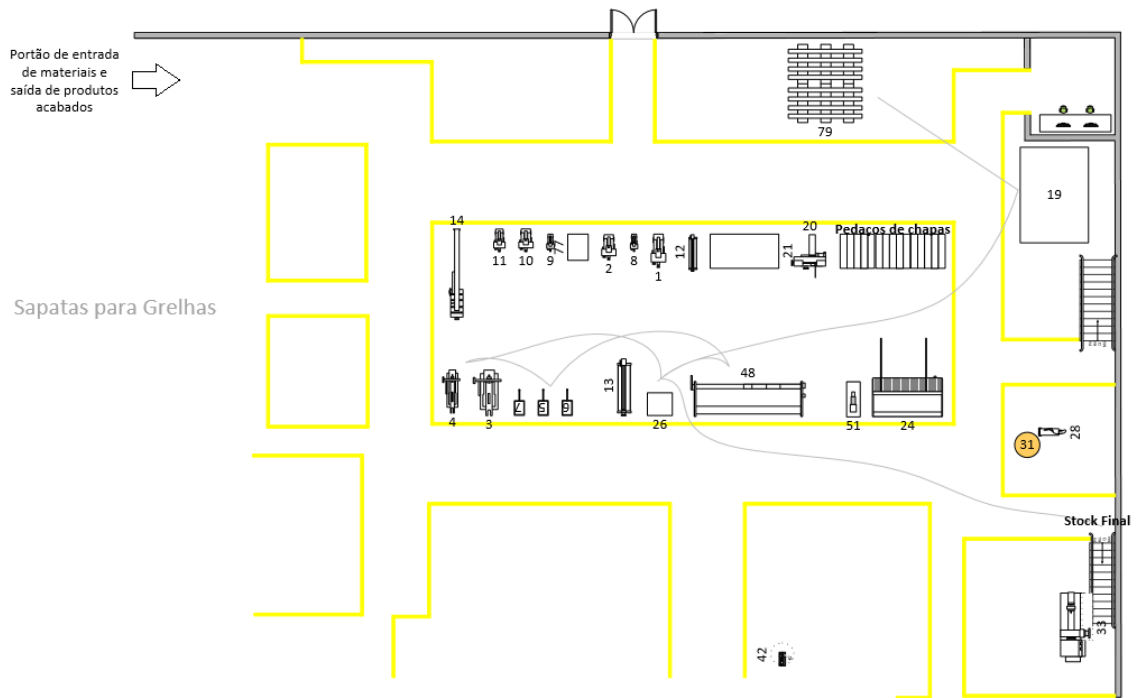




6.9.3 Família B







6.10 ANEXO 10 – Distância Percorrida por cada Produto no *Layout* Sugerido 1

6.10.1 Distâncias da Subfamília A1

Produto	Início	Fim	Distância
União	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	6980
	6	20	11194
	20	Stock	18824
	Total		55588

Produto	Início	Fim	Distância
Gola	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	6980
	6	4	4728
	4	Stock	28139
	Total		58437

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Soldada	79	24	11501
	24	13	12814
	13	31	19251
	31	33	8089
	33	26	19529
	26	4	9083
	4	20	15312
	20	14	14900
	14	26	9162
	26	Stock	19154
Total		138795	

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Agrafada	79	24	11501
	24	20	4885
	20	13	9222
	13	20	9222

	20	4	15312
	4	20	15312
	20	14	14900
	14	26	9162
	26	Stock	19154
	Total		108670

Produto	Início	Fim	Distância
Curvas Soldadas	79	19	7427
	19	26	16888
	26	2	5503
	2	13	4600
	13	6	1923
	6	4	4728
	4	20	15312
	20	26	7719
	26	Stock	19154
	Total		

6.10.2 Distâncias da Subfamília A2

Produto	Início	Fim	Distância
Registo	79	19	7427
	19	26	16888
	26	21	5325
	Pedaços de chapa	24	3921
	24	2	12820
	2	42	18235
	42	13	12870
	13	6	1923
	6	21	8830
	21	20	1935
	20	26	7719
	26	Stock	19154
	Total		

Produto	Início	Fim	Distância
Tampo	79	19	7427
	19	26	16888
	26	4	9083

Pedaços de chapa	24	3921
24	8	12919
8	12	1750
12	6	6980
6	4	4728
4	26	9083
26	Stock	19154
Total		68847

Produto	Início	Fim	Distância
Transformação Soldada	79	19	7427
	19	26	16888
	26	20	7719
	20	48	4898
	48	5	8441
	5	31	21862
	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	6980
	6	31	21539
	31	20	11785
	20	26	7719
	26	Stock	19154
Total		153002	

Produto	Início	Fim	Distância
Redução Soldada	79	19	7427
	19	26	16888
	26	2	5503
	2	13	4600
	13	6	1923
	6	31	21539
	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	6980
	6	31	21539
	31	20	11785
	20	26	7719

	26	Stock	19154
	Total		143647

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	7427
	19	26	16888
	26	2	5503
	2	13	4600
	13	5	2864
	5	31	21862
	Pedaços de chapa	24	3921
Forquilha Y Soldada	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	6980
	6	31	21539
	31	20	11785
	20	26	7719
	26	Stock	19154
	Total		144911

Produto	Início	Fim	Distância
	79	19	7427
	19	26	16888
	26	2	5503
	2	13	4600
	13	5	2864
	5	31	21862
	Pedaços de chapa	24	3921
Tê	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	6980
	6	31	21539
	31	20	11785
	20	26	7719
	26	Stock	19154
	Total		144911

6.10.3 Distâncias da Família B

Produto	Início	Fim	Distância
Sapatas para Grelhas	79	19	7427
	19	26	16888
	26	48	2028
	48	5	8441
	5	4	3923
	4	26	9083
	26	Stock	19154
Total			66944

Produto	Início	Fim	Distância
Plenos Retangulares	Pedaços de chapa	24	3921
	24	8	12919
	8	12	1750
	12	6	6980
	6	21	8830
	79	19	7427
	19	26	16888
	26	51	8415
	51	48	2200
	48	21	4200
	21	26	5325
	26	Stock	19154
Total			98009

Produto	Início	Fim	Distância
Conduta Retangular	79	24	11501
	24	51	2447
	51	48	2200
	48	21	4200
	21	26	5325
	26	Stock	19154
Total			44827