

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO - UENF
CENTRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA - CCT
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA PRODUÇÃO - LEPROD

**O USO DE PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE *LAYOUT* E SIMULAÇÃO PARA
AUXILIAR A GESTÃO DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE FERRAMENTAS
ABRASIVAS**

KELLEN DENISE GUIMARÃES CARLOS DE AZEVEDO

Campos dos Goytacazes – RJ

Agosto de 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO - UENF
CENTRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA - CCT
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA PRODUÇÃO - LEPROD

**O USO DE PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE *LAYOUT* E SIMULAÇÃO PARA
AUXILIAR A GESTÃO DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE FERRAMENTAS
ABRASIVAS**

KELLEN DENISE GUIMARÃES CARLOS DE AZEVEDO

Dissertação apresentada ao Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense, como
parte das exigências para obtenção
do título de Mestre em Engenharia de
Produção na área de Pesquisa
Operacional.

Orientador: Prof. Dsc. Jacqueline Magalhães Rangel Cortes Barbirato

Campos dos Goytacazes - RJ
Agosto de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCT / UENF

155/2016

Azevedo, Kellen Denise Guimarães Carlos de

O uso de planejamento sistemático de *layout* e simulação para auxiliar a gestão de produção de uma empresa de ferramentas abrasivas / Kellen Denise Guimarães Carlos de Azevedo. – Campos dos Goytacazes, 2016.

129 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia de Produção. Campos dos Goytacazes, 2016.

Orientador: Jacqueline Magalhães Rangel Cortes Barbirato.

Área de concentração: Pesquisa operacional.

Bibliografia: f. 101-106.

1. *Layout* 2. ESTUDO DO ESPAÇO 3. ESTUDO DO TEMPO 4. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia de Produção II. Título

CDD 658.4034

**O USO DE PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE *LAYOUT* E SIMULAÇÃO PARA
AUXILIAR A GESTÃO DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DE FERRAMENTAS
ABRASIVAS**

KELLEN DENISE GUIMARÃES CARLOS DE AZEVEDO

Dissertação apresentada ao Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense, como
parte das exigências para obtenção
do título de Mestre em Engenharia de
Produção na área de Pesquisa
Operacional.

Aprovada em

Prof^a. Camila Mendonça Romero Sales, D.Sc - IFF

Prof. Rodrigo Tavares Nogueira, D.Sc. - UENF

Prof. Carlos Leonardo Ramos Póvoa, D.Sc. - UENF

Prof^a. Jacqueline Magalhães Rangel Cortes Barbirato, D.Sc. - UENF

Orientadora

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

Agosto de 2016

DEDICATÓRIA

Ao meu avô Rotimon Guimarães (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me enriquecer com saúde e vontade de fazer o meu trabalho da melhor maneira possível a cada dia, por me amparar nos momentos difíceis, por me dar forças interior para superar as dificuldades, mostrando os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Agradeço à minha família pelo apoio e por sempre estar comigo dando suporte em todos os momentos, em especial a minha mãe Magna e meu pai Antônio, minhas irmãs Mahyara e Kamilly, e meu esposo Luiz Carlos, pela paciência e dedicação.

Agradeço a minha orientadora, Jacqueline Magalhães Rangel Cortes Barbirato, pela confiança depositada, conhecimento compartilhado, pelas contribuições ao longo deste trabalho, força de vontade e dedicação; Agradeço a professora Camila Mendonça Romero Sales, pela contribuição feita para este trabalho.

Aos amigos André Ornelas, Heitor Boa Morte, Jéssica Almeida e Vitor Braga por sempre estarem comigo e me ajudarem sempre que precisei; Agradeço a toda a equipe da empresa ABRASDI por disponibilizar visitas e abrir suas portas para a pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que não foram citados, mas que fizeram parte não só da realização deste trabalho, mas de toda minha caminhada no curso de Mestrado em Engenharia de Produção e na UENF.

Muito obrigada!

O USO DE PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE *LAYOUT* E SIMULAÇÃO PARA AUXILIAR A MELHORIA DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA EMPRESA DE FERRAMENTAS ABRASIVAS

KELLEN DENISE GUIMARÃES CARLOS DE AZEVEDO

RESUMO

O arranjo físico deve seguir o crescimento da empresa, que é um incentivo ao crescimento da produção, para poder então se adaptar a novas realidades. Neste contexto, a demanda pelo produto da empresa ABRASDI – Abrasivos Diamantados teve seu crescimento, juntamente com isso a necessidade de uma nova reformulação de *Layout* para se adequar a este crescimento. Com isso, este estudo tem como objetivo contribuir para a melhoria da capacidade produtiva através da utilização do Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP) e da Simulação Computacional, de forma a regularizar e organizar o ambiente de trabalho. Foi realizado o estudo do espaço, onde se observou que a empresa disponibiliza de espaço suficiente para a disposição dos centros de trabalho. Foi realizado também o estudo do tempo, em que foi observada uma diminuição significativa com as mudanças propostas em cada um dos *Layouts*. Toda a verificação de tempo foi realizada através do *Software Arena*®, sendo possível se fazer uma simulação computacional sem que houvesse a necessidade de uma mudança física, relacionado a obras, na empresa.

Palavras-chave: *Layout*, Estudo do Espaço; Estudo do Tempo; Simulação Computacional.

THE USE OF SYSTEMATIC *LAYOUT* PLANNING AND SIMULATION TO AID THE PRODUCTION CAPACITY IMPROVEMENT OF COMPANY OF TOOLS ABRASIVE

KELLEN DENISE GUIMARÃES CARLOS DE AZEVEDO

ABSTRACT

It can be observed during previous studies that the physical arrangement should follow the growth of the company, which is an incentive to increase production, so to be able to adapt to new realities. In this context, the demand for the company's product ABRASDI - Abrasives Diamond had its growth, along with it the need for a new *Layout* redesign to fit this growth. Therefore, the objective is to contribute to the improvement of production capacity through the use of the Systematic *Layout* Planning (SLP) and Computer Simulation, to regulate and organize the work environment, carried out studies of space, calculating the confrontation between the space required and available, and also study production times, comparing the total time spent for the production before and after the redesign of the *Layout*. This check will be made by Computer Simulation.

Key - Words: *Layout*; Space Studies; Time Study; Computer Simulation.

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE QUADROS	12
1 – Introdução	13
1.1 – Considerações Iniciais	13
1.2 – Objeto de Estudo	13
1.3 – Problema de Pesquisa	14
1.4 – Objetivos do Estudo	14
1.5 – Justificativa.....	15
1.6 – Estruturação da Dissertação	16
2 – <i>Arranjo Físico (Layout)</i>	17
2.1 – Tipos de Arranjos Físicos.....	18
2.1.1 – Arranjo Físico Posicional	18
2.1.2 – Arranjo Físico Funcional	19
2.1.3 – Arranjo Físico Celular	20
2.1.4 – Arranjo Físico por Produto	21
2.1.5 – Arranjo Físico Misto	23
2.2 – Vantagens e Desvantagens dos Tipos de Arranjos Físicos	24
3 – Planejamento Sistemático do <i>Layout</i>	26
3.1 – Estruturação do SLP	26
3.1.1 – Análise Qualitativa	27
3.1.2 – Mapeamento do Fluxo	30
3.1.3 – Avaliação de Alternativas de <i>Layouts</i>	32
4 – Estudo Do Espaço.....	34
4.1 – Áreas de cada centro de trabalho	35
5 – Estudo Do Tempo.....	36
5.1 – Cuidados indispensáveis para o estudo de tempo	37
5.2 – Equipamento para o estudo de tempo	38
5.3 – Determinação do Tempo Cronometrado	40

6 – Simulação Computacional	43
6.1 – Causas e Vantagens da Simulação Computacional	44
6.2 – Etapas do Projeto de Simulação Computacional	46
6.3 – <i>Software Arena</i> ®.....	48
7 – Metodologia	50
8 – Aplicação do SLP e Estudos de Tempo e de Espaço	52
8.1 – Processo Produtivo da Empresa.....	52
8.2 – Definição do Tipo de Arranjo Físico	54
8.3 – Aplicação do Método SLP	54
8.3.1 – Análise Qualitativa	55
8.3.2 – Mapeamento do Fluxo	63
8.4 – Estudo do Tempo.....	67
8.5 – Estudo do Espaço	79
9 – Modelo de Simulação e Experimentos	82
9.1 – Modelo de Simulação.....	82
9.2 – Validação do Modelo.....	85
9.3 – Experimentos Simulados.....	86
9.3.1 – Experimentos com o <i>Layout</i> Atual da Empresa	88
9.3.2 – Experimentos com o <i>Layout</i> Proposto a Empresa	92
9.4 - Análise dos Resultados.....	96
10 – Conclusões.....	99
Referências Bibliográficas	101
ANEXO 1 – Planta Baixa ABRASDI	107
APÊNDICE 1 – Mapofluxograma Atual da empresa	108
APÊNDICE 2 – Mapofluxograma Proposto da empresa	109
APÊNDICE 3 – Fichas de Cronometragens.....	110
APÊNDICE 4 – Ficha de Cronometragem: novos cálculos	117
APÊNDICE 5 – Grau de Utilização dos recursos nos <i>Layouts</i> em cada experimento	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de Arranjo Físico Posicional	19
Figura 2: Exemplo de Arranjo Físico Funcional	20
Figura 3: Exemplo de Arranjo Físico celular	21
Figura 4: Exemplo de Arranjo Físico por Produto	22
Figura 5: Exemplo de Arranjo Físico Misto	23
Figura 6: Vantagens e Desvantagens dos Tipos de Arranjos Físicos	24
Figura 7: Modelo Proposto para Aplicação do SLP	27
Figura 8: Ferramenta 5W1H	28
Figura 9: Exemplo de Carta de Inter-relacionamento	29
Figura 10: Símbolos que compõe o fluxograma	31
Figura 11: Exemplo de Mapofluxograma	32
Figura 12: Exemplo de Cronômetro	39
Figura 13: Ficha de cronometragem	40
Figura 14: Algumas causas e vantagens da simulação computacional.	46
Figura 15: Aplicação da carta de Inter-relacionamento.	63
Figura 16: Fluxograma da empresa	64
Figura 17: Mapofluxograma Atual da empresa	65
Figura 18: Mapofluxograma Proposto para a empresa	66
Figura 19: Número de Cronometragens - Montagem e Preenchimento do Molde	69
Figura 20: Número de Cronometragens – Sinterização	70
Figura 21: Número de Cronometragens – Resfriamento	70
Figura 22: Número de Cronometragens - Desmonte e Limpeza de molde	71
Figura 23: Número de Cronometragens - Limpeza e Separação dos segmentos	71
Figura 24: Número de Cronometragens - Limpeza e Gravação chapa de aço	72
Figura 25: Número de Cronometragens - Processo pré-brasagem, Preparação de máquina de brasagem e Brasagem	72
Figura 26: Número de Cronometragens - Destencionamento e Teste de qualidade.	73
Figura 27: Número de Cronometragens - Retífica Afiadora	73
Figura 28: Número de Cronometragens - Retífica Final	74
Figura 29: Número de Cronometragens - Pintura de tela Logotipo	74
Figura 30: Número de Cronometragens - Pintura de tela Borda	75
Figura 31: Número de Cronometragens – Empacotar	75
Figura 32: Número de Cronometragens - novos cálculos	76
Figura 33: Planta baixa ABRASDI	79
Figura 34: Espaço requerido para cada equipamento	80
Figura 35: Modelo Conceitual	82
Figura 36: Distribuição de tempos	85
Figura 37: Funcionários e a variável resposta do sistema	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficientes de distribuição normal	41
Tabela 2: Coeficiente d_2 para o número de cronometragens iniciais	42
Tabela 3: Elementos de Produção	67
Tabela 4: Descrição do Modelo Conceitual	83
Tabela 5: Descrição dos Funcionários	87
Tabela 6: Experimento 13 - <i>Layout</i> Atual: Realocação 1 de funcionários	91
Tabela 7: Experimento 14 - <i>Layout</i> Atual: Realocação 2 de funcionários	92
Tabela 8: Experimento 13 - <i>Layout</i> Proposto: Realocação 1 de funcionários	95
Tabela 9: Experimento 14 - <i>Layout</i> Proposto: Realocação 2 de funcionários	96
Tabela 10: Análise Experimentos 1, 2, 3 e 4	96
Tabela 11: Análise Experimentos 5, 6, 7 e 8	97
Tabela 12: Análise Experimentos 9, 10, 11 e 12	97
Tabela 13: Análise Experimentos 1, 13 e 14	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Identificação do Processo Produtivo	53
Quadro 2: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Mistura	55
Quadro 3: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Montagem	56
Quadro 4: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Preenchimento do Molde ...	56
Quadro 5: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Sinterização	57
Quadro 6: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Desmonte do molde	57
Quadro 7: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Limpeza dos Segmentos....	58
Quadro 8: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Gravação da Serra.....	58
Quadro 9: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Brasagem	59
Quadro 10: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Teste de Qualidade	59
Quadro 11: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Retífica Afiadora.....	60
Quadro 12: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Destencionar	60
Quadro 13: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Retífica Final	61
Quadro 14: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Pintar	61
Quadro 15: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Empacotar.....	62

1 – Introdução

1.1 – Considerações Iniciais

Em toda a história da humanidade, cita Huberman (1985), o crescimento do mercado constitui sempre um tremendo incentivo ao crescimento da produção. Sendo assim o desenvolvimento de novos arranjos físicos ocorre pela necessidade de adaptação a novas realidades.

De acordo com Azevedo e Braga (2013), as empresas e as indústrias para se tornarem competitivas e eficazes necessitam observar três fatores importantes: a produtividade, a qualidade e a inovação, e um ponto inicial e simples é uma reformulação no *Layout*, pois pequenas mudanças na localização de uma máquina e/ou processo podem afetar o fluxo da produção, que por sua vez, pode afetar os custos e a eficácia da produção. Segundo Gaither e Frazier (2001), a administração da produção em uma empresa é de grande importância para aumentar a competitividade através da produção, para assim atender as necessidades e os desejos de seus clientes.

A partir deste crescente mercado, é necessária, primeiramente, uma reformulação do *Layout* da empresa para que a mesma se enquadre ao seu crescimento e para que o espaço físico seja planejado da melhor forma possível, que de acordo com Morán (2000), esta implantação de arranjo físico, de forma adequada, é uma das formas de se obter a competitividade ou de se encontrar vantagens competitivas dentro das empresas.

1.2 – Objeto de Estudo

O objeto de estudo desta pesquisa é a área produtiva da empresa ABRASDI – Abrasivos Diamantados, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ, onde foi identificada a necessidade de melhoramento de seu atual arranjo físico.

Fundada no ano de 2008 por empreendedores acadêmicos, a ABRASDI – Abrasivos Diamantados é uma empresa que atua na fabricação de ferramentas diamantadas que são utilizadas para o corte e beneficiamento de rochas ornamentais. As serras produzidas pela empresa são utilizadas no corte de granito e mármore das marmorarias da região.

Como a demanda pela serra diamantada tem crescido, houve a necessidade de adquirir novos maquinários e contratação de mais funcionários, com isso a necessidade de expansão de sua fábrica, levando a empresa a uma nova instalação, se desvinculando da universidade para ter sua própria sede.

1.3 – Problema de Pesquisa

Nas visitas realizadas à empresa ABRASDI Abrasivos Diamantados, pôde-se perceber uma necessidade de melhorar o *Layout* da empresa a fim de tornar o ambiente mais agradável, eficaz e eficiente, aproveitando da melhor maneira possível o espaço disponível.

A melhoria da decisão da localização de cada processo de produção dentro do chão de fábrica é um ponto potencial para o melhoramento da utilização do espaço disponível e determinação do tempo de ciclo de produção, com isso, o presente trabalho responderá a seguinte pergunta de pesquisa:

Como melhorar a utilização do espaço disponível da empresa e conseqüentemente determinar o tempo de ciclo de forma a melhorar a produtividade da empresa?

1.4 – Objetivos do Estudo

Para se compreender o trabalho de melhor forma, os objetivos estão divididos em Objetivo Geral e Objetivos Específicos.

O Objetivo Geral do trabalho é contribuir para a melhoria da capacidade produtiva através da utilização do Planejamento Sistemático de *Layout* e da Simulação.

Para isso, descrevem-se os seguintes Objetivos Específicos:

- Estudar o caso da empresa ABRASDI.
- Compreender os fluxos atuais dos materiais, pessoas e produto, bem como as relações entre os postos de trabalho.
- Realizar estudos e verificações a respeito do espaço disponível, em que é calculado, para avaliação, o espaço requerido para o *Layout*, confrontando os resultados obtidos;
 - Estudar o tempo de produção, comparando a medição dos tempos, antes e depois da reformulação do arranjo físico;
 - Propor mudanças necessárias no arranjo físico confrontando os resultados obtidos.
 - Avaliar como as modificações no *Layout* alteram o tempo de execução do processo como um todo.

1.5 – Justificativa

A proposta de reformulação de arranjo físico visa melhorar efetivamente o processo de produção da empresa, tornar o ambiente mais favorável, confortável e seguro aos funcionários, utilizando da melhor forma possível o espaço físico disponível e estabelecendo o tempo e a capacidade produtiva da empresa.

1.6 – Estruturação da Dissertação

A dissertação está estruturada da seguinte forma:

Capítulo 01 - Introdução: São apresentados a contextualização, o objeto de estudo, o problema da pesquisa, o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa.

Capítulo 02 - Arranjo Físico: São apresentados os conceitos relacionados a arranjo físico, os tipos existentes de arranjos físicos, assim como as vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo.

Capítulo 03 - Planejamento Sistemático de *Layout*: São apresentados o conceito do SLP e quais são as ferramentas composta por este método de formulação de *Layout*.

Capítulo 04 - Estudo do Espaço: Apresenta como se realiza o estudo, mostrando também áreas necessárias para cada centro de trabalho dentro do chão de fábrica.

Capítulo 05 - Estudo de Tempo: São apresentados o conceito e as fórmulas, tabelas, cronometragens e cálculos necessários para a determinação do tempo de ciclo de produção.

Capítulo 06 - Simulação Computacional: São apresentados os conceitos e as vantagens da simulação, vinculando com o estudo de arranjo físico.

Capítulo 07 - Metodologia: Apresentam-se a problemática, a escolha do método, o processo de coleta de dados, formas de cálculos, simulações e testes.

Capítulo 08 – Aplicação do SLP e Estudos de Tempo e de Espaço: Toda a metodologia proposta é aplicada a fim de propor um novo arranjo físico eficiente e eficaz.

Capítulo 09 – Modelo de Simulação: Apresentam-se o modelo conceitual do sistema, descrevendo o modelo de simulação, os experimentos e seus resultados.

Capítulo 10 – Conclusão: Apresentam-se as conclusões do presente trabalho, encerrando o estudo e mostrando sugestões de trabalhos futuros.

2 – Arranjo Físico (*Layout*)

Segundo Vieira (1983), pode-se entender arranjo físico ou *Layout* como a melhor utilização do espaço disponível que resulte em um processamento mais efetivo através da menor distância, no menor tempo possível.

Layout pode ser definido, segundo Anton, Eidelwein e Diedrich (2012), como a disposição de máquinas e estações de trabalho em um ambiente, considerando a correta movimentação, tanto de materiais quanto de informações, de maneira a proporcionar maior produção em menor período de tempo.

Zanotti Filho *et al.* (2013) dizem que um arranjo mal formulado pode causar problemas para a empresa como padrões de fluxos longos, filas de clientes, operações inflexíveis, altos *lead times*, altos custos e estoques desnecessários de materiais. Eles afirmam também que um bom *Layout* deve reduzir a movimentação desnecessária, definir corredores para movimentação, evitar cruzamentos, entre outros.

De acordo com Gaither e Frazier (2001 *apud* AZEVEDO e BRAGA 2013), planejar o *Layout* ou arranjo físico é determinar o local certo para cada maquinário da organização, aproveitando corretamente todos os espaços, não levando em conta apenas a melhor disposição, mas também observar o estudo das condições humanas de trabalho. Todas essas mudanças são para evitar, de maior forma possível, o ziguezague no transporte, proporcionar fluxos o mais linear o possível, dispor de maneira correta os materiais e máquinas para minimizar o esforço humano e o tempo despendido, evitar fluxos de cargas vazias ou parciais, aproximar do processo os materiais pesados ou volumosos.

Silva Segundo, Araújo e Lopes (2013) dizem que através do Arranjo Físico se consegue identificar os pontos fortes e fracos que podem beneficiar ou prejudicar a organização, com isso projetos de *Layout* ajudam evitar danos e gastos futuros e desnecessários, permitindo a avaliação da eficiência das atividades exercidas na organização, reconfigurando as sempre que necessário através da organização e disposição dos móveis, objetos e atividades.

Definir um arranjo físico qualquer é planejar e integrar todos os caminhos necessários dos componentes de um produto para se obter um relacionamento eficiente e econômico entre esses componentes como pessoal, equipamentos e materiais, que se movimentam (CORRÊA & CORRÊA, 2006).

Oda e Marques (2008) dizem que para a elaboração de arranjos físicos ou *Layouts* de espaços podem ser aplicados diversos métodos e técnicas, com ferramentas de dimensionamento, fluxogramas e relacionamentos entre atividades componentes dos processos.

2.1 – Tipos de Arranjos Físicos

A determinação do *Layout* ideal deve ser precedida da determinação da capacidade produtiva da empresa que, por sua vez, depende dos gargalos da produção (MARTINS e LAUGENI, 2006).

Azevedo e Braga (2013) afirmam que cada tipo de produto exige diferentes tipos de insumos e recursos que, por sua vez, demandam diferentes formas de armazenagem, manuseio e transporte. Com isso existem diferentes tipos de arranjos físicos, a serem utilizados, de acordo com o tipo de processo produtivo da empresa:

- Arranjo Físico Posicional;
- Arranjo Físico Funcional;
- Arranjo Físico Celular;
- Arranjo Físico por Produto;
- Arranjo Físico Misto.

2.1.1 – Arranjo Físico Posicional

Segundo Gaither e Frazier (2001) este tipo de *Layout* é utilizado quando o produto é frágil ou volumoso, se tornando difícil de movimentar, onde, nesses casos, as máquinas, trabalhadores e insumos é quem se deslocam em torno do produto, seguindo sua necessidade de produção.

O Arranjo Físico Posicional, também conhecido como Arranjo Físico Fixo, tem sua característica por ter o recurso transformado fixo, não apresentando movimentação de forma fácil, enquanto os recursos transformadores fluem através da operação (MORÁN, 2000).

A figura 1 exemplifica claramente este tipo de arranjo físico.

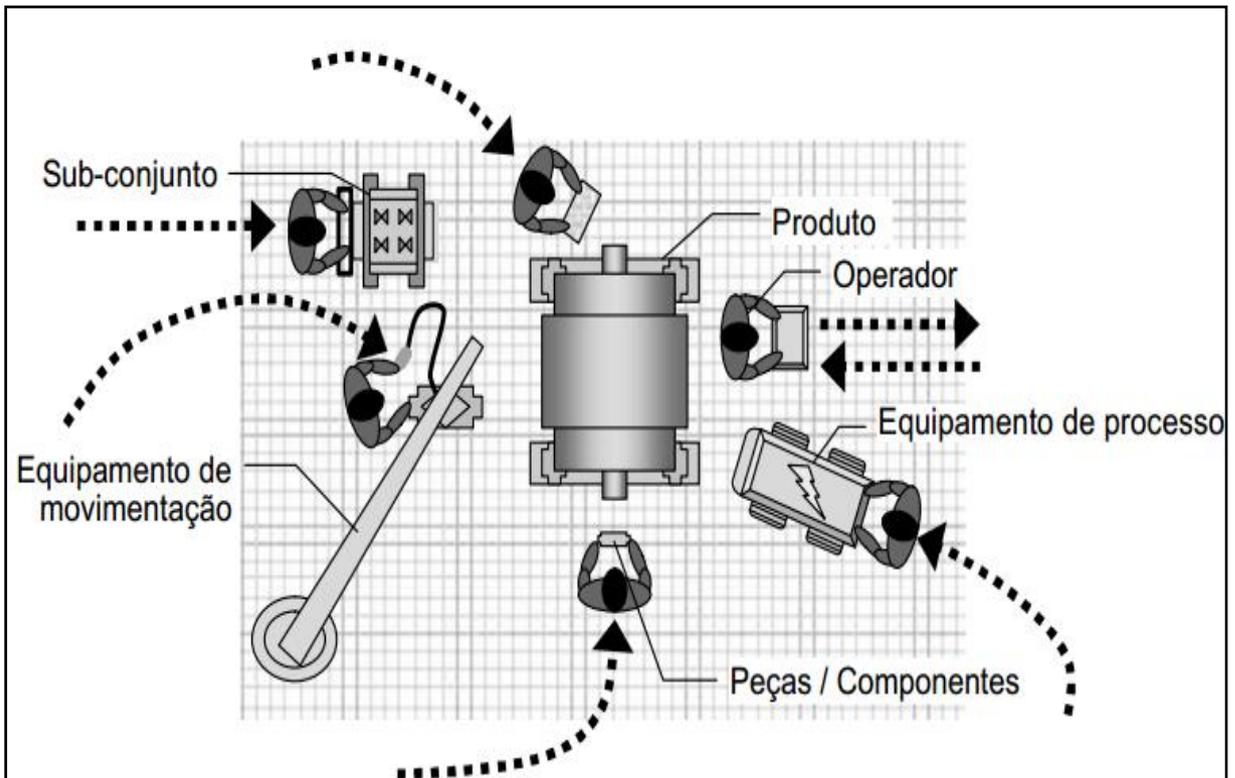


Figura 1: Exemplo de Arranjo Físico Posicional

Fonte: Adaptado de Doblas (2010).

2.1.2 – Arranjo Físico Funcional

De acordo com Gaither e Frazier (2001) este tipo de *Layout* é projetado para acomodar uma variedade de projetos de produtos e etapas de processamentos variadas. É utilizado, geralmente, em produtos personalizados ou com pequenos lotes, onde suas máquinas podem se deslocar possibilitando disposições que sejam diferentes, variando de acordo com o produto a ser fabricado e com o processo a ser utilizado.

No Arranjo Físico Funcional, as máquinas são agrupadas de acordo com as características, necessidades e conveniências dos recursos transformadores, onde os recursos e processos similares são agrupados num mesmo local, juntos uns dos outros, de acordo com a figura 2.

Corrêa e Corrêa (2006) observam que a eficiência desse modelo é afetada se os fluxos forem intensos e se as distancias entre as áreas de maior fluxo não forem consideradas adequadamente.

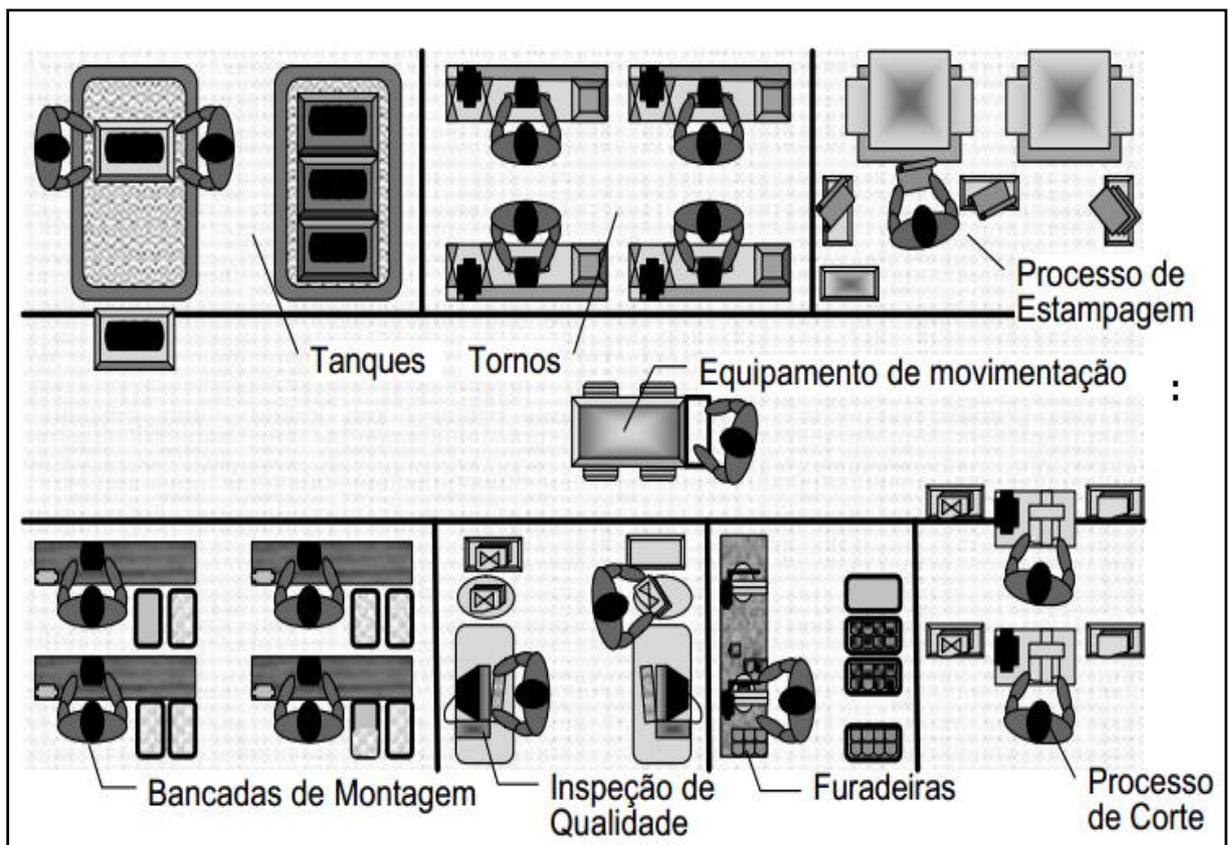


Figura 2: Exemplo de Arranjo Físico Funcional

Fonte: Adaptado de Doblas (2010).

2.1.3 – Arranjo Físico Celular

Segundo Gaither e Frazier (2001), esse tipo de arranjo possibilita, entre outros benefícios, custos reduzidos de manuseio de materiais, tempo de produção e de embarque de peças menores, e menos estoque em processo.

O Arranjo Físico Celular arranja em um mesmo local, máquinas diferentes que possibilitam fabricar o produto inteiro.

Este arranjo físico é aquele onde os recursos transformados, entram na operação, se movimentam para uma parte da célula, onde estão concentrados todos os recursos transformadores que são necessários para atender as necessidades imediatas do processamento (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

De acordo com Corrêa e Corrêa (2006), o arranjo físico celular, tenta ao máximo unir a eficiência do arranjo físico por produto com a flexibilidade do arranjo físico funcional, tendo resultados como: flexibilidade do fluxo, velocidade e eficiência, distâncias internas menores, menores tempos de preparação de equipamentos, melhor qualidade e controle de produção.

Na figura 3, todas as características mencionadas referentes ao arranjo físico celular podem ser observadas.

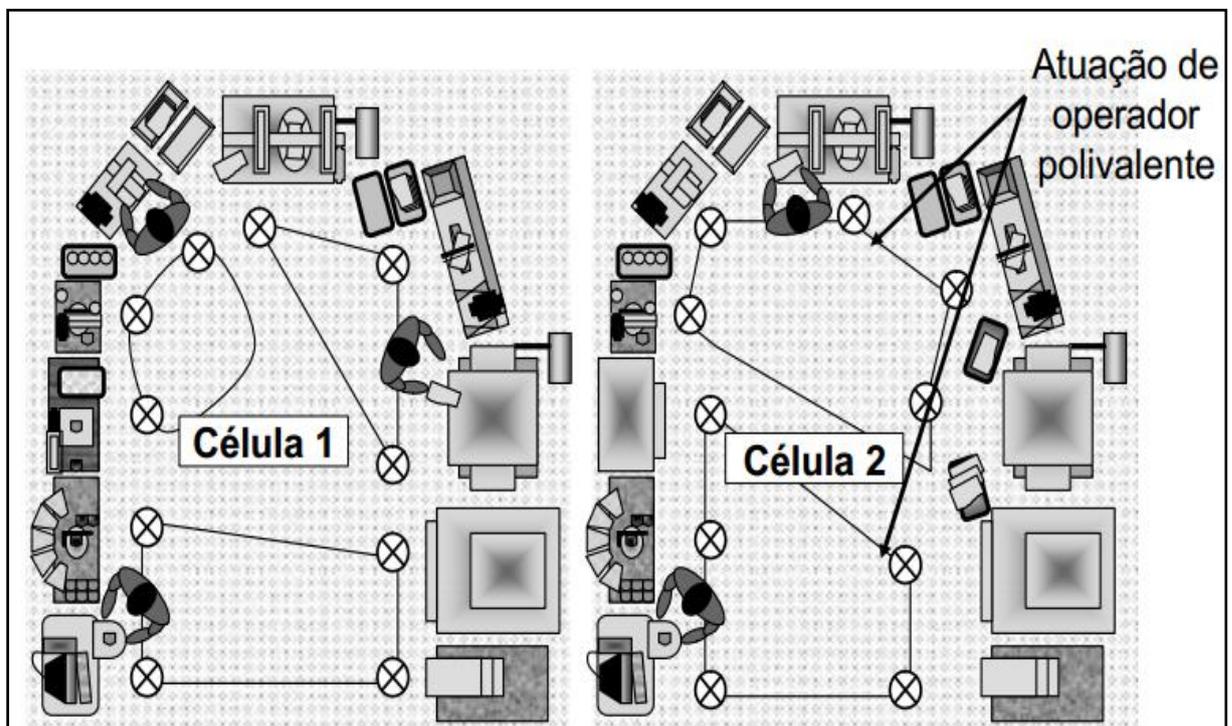


Figura 3: Exemplo de Arranjo Físico celular

Fonte: Adaptado de Doblaz (2010).

2.1.4 – Arranjo Físico por Produto

De acordo com Gaither e Frazier (2001), esse tipo de arranjo é ideal para acomodar projetos de produtos em grande quantidade e pequena variedade, onde se usam máquinas difíceis de movimentar, são ideais para processos específicos de

produção por se tornar inviável as constantes preparações dos equipamentos para processos que sejam diferentes.

O Arranjo Físico por Produto é o arranjo físico onde se concentram grandes volumes de produção. É o arranjo onde o recurso transformado se desloca sofrendo suas possíveis transformações que dão origem ao produto final, onde os recursos transformadores estão dispostos ao longo do fluxo com cada um dos equipamentos desempenhando seu processo de forma bem definida (MORÁN, 2000).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), este é também conhecido como Arranjo Físico em Linha, onde os recursos transformadores são arranjados de acordo com a necessidade do processo de produção e os recursos transformados seguem por eles, como se pode observar na figura 4.

Neste tipo de arranjo físico, o fluxo ocorre com eficiência máxima, pois tem seus processos de forma conectada, evitando assim tempo em transporte interno de produto em processo, mas não trabalha de forma flexível pois qualquer mudança se torna impossível ou muito difícil de se realizar (CORRÊA & CORRÊA, 2006).

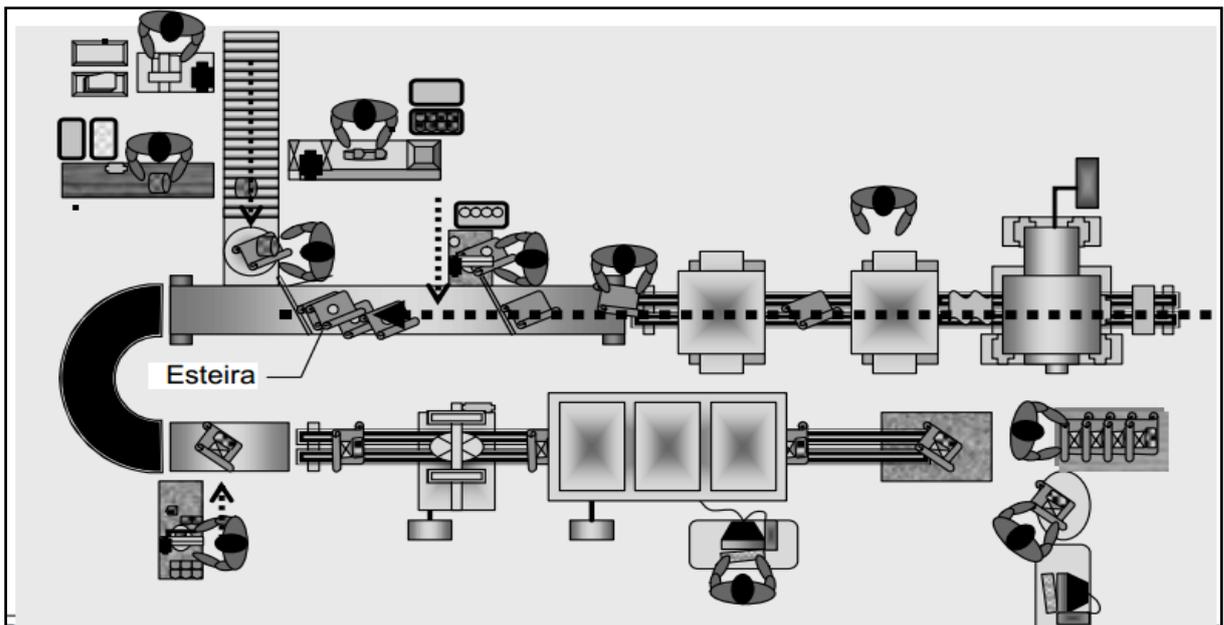


Figura 4: Exemplo de Arranjo Físico por Produto

Fonte: Adaptado de Doblaz (2010).

2.1.5 – Arranjo Físico Misto

O Arranjo Físico Misto é quando uma organização combina alguns ou todos os tipos citados de arranjos citados acima. Neste tipo de arranjo físico, que também é conhecido como *Layout Híbrido*, são combinadas características de alguns ou todos os tipos de arranjos dentro de um mesmo *Layout* geralmente em setores, conforme as necessidades produtivas diferenciadas, que se pode observar na figura 5 (AZEVEDO e BRAGA, 2013).

Já Martins e Laugeni (2006) denominam esse tipo de arranjo como arranjos combinados e define como a combinação de dois ou mais tipos de arranjo de maneira a aproveitar as vantagens de cada um, conforme se pode observar na figura 5.

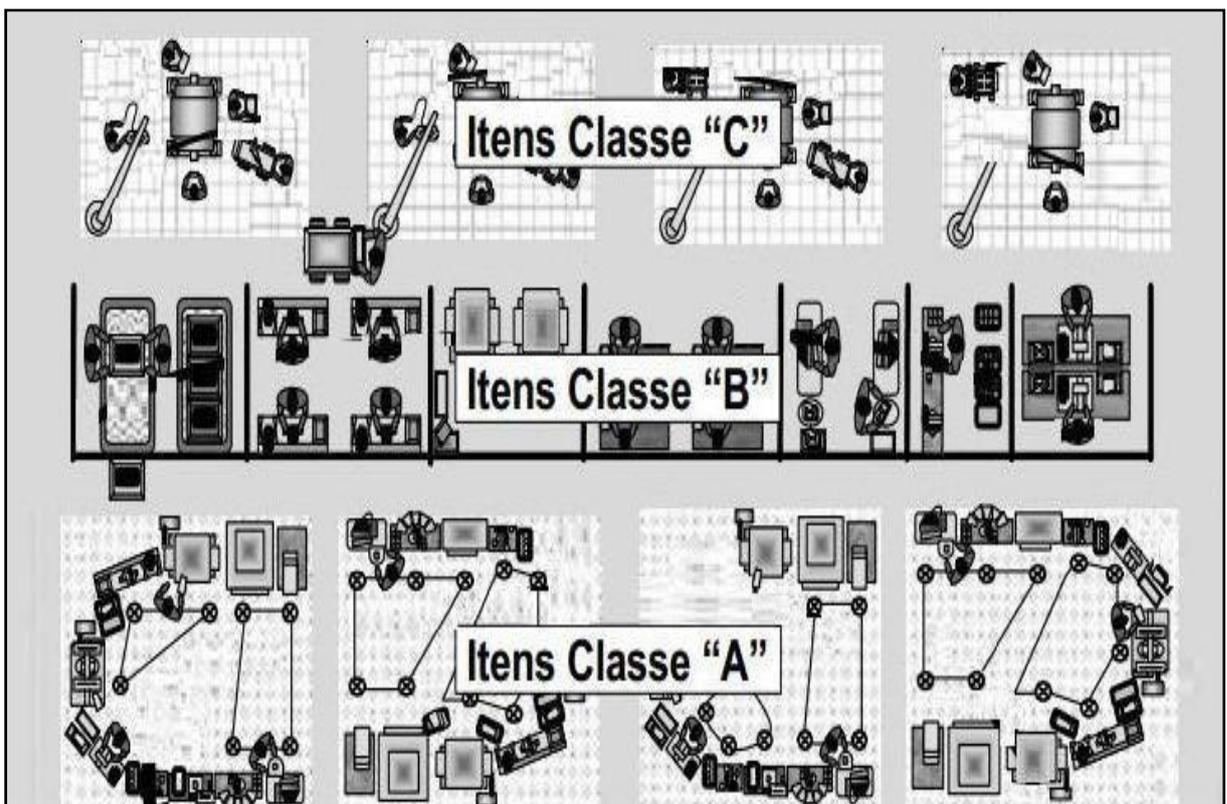


Figura 5: Exemplo de Arranjo Físico Misto

Fonte: Adaptado de Doblas (2010)

2.2 – Vantagens e Desvantagens dos Tipos de Arranjos Físicos

A figura 6 apresenta as vantagens e as desvantagens destes tipos de arranjos:

ARRANJO FÍSICO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Posicional	Material pesado não se move; flexível a alteração no produto; adapta-se a demandas intermitentes; menor necessidade de planejamento da produção.	Produção relativamente baixa; maior cruzamento no movimento de máquinas e operários.
Funcional	Grande flexibilidade com a variação do produto; adaptável a produtos de grande variação sazonal; flexível quanto às mudanças na sequência das operações; facilidade de supervisão com um responsável em cada seção; continuidade pode ser mantida quando a máquina pára.	Grande manuseio; maior quantidade de material em processamento.
Celular	Aumentar o volume de uma linha de produtos e fabricar componentes a um ritmo fixo; concentrar-se no controle de qualidade de poucos produtos de grande volume; favorecer a compra de maior quantidade de materiais a preço de atacado; reduzir ou eliminar a ocorrência de dificuldade nos tempos de preparação de máquinas.	Específico para uma família de produtos; dificuldade na elaboração do arranjo.
Por Produto	Redução de material em processo; menor congestionamento nos postos de trabalho; menores estragos no material; mão-de-obra mais barata; treinamento facilitado; controle de supervisão facilitado; reduz movimentos de equipamentos.	Menor flexibilidade na demanda; quebra de continuidade na produção quando alguma máquina pára.

Figura 6: Vantagens e Desvantagens dos Tipos de Arranjos Físicos

Fonte: Adaptado de Morán (2000).

O Arranjo Físico Híbrido representa a otimização dos outros tipos de *layouts*, extraindo de cada tipo de arranjo suas maiores vantagens, compensando suas desvantagens.

Segundo Silva Segundo, Araújo e Lopes (2013), quando se trabalha com arranjo físico, em qualquer organização, alguns princípios devem ser primeiramente observados:

- O trabalho deve seguir um fluxo contínuo e para frente, o mais próximo possível de uma linha reta;
- Os móveis e os equipamentos devem ser arrumados em simetria e em linha reta tanto quanto possíveis;
- Os padrões de espaço devem ser adequados às necessidades de trabalho e de conforto dos empregados;
- Os móveis e os equipamentos de tamanho uniforme permitem maior flexibilidade e aparência mais uniforme;
- Os vãos de circulação devem ser suficientemente amplos, evitando que as pessoas esbarrem no mobiliário. Portanto, é importante a existência de um corredor, sem obstrução, desde a área das mesas até os bebedouros, sanitários, saídas, etc., inclusive por medidas de segurança.

3 – Planejamento Sistemático do *Layout*

Loureiro (2011) diz que um planejamento errôneo do arranjo físico de uma empresa pode acarretar em gastos que poderiam ser evitados com um planejamento adequado, para isso pode se utilizar o sistema SLP (Systematic Layout Planning), que é uma ferramenta para o planejamento e desenvolvimento de arranjos físicos, com a finalidade de alcançar a máxima eficiência possível do processo produtivo.

O plano efetivo de SLP, de acordo com Glagola (2002 *apud* AZEVEDO e BRAGA, 2013) é considerado uma ferramenta eficaz e de fácil acesso para as empresas que buscam eficiência administrativa e desenvolvimento, auxiliando-as a encontrarem respostas rápidas, quando surgir a necessidade de execução de alterações na planta fabril.

3.1 – Estruturação do SLP

O sistema SLP consiste em uma estruturação de fases, em um modelo de procedimentos para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidas no planejamento, que auxilia na tomada de decisão quanto ao melhor posicionamento das instalações, máquinas, equipamentos e pessoal na linha de produção (MUTHER, 1978 *apud* COSTA, 2004).

A figura 7 mostra as ferramentas utilizadas no método SLP. Este método foi desenvolvido por Muther, em 1978, baseando-se na entrada de dados do processo de produção e no entendimento dos fluxos de materiais e das relações existentes entre os postos de trabalho.

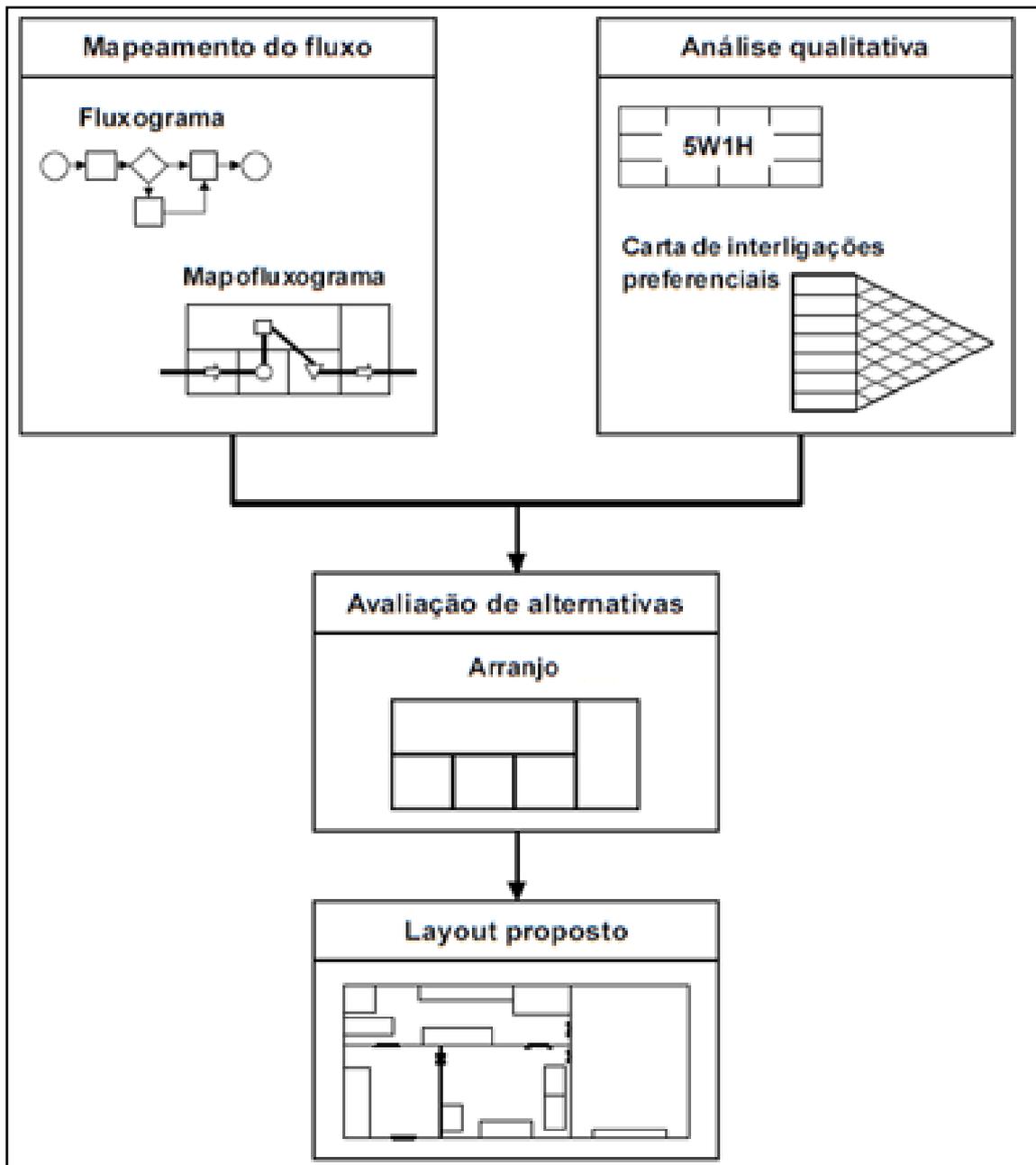


Figura 7: Modelo Proposto para Aplicação do SLP

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2012)

3.1.1 – Análise Qualitativa

Para fazer a análise qualitativa do Planejamento Sistemático de *Layout*, são utilizadas as ferramentas 5W1H e a Carta de Interligações Preferenciais, onde se consegue entender cada processo de produção e a relação de proximidade entre eles.

Segundo Martins (2013), a ferramenta 5W1H atua como referência para se obter decisões, através de acompanhamento, incremento ou desenvolvimento de determinado projeto. Com esta ferramenta pode-se descrever os problemas existentes, obtendo assim a facilidade de se obter um planejamento peculiar para gerar ações de correção.

Conforme Behr, Moro e Estabel (2008), é através desta ferramenta que se consegue estruturar os pensamentos de forma organizada, antes mesmo de se implantar alguma solução para determinado projeto, ajudando a melhorar a segregação de tarefas e visualizar como os processos estão se desenvolvendo.

Deve-se utilizar a ferramenta 5W1H para entender a importância de cada setor e a sua função nos diferentes processos, trazendo uma análise estruturada para o diagnóstico da situação atual, sendo possível esclarecer a função de cada processo nas instalações atuais e fornecer dados relevantes para a avaliação da necessidade de proximidade entre eles (AZEVEDO, BARBIRATO e SALES, 2015).

De acordo com Cunha (2013), a Ferramenta 5W1H consiste em responder seis perguntas chaves para se ter direção ao objetivo da utilização. As perguntas são entendidas conforme a figura 8.

Segundo Oliveira (1995), com a ferramenta 5W1H é possível um questionamento esclarecendo as ações que são realizadas em cada etapa do processo.

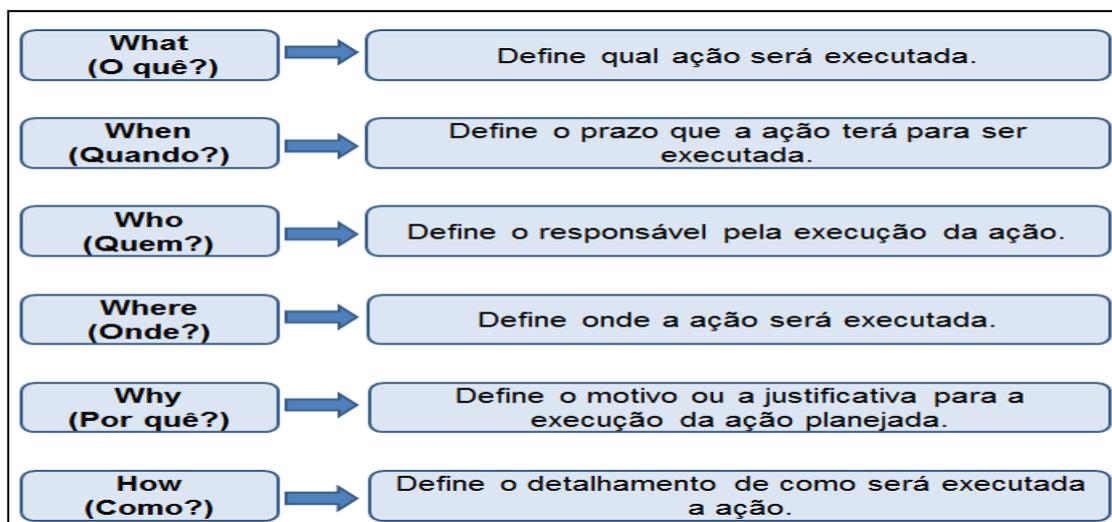


Figura 8: Ferramenta 5W1H

Fonte: Adaptado de Cunha (2013)

3.1.2 – Mapeamento do Fluxo

Para realizar o mapeamento dos fluxos dos processos na empresa, serão utilizadas as ferramentas Fluxograma e Mapofluxograma para poder visualizar os processos e os fluxos de produção da empresa.

Segundo Lins (1993), o fluxograma destina-se à definição dos processos, que são a utilização de equipamentos, métodos, ferramentas, pessoas e matérias-primas onde irá gerar um determinado produto ou serviço. O fluxograma descreve uma sequência de um trabalho que é envolvido no processo, passo a passo, e os pontos de decisões que devem ser tomadas, de forma a ser possível visualizar o entendimento e identificação de todo o processo de produção.

Araujo (2005) diz que o fluxograma representa graficamente o fluxo de determinado processo dentro de uma organização apresentando o processo passo a passo.

Portanto, o fluxograma é utilizado para auxiliar o mapeamento do fluxo de um processo, descrevendo-o, ação por ação, por meio da representação gráfica, usando símbolos convencionados. Ele permite a visão clara e precisa de todo o fluxo, facilitando a análise da situação atual do processo, para possíveis mudanças no mesmo (D'ASCENÇÃO, 2001).

Segundo Behr, Moro e Estabel (2008), o fluxograma deve trazer o maior número de informações possíveis a seu usuário para ser usado também como um utensílio objetivo e fácil de ser conciliado com outras ferramentas, onde a sua apresentação é de fácil entendimento dos pontos críticos do processo, identificando claramente os limites do mesmo.

Há uma variedade de símbolos que são usados para representar as atividades e ações que compõe esses fluxogramas, e na figura 10 são mostrados os símbolos que são frequentemente utilizados.

Ao se fazer uma análise de como os vários passos do processo relacionam-se entre si, esta ferramenta permite a identificação de potenciais fontes de melhorias para a organização (ARAUJO, 2005) por meio da visualização dos movimentos ilógicos e a dispersão de recursos materiais e humanos (OLIVEIRA, 2007).

	Operação	Ação para criar, transformar, conferir ou analisar uma operação.
	Terminal	Representa o início ou fim do processo.
	Decisão	Representa caminhos alternativos, ações condicionantes: (se) sim ou não.
	Sentido da circulação	Indica o fluxo do processo. Interligam informações escritas. **
	Arquivo definitivo	Representa o arquivamento da documentação inerente ao processo
	Arquivo provisório	
	Documento	Representa qualquer documento criado ou transformado no fluxo do processo. *

Figura 10: Símbolos que compõe o fluxograma

Fonte: Adaptado de Silva (2009)

*Legenda: *Esse mesmo símbolo tracejado representa uma informação verbal mantida entre os participantes do processo. ** Esse símbolo tracejado indica a interligação de informações verbais.*

Dando continuidade a análise dos fluxos dos processos, faz-se utilização da ferramenta chamada mapofluxograma, que descreve o fluxo físico na planta baixa da instalação analisada.

De acordo com Tosta, Oliveira e Souza (2009), sua grande vantagem é a possibilidade de visualização das atividades atreladas ao *Layout* da área, favorecendo as atividades de transportes de matérias-primas, de componentes e de produtos acabados, que podem ter suas rotas definidas no mapa.

Segundo Batista *et al.* (2006), o mapofluxograma permite uma visão espacial do processo produtivo. É desenhado sobre a planta do arranjo físico o fluxograma, utilizando linhas para indicar o sentido do fluxo nos centros de trabalho, conforme a figura 11 abaixo.

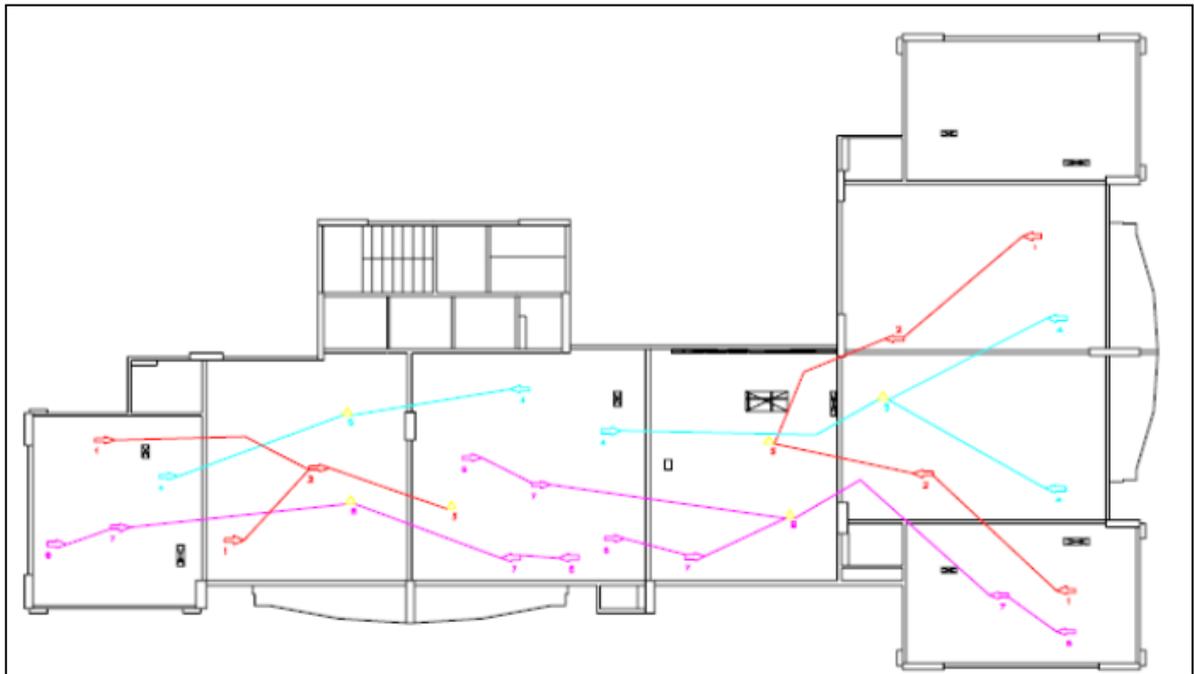


Figura 11: Exemplo de Mapofluxograma

Fonte: Sales, Barros Neto, Almino (2004 *apud* SILVA, 2012, p. 96)

Com a utilização da ferramenta mapofluxograma, é possível obter uma visão espacial do processo que ocorre no chão de fábrica durante a produção, desta forma as falhas de “comunicação” do processo podem ser observadas com mais clareza o que tende a facilitar a proposição de melhorias (CAMARA *et al.*, 2013).

3.1.3 – Avaliação de Alternativas de *Layouts*

De acordo com Muther e Wheller (200 *apud* OLIVEIRA *et al.* 2013), o planejamento sistemático de *Layout*, através de uma nova proposta de *Layout*, visa a redução de custos, por meio de aumento de eficiência e de produtividade,

utilizando da melhor forma possível o espaço disponível da empresa, reduzindo então a movimentação de materiais, produtos e pessoas, tornando o fluxo racional e com melhores qualidades de trabalho; avaliar um *Layout* é a investigação de alternativas teóricas para o *Layout* em estudo, com disponibilidade de informações, para se realizar um esforço prévio, antes que a mudança seja realizada no espaço físico da empresa, podendo ser custoso e gerar perdas na produção.

Em resumo, a metodologia do SLP irá auxiliar a tomadas de decisão quanto ao posicionamento das instalações, equipamentos, máquinas e pessoal na linha do processo de produção (COSTA, 2004). Com isso, haverá alternativas de *Layout* que possam disponibilizar melhorias, onde serão balanceadas sua eficiência e eficácia. Tais mudanças destas alternativas podem ser simuladas em *Softwares* computacionais.

4 – Estudo Do Espaço

Segundo Viana (1998 *apud* FRANÇA *et al.*, 2006, p. 2), o *Layout* é a disposição de homens, máquinas e materiais; é a integração do fluxo de materiais, da operação dos equipamentos de movimentação, combinados com as características que conferem maior produtividade ao elemento humano; ou seja, o arranjo físico ou *Layout* consiste em planejar o espaço físico a ser ocupado e utilizado pela organização; é a disposição física dos equipamentos, pessoas e materiais, de maneira mais adequada ao processo produtivo.

Tortorella e Fogliatto (2008) afirmam que a partir da análise entre o espaço necessário e o espaço disponível é possível determinar a quantia de espaço fabril a ser reservada a cada departamento.

De acordo com Morán (2000), precisam-se saber os fluxos, as atividades realizadas, os maquinários e equipamentos necessários para o processo em estudo para então poder determinar as áreas necessárias para cada um, onde se relacionarão com o espaço disponível, fazendo assim, um confronto entre o requerido e o disponível.

Para fazer este confronto deve-se realizar um estudo do local, a fim de verificar, basicamente, toda a infraestrutura do espaço. Para isso, torna-se necessário a planta baixa do local para que seja possível ter uma visão geral do espaço, suas divisões e disposições.

Assim, num estudo de *Layout*, um passo muito importante é a verificação da necessidade de espaço e o espaço disponível, determinando a quantidade de espaço a ser alocado para cada departamento (TOMPKINS *et al.*, 1996 *apud* NEUMANN e MILANI, 2009).

Segundo Martins e Laugeni (2006), para elaboração do *Layout*, são necessárias informações sobre especificações e características do produto, quantidades de produtos e de materiais, sequências de operações e de montagem, espaço necessário para cada equipamento, incluindo espaço para movimentação do operador, estoques e manutenção e informação sobre o recebimento, expedição, estocagem de matérias primas e produtos acabados e transportes.

4.1 – Áreas de cada centro de trabalho

Devido às necessidades particulares de cada processo/máquina, deve-se fazer o cálculo e a divisão específica das áreas. De acordo com Peinado e Graeml (2007), o cálculo das áreas necessárias para cada centro de trabalho costuma ser feito da seguinte forma:

- **Aresta viva** - chamamos de aresta viva o lado ou dimensão produtiva de um equipamento. Em outras palavras, é o lado em que o trabalhador opera a máquina.
- **Superfície ou área projetada (Sp)** - é a área correspondente à projeção ortogonal do contorno do equipamento em relação ao piso da fábrica. Em palavras mais simples, pode-se dizer que a superfície projetada é a área correspondente à máquina ou equipamento “vista de cima”.
- **Superfície ou área de operação (So)** - corresponde à área estritamente necessária para que o trabalhador possa operar o equipamento de forma segura e eficiente. Naturalmente, o cálculo da área de operação varia de acordo com o tipo de máquina, operação, tamanho das peças para processar e tamanho dos estoques utilizados no processo.
- **Superfície ou área de circulação (Sc)** - além da área de operação, será necessário prever uma outra área para permitir a circulação do fluxo de produtos, pessoas e materiais da operação produtiva. Esta área de circulação geralmente é calculada utilizando-se 50% da soma da área projetada com a área de operação, respeitando-se um limite máximo de 3 metros.
- **Corredores de passagem** - são áreas destinadas à circulação comum de pessoas, materiais e veículos que não fazem parte direta do fluxo de produção. Um corredor de passagem deve ter largura mínima de 0,6 metro.

Segundo Muther (1978 *apud* COSTA, 2004), um projeto de arranjo físico é geralmente mais determinado pelo espaço físico disponível do que por qualquer outro fator.

5 – Estudo Do Tempo

Um dos principais motivos para a reformulação de arranjo físico, dentro da organização, é reduzir o tempo perdido entre a movimentação de materiais e do próprio produto (CANEN e WILLIAMSON 1998, *apud* FERNANDES, STRAPAZZON e CARVALHO, 2013).

Segundo Barnes (2004), os principais impulsos para o desenvolvimento dos sistemas de tempos pré-determinados partiram de Frederick W. Taylor. O estudo de tempos teve seu início em 1881 na usina da Midvale Steel Company, e Taylor foi o seu principal introdutor, tornando o pai do estudo de tempos. Para ele, estabelecer um tempo padrão normal se faz necessário subdividir a operação em elementos de trabalho, descrevê-los, medi-los com um cronômetro e adicionar certas permissões que levem em conta esperas inevitáveis e fadiga.

De acordo com Toledo (2004), tempo padrão é o tempo que se determina necessário para um operário qualificado trabalhando num ritmo normal e sujeito a demoras e a fadigas normais, para executar uma quantidade definida de trabalho, seguindo um método pré-estabelecido. É o tempo normalizado acrescido das tolerâncias para fadigas e demoras. Já tolerâncias ou suplementos são acréscimos de tempos incluídos no tempo normalizado de uma operação, a fim de compensar o operário pela produção partida por causa de fadiga e das interrupções normalmente previstas, tais como as paradas pessoais.

Para medir e avaliar o desempenho do trabalho, a cronometragem das tarefas continua a ser largamente utilizada. Segundo Peinado e Graeml (2007), estudo de tempo é a determinação do tempo necessário para se realizar uma tarefa, tendo como finalidade não apenas estabelecer a melhor forma de trabalho, mas também encontrar um padrão de referência que servirá para:

- Determinação da capacidade produtiva da empresa;
- Elaboração dos programas de produção;

- Determinação do valor da mão-de-obra direta no cálculo do custo do produto vendido (CPV);
- Estimativa do custo de um novo produto durante seu projeto e criação;
- Balanceamento das linhas de produção e montagem.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), a maioria das técnicas de medida do trabalho envolve a divisão do trabalho a ser estudado em elementos. Para cada um desses elementos, são determinados tempos-padrão separados. O tempo padrão do trabalho todo é a soma de todos os tempos-padrão de seus elementos constituintes.

Com isso, a formulação do tempo padrão, de acordo com Felipe *et al.* (2012), contribui em dados mais seguros do processo analisado, definindo assim variáveis como: roteiro de trabalho, balanceamento de linha, viabilizações, carga homem, carga máquina, indicadores de produtividade e qualidade.

Quando se estabelece um tempo-padrão para uma tarefa, o operador deverá executar a operação exatamente como especificada no registro do método padronizado ou na folha de instruções (BARNES, 2004).

5.1 – Cuidados indispensáveis para o estudo de tempo

Na tomada de tempo, segundo Niebel e Frievalds (2004), alguns cuidados devem-se ter:

- **Operário**

- ✓ Eleger o operário que mais conheça a atividade, que tenha interesse em fazê-la e que esteja familiarizado com o procedimento;

- ✓ Se o operário estiver acima da média, o estudo será mais satisfatório devido a seu ritmo, que será mais fácil de estabelecer;

✓ Quando apenas um trabalhador realiza a tarefa, deve-se prestar atenção na qualificação do ritmo (desempenho) do trabalhador.

- **Registro de Informação Significativa**

✓ Deve conter o tipo de processo, as ferramentas e materiais utilizados, as condições da operação, nome do trabalhador, nome do departamento, data do estudo, nome do analista.

- **Posição do Analista**

✓ O analista deve encontrar-se em pé, nunca sentado, atrás do operador, a uma distância que não atrapalhe o operador à sua tarefa, mas de forma próxima para poder observar os movimentos da operação;

✓ Deve-se evitar bate papo com o operador.

- **Operação dividida em elementos**

✓ Dividir a tarefa em elementos para facilitar a cronometragem;

✓ Facilita a qualificação do ritmo (desempenho) do trabalhador;

✓ Separar os elementos para ajudar o estabelecimento do tempo padrão da operação

5.2 – Equipamento para o estudo de tempo

Para se realizar o estudo de tempo, são necessários alguns itens de extrema importância para uma acuracidade nos dados obtidos.

Estes itens são descritos por Barnes (2004), como sendo os de mais importância para um estudo eficiente e eficaz:

- **Cronômetro**

Equipamento utilizado para a medição de tempo. Conforme o autor, o cronômetro de hora centesimal é o mais utilizado. Neste cronômetro uma volta do ponteiro maior corresponde a 1/100 de hora ou 36 segundos. Porém, segundo o autor, podem ser utilizados outros tipos de cronômetros, inclusive os comuns. A figura 12 mostra alguns exemplos de cronômetros.



Figura 12: Exemplo de Cronômetro

- **Ficha de Cronometragem**

Local em que são anotados os tempos e demais informações que são necessárias para a operação que está sendo cronometrada. Nesta folha de cronometragem são registrados o nome do equipamento, o funcionário que está realizando a tarefa, os elementos da operação, os tempos cronometrados e as observações que por ventura surgir, conforme a figura 13 a seguir.

FICHA DE CRONOMETRAGEM										
Processo										
Nº	ELEMENTOS									
1										
2										
3										
4										
5										
Nº	TEMPOS CRONOMETRADOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										

Figura 13: Ficha de cronometragem

- **Prancheta para observações**

É necessária para que se apoie a folha de cronometragem e o cronômetro utilizados na cronometragem das operações.

5.3 – Determinação do Tempo Cronometrado

Para a determinação do tempo cronometrado é necessário seguir alguns passos.

De acordo com Peinado e Graeml (2007), o primeiro passo é a divisão da operação em elementos para facilitar as medições, qualificar o ritmo do trabalhador e ajudar no estabelecimento do tempo padrão.

Conforme Barnes (2004), estes elementos são as partes em que uma operação pode ser dividida, devendo-se tomar o cuidado para não dividir em excessivamente muitos e nem demasiadamente menos.

Em seguida, segundo Peinado e Graeml (2007), deve-se determinar o número de ciclos a serem cronometrados. É necessário fazer várias tomadas de tempo para obtenção da média aritmética do mesmo, mas para isso é necessário

utilizar um cálculo estatístico de determinação do número mínimo de observações, conforme a fórmula 1.

$$N = \left(\frac{Z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

N = número de ciclos a serem cronometrados

Z = coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada

R = amplitude da amostra

E_r = erro relativo da medida

d_2 = coeficiente, de valor tabelado, em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente

\bar{x} = média dos valores das observações

Pode-se interpretar a fórmula da seguinte forma:

I. Grau de confiança desejado: o valor de Z representa o grau de confiança, então quanto maior o grau de confiança, maior o valor de Z . E como o Z está no numerador, quanto maior Z , maior o valor de N . Os valores de Z podem ser visualizados na tabela 1.

Tabela 1: Coeficientes de distribuição normal

Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007)

II. Dispersão entre os valores individuais da população: quanto maior a amplitude da amostra, maior o valor de N .

III. Erro tolerável: quanto maior o valor de E_r , menor o tamanho da amostra exigida.

IV. Média das observações: quanto maior o valor da média, menor será o tamanho da amostra necessário.

V. Tamanho da amostra inicial: quanto maior o tamanho da amostra inicial mais precisa será a mensuração. O valor de d_2 aumenta a medida que aumenta o número de cronometragens iniciais, conforme se observa na tabela 2.

Tabela 2: Coeficiente d_2 para o número de cronometragens iniciais

N	2	3	4	5	6	7	8	9
d2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970
N	10	11	12	13	14	15	20	25
d2	3,078	3,173	3,258	3,336	3,407	3,472	3,735	3,931

Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* (2010)

6 – Simulação Computacional

De acordo com Silva Segundo, Araújo e Lopes (2013), o estudo de *Layout* proporciona a experimentação de novas formas e modificações no ambiente com o objetivo de buscar melhorias no ambiente de trabalho, mas fazer isso em um ambiente real nem sempre é possível, com isso surge a necessidade de se utilizar ferramentas computacionais para que seja possível projetar, alterar e visualizar os possíveis resultados.

A simulação faz parte do conjunto de técnicas da Pesquisa Operacional, que são usadas para a resolução de problemas complexos e que utilizam uma abordagem estruturada e precisa. Nada mais é que a imitação da operação de um processo ou de um sistema real no tempo, que permite que se façam inferências a respeito das características operacionais dos dados reais que estão sendo representados e a forma em que se interagem (TORRES, 2007).

Meirelles *et al.* (2009) dizem que o eficiente planejamento de uma instalação acarreta uma potencial redução de custos de produção e que as ferramentas computacionais complementam esse método, resultando em análises mais completas.

A simulação, de acordo com Law e Kelton (1999, *apud* MOREIRA e NETO, 2010), é definida como um processo de projetar uma situação real em um modelo computacional para assim poder compreender melhor o funcionamento do processo e analisar seu desempenho de vários cenários diferentes.

De acordo com Duarte (2003), a simulação imita uma situação real ou hipotética através de um modelo, podendo ser essa simulação através de programação matemática ou através de *Softwares*, importando da realidade para um ambiente controlado onde se podem estudar os comportamentos. Ainda de acordo com o autor, a simulação:

“não é uma ferramenta mágica que substitui o trabalho de interpretação humano, mas sim uma ferramenta poderosa capaz de fornecer resultados para análises mais elaboradas a respeito da dinâmica do sistema, desta maneira permitindo uma interpretação mais profunda e abrangente do sistema estudado.”

Zanotti Filho *et al.* (2013) citam algumas definições de simulação:

- Aguilar *et al.* (2009) citam a simulação como um método da pesquisa operacional que auxilia as empresas na tomada de decisões, criando modelos virtuais para representar processos reais, permitindo a análise dos principais parâmetros do modelo e de possíveis alterações no sistema.
- Harrel *et al.* (2002) como sendo o processo de experimentação sobre um modelo simplificado de um sistema real que tem como objetivo determinar como o sistema responderá as mudanças em sua estrutura, ambientes ou condições de contorno.

Para Shannon (1975, *apud* LEAL, 2003), a simulação não é uma teoria, mas sim uma metodologia que auxilia a resolução de problemas. É um método de modelagem utilizado para analisar um procedimento real ou proposto de forma virtual, ou até mesmo em protótipo. A simulação nada mais é que o ato de transcrever um procedimento real, mais rápido e com menor custo, onde nos permite estudar e avaliar o que poderá acontecer e de como se pode consertar erros, antes de gerar grandes gastos.

As simulações computacionais também observam fatores importantes que devem ser analisados dentro de uma reformulação de Layout como: a ociosidade de pessoas e equipamentos e a existência de gargalos durante o processo produtivo.

6.1 – Causas e Vantagens da Simulação Computacional

Bósoli *et al.* (2009) dizem que a modelagem e a simulação computacional tem despertado interesse por parte das organizações e pesquisadores na área administrativa.

De acordo com Aleisa e Lin (2005, *apud* TORRES, 2007), estudos de simulação são usados para estimar os parâmetros do sistema associados com as seguintes tarefas:

- Desenvolver melhores arranjos físicos a partir de arranjos realizados pelos algoritmos tradicionais;
- Comparar arranjos de forma operacional como utilização de recursos, tempo de fluxo e tamanho dos estoques intermediários;
- Avaliar estratégias para arranjo;
- Identificar problemas de gargalos nos arranjos físicos;
- Analisar mudanças na gama de produtos, nas quebras ou nas emergências;
- Incorporar comportamento estocástico e incerteza na demanda;
- Gerar volumes de fluxo aleatórios para considerar nas rotinas tradicionais.

Uma das principais vantagens do uso da Simulação nos estudos de arranjos físicos é proporcionar que “estudos sejam realizados sobre sistemas que ainda não existem, levando ao desenvolvimento de projetos eficientes antes que qualquer mudança física tenha sido iniciada” (FREITAS FILHO, 2008). Assim, alternativas podem ser estudadas antes mesmo de ser iniciada a mudança, podendo então avaliar seu desempenho sem a mudança física na empresa estudada.

A simulação computacional, de acordo com Bem (2013), deve ser utilizada pelas seguintes causas e vantagens, descritas na figura 14.

ALGUMAS CAUSAS E VANTAGENS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	
Usada quando se necessita um planejamento futuro (sistema real ainda não existe)	As informações geradas em modelos de simulação permitem a análise de diversas medidas concebíveis
O modelo pode apontar os benefícios sobre novos equipamentos (experimentar como o sistema real é dispendioso)	Os modelos podem ser tão detalhados quanto a modelos reais podendo ser avaliados sem que se cause alguma perturbação nos sistemas reais
Testar modelos para soluções emergenciais (experimentar como o sistema real não é apropriado)	Podem-se compreender melhor as variáveis decisivas no sistema e como ocorre a relação das mesmas com o sistema e entre si
Após a criação do modelo, este pode ser usado inúmeras vezes para a avaliação	Por conta de o modelo ser visível, os gargalos podem ser identificados mais facilmente
A simulação é de mais fácil aplicação quando comparada a métodos analíticos	Situações inesperadas e novas podem ser testadas, para que medidas e preparações possam ser utilizadas mediante a necessidade.

Figura 14: Algumas causas e vantagens da simulação computacional.

Fonte: Adaptado de Bem (2013)

6.2 – Etapas do Projeto de Simulação Computacional

De acordo com Kelton *et al.* (2004 *apud*, JOAQUIM 2005), um projeto de simulação computacional é composto por:

- **Planejamento**
 - ✓ Análise do cenário a ser estudado: levantamento de macro-informações que dizem respeito ao ambiente onde o objeto de estudo está inserido.
 - ✓ Formulação e análise do problema: os propósitos e objetivos do estudo devem ser claramente definidos.

✓ Planejamento do projeto: necessário para que tenha a certeza de que se possam todos os recursos necessários à execução do projeto.

✓ Formulação do modelo conceitual: deve-se traçar um esboço do sistema, definir os componentes, descrever as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema.

✓ Coleta de macro informações e dados: serve para conduzir os futuros esforços de coleta de dados, sendo caracterizada por fatos, estatísticas e informações, derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos existentes na instituição.

- **Modelagem**

✓ Análise estatística dos dados coletados: possa ter confiabilidade de que o modelo será alimentado com dados que representem o modelo real.

✓ Tradução do modelo: codificação do modelo em uma linguagem de simulação apropriada.

✓ Verificação e validação do modelo: buscar a confirmação de que o modelo simulado fornece resultados que possuam credibilidade e sejam representativos dos resultados do modelo real

- **Experimentação**

✓ Projeto Experimental: necessária a definição dos critérios que nortearão a sua execução.

✓ Experimentação: é a execução das simulações com os cenários propostos na fase anterior.

✓ Interpretação e análise dos resultados: é a realização da comparação entre os resultados obtidos nos experimentos realizados.

- **Tomada de decisão e conclusão do projeto.**

- ✓ Comparação e identificação das melhores soluções: relatar quais cenários apresentaram os melhores resultados.

- ✓ Apresentação dos resultados e implementação: a apresentação dos resultados do estudo tem por objetivo a preparação para a implementação

A simulação computacional será realizada por *Software* que faz uma representação próxima a realidade. Quanto mais características significativas o sistema for capaz de representar, mais próxima da realidade estará a simulação, porém, levará em conta a necessidade de cada informação inserida de forma que o sistema não se torne muito complexo de ser construído.

6.3 – Software Arena®

Para a utilização da simulação computacional, uma alternativa de *Software* para ser utilizado é o Arena®.

De acordo com o site *Erlang* (2016), o *Software Arena®* é um ambiente gráfico de criação de modelo de simulação gráfico e visual, de maneira integrada. Este *Software* contém recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados.

O *Software Arena®* pode ser transformado em um simulador específico para reengenharia, transporte, manufatura, entre outros.

Segundo Oliveira *et al.* (2013), ao se utilizar o Arena®, os dados do processo são anexados ao modelo, são utilizadas distribuições estatísticas geradas através dos dados inseridos, e não parâmetros de valores médios, dessa forma é possível desenvolver um sistema real representado no computador através de dados e de um modelo lógico matemático.

O *Software Arena®* foi lançado em 1993, em uma empresa americana chamada *Systems Modeling*, sendo considerado o sucessor do programa SIMAN,

como sendo o primeiro simulador com foco em arquitetura, e do programa CINEMA, desenvolvido em 1984 como sendo complemento do programa anterior, onde se pode fazer animações gráficas. Foi quando unificaram e aperfeiçoaram estes programas em um único, o Arena®, onde pode ser aplicado a diferentes tipos de ambientes com diferentes formas de raciocínio (Prado 2010 *apud* BEM 2013).

Silva, Pinto e Subramanian (2007), Tal como a maioria dos *Softwares* de simulação, o Arena® visualiza o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços aos clientes. O Arena® tem sido utilizado para simular os mais diversos ambientes, desde linhas de produção, minas, tráfego nas ruas de uma cidade e diversos ambientes logísticos.

7 – Metodologia

Quanto aos fins, a pesquisa se caracteriza como sendo uma pesquisa descritiva, que, de acordo com Gil (2008), possui objetivos bem definidos e com procedimentos formais para a solução de problemas ou avaliação de alternativas de curso de ação. Em suas diversas formas, trabalha com dados ou fatos colhidos da própria realidade. Em relação aos meios, a pesquisa é um estudo de caso, onde é possível levantar dados necessários, representados por diversas informações sobre a empresa estudada.

O estudo foi realizado na empresa ABRASDI Abrasivos Diamantados, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes, que é especializada em abrasivos diamantados que são utilizados para produzir serras diamantadas, que é utilizada no mercado de corte e beneficiamento de rochas ornamentais, como o mármore e o granito.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em livros sobre o tema e artigos indexados em anais de congressos e periódicos sobre arranjo físico e as metodologias utilizadas para projetos de *Layout* em simulação computacional. Adicionalmente, foram realizadas várias visitas à empresa para identificar seu processo produtivo.

O método Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP) foi então utilizado para compreender os fluxos atuais dos materiais, pessoas e produto, bem como as relações entre os postos de trabalho da empresa ABRASDI. Nesta etapa, o trabalho de Azevedo e Braga (2013) foi usado como referência. Na análise quantitativa do SLP foram utilizadas a ferramenta 5W1H e a Carta de Interligações preferenciais e, para o mapeamento do fluxo, utilizaram-se as ferramentas Fluxograma e Mapofluxograma. A ferramenta 5W1H foi utilizada como base inicial para análises e desta forma tornar todo processo de produção melhor explicado, bem como levar em consideração os sentimentos dos funcionários em relação à realização das atividades e do ambiente de trabalho.

A partir da aplicação destas ferramentas, mudanças no arranjo físico são propostas a fim de tornar a empresa mais eficiente, minimizando ao máximo estes cruzamentos no fluxo de produção, tentando colocar o mais retilíneo possível.

Dando sequência, foram elaborados questionários e fichas, para coleta de dados em relação às áreas da empresa e às necessidades de espaço de cada processo/máquina e seus respectivos tempos de produção, bem como os tempos de deslocamento dos funcionários. Para a coleta de tempo, cada processo de produção foi dividido em elementos de produção para facilitar a cronometragem e para dividir o tempo de trabalho de cada processo em tempo de funcionário e tempo de máquina.

Os dados foram coletados, através de entrevista com os funcionários da empresa durante a realização de visitas técnicas. A percepção do ambiente de trabalho durante as visitas proporcionará, também, um entendimento mais completo a respeito dos fluxos de movimentação dos empregados.

Após o levantamento de dados, foi iniciada a etapa de análise, que resultou no estudo a respeito do espaço necessário para cada processo dentro da empresa, bem como o fluxo de materiais e pessoas e também o estudo do tempo, conforme proposto pelo presente trabalho.

Foi escolhido o *Software Arena*® para verificar os *Layouts*, atual e proposto, disponibilizando os tempos de produção e de traslado de cada processo de produção em cada *Layout*.

Finalmente, após realizar as simulações necessárias, foi feita uma análise final para a verificação da eficácia do uso do SLP para o auxílio na proposta de arranjo físico.

8 – Aplicação do SLP e Estudos de Tempo e de Espaço

8.1 – Processo Produtivo da Empresa

Através de visitas realizadas a empresa, sabe-se que as serras diamantadas são compostas por 25 segmentos que são brasados na chapa de aço. Os segmentos são produzidos através de uma mistura química entre pós-metálicos e diamantes sintéticos, que quando prontos estão preparados para a confecção dos segmentos, que são feitos em uma abraçadeira, que comporta 20 segmentos em cada.

Após a montagem e preenchimento do molde na abraçadeira, a mesma é colocada na máquina sinterizadora onde, através da alta temperatura, dá origem aos segmentos diamantados. Depois de atingir aproximadamente 800°C, a sinterizadora desliga, e a temperatura vai diminuindo, até atingir 250°C, nesse momento a abraçadeira é retirada e levada à bancada de refrigeração, para posteriormente a abraçadeira ser desmontada, seus componentes limpos e os segmentos serem tratados.

Os segmentos são limpos no esmeril para retirar as rebarbas da sinterização. Logo após eles são pesados e separados. Com isso os segmentos estão prontos para ser brasado na chapa de aço.

Então, começa o preparo da chapa de aço para se iniciar a brasagem, que se inicia com a limpeza da chapa com solvente líquido, gravação na chapa com o número do lote de produção e preparação da superfície onde acontece a brasagem. Depois então, inicia o processo de brasagem, que é realizada com a fita de solda que uni os segmentos na chapa de aço. Após a brasagem é realizado o destencionamento da chapa e o teste de qualidade através de um torquímetro.

Depois de passar pela brasagem, alívio de tensões e pelo teste de qualidade, é necessária a parte de Retífica Afiadora, para retificar e abrir corte, e a Retífica Final para lixar e polir a serra. Após o polimento passa-se o antioxidante para poder fazer a pintura do logotipo e da borda da serra.

Com as serras limpas, desempenadas, retificadas e pintadas, começa o processo de embalagem, onde é passado o anti-oxidante, o filme plástico envolvendo toda a serra e a colocação das mesmas em uma caixa para serem comercializadas.

Foi utilizado um esquema de letras e números para identificar cada passo do processo produtivo, bem como demonstrar que o mesmo está dividido em dois subprocessos, como mostra o quadro 1.

Quadro 1: Identificação do Processo Produtivo

PROCESSO PRODUTIVO			
Produção de Segmentos (Letra = Processo)		Produção da Serra (Número = Processo)	
A	Pesar Mistura	1	Limpar chapa de aço
B	Montar molde	2	Gravar chapa de aço
C	Preencher molde	3	Preparar superfície para brasagem
D	Ajustar abraçadeira	4	Preparar máquina de brasagem
E	Sinterizar	5	Brasagem
F	Resfriar	6	Retirar serra da máquina
G	Desmontar molde	7	Destencionar
H	Limpar molde	8	Teste de qualidade
I	Limpar segmento	9	Retífica afiadora
J	Pesar e separar segmento	10	Retífica final
		11	Limpeza pré-pintura
		12	Pintura Logotipo
		13	Limpeza tela logotipo
		14	Pintura borda
		15	Limpeza tela borda
		16	Passar lubrificante
		17	Envelopar com filmito
		18	Embalar
		19	Armazenamento Final

8.2 – Definição do Tipo de Arranjo Físico

Depois de definir o tipo de processo de produção como sendo o Processo de Produção por Lotes ou Bateladas, pode-se alinhar qual o tipo de arranjo físico se adapta com esse tipo de processo.

Foram apresentados 4 tipos de arranjos físicos: Posicional, funcional, celular e por produto. Tendo também o Arranjo Físico Misto, que é a combinação de dois ou mais desses tipos de arranjos. Para o Processo de Produção em Lote, de acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), os tipos de arranjo físico que melhor se enquadra são o Arranjo Físico Celular e/ou Arranjo Físico Funcional.

Os outros arranjos citados não são adequados à empresa, pois algumas características são bem particulares para cada um. O arranjo físico posicional se aplica quando o produto é muito volumoso, frágil e de movimentação difícil, ficando o produto parado e os insumos que se movimentam ao seu redor, e o arranjo físico por produto é melhor aplicado quando a produção da empresa tem um volume muito grande.

Como o processo de produção da empresa pode ser dividido em dois sub-processos, o processo produtivo dos segmentos e o processo produtivo da serra foram analisados separadamente, porém como são processos similares, subsequentes e dependentes um do outro, os dois processos da empresa podem ser classificados como sendo de Arranjo Físico Funcional, por ter essas características.

8.3 – Aplicação do Método SLP

O método Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP), descrito por Muther (1978), é composto por ferramentas que nos auxilia a propor um novo *Layout*. As ferramentas 5W1H e a Carta de Interligações preferenciais foram utilizadas para a análise qualitativa, e para o mapeamento do fluxo, utilizaram-se as ferramentas Fluxograma e Mapofluxograma.

De acordo com Azevedo e Braga (2013), o SLP pode ser utilizado para obter melhorias na planta fabril da empresa ABRASDI, através da compreensão dos fluxos dos materiais, pessoas e produto, bem como das relações entre os postos de trabalho.

8.3.1 – Análise Qualitativa

A ferramenta 5W1H foi utilizada para se conhecer e compreender os processos atuais de produção da empresa. Para isso foram utilizados um questionário para cada processo produtivo, conforme os quadros de 2 a 15.

Quadro 2: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Mistura

	Mistura	Por quê?
O Que é?	Consiste na união dos pós-metálicos com os diamantes sintéticos, todos eles com certificado de garantia da fornecedora.	Essa é a matéria prima básica do segmento.
Onde fica?	Laboratório químico da empresa ABRASDI.	Local apropriado para se manusear materiais químicos.
Como funciona?	Os pós-metálicos e os diamantes sintéticos são pesados num recipiente apropriado. Primeiramente os pós são levados ao misturador por cerca de 3h e logo depois são incorporados os diamantes por cerca de 2h.	O misturador proporciona uma mistura mais homogênea eficiente para a preparação dos segmentos.
Quando é utilizado?	Este é o primeiro passo da fabricação das serras diamantadas.	Por ser à base da serra diamantada. Esta é a fase mais demorada do processo, então são produzidas misturas suficientes para a confecção de 600 segmentos.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	As misturas devem ser manuseadas com segurança e cuidado, pois a mesma pode trazer danos à saúde do funcionário.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 3: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Montagem

Montagem		Por quê?
O Que é?	Processo que dá a forma aos segmentos.	Pois é o que dá origem a forma dos segmentos diamantados.
Onde fica?	Laboratório químico da empresa ABRASDI.	Local apropriado para se manusear materiais químicos.
Como funciona?	São montados na abraçadeira os pistões e os separadores para logo após ser preenchidos com a mistura já pronta.	Pois a abraçadeira montada com estes acessórios é apropriada para se produzir, na proporção correta, os segmentos.
Quando é utilizado?	Logo após a pesagem das misturas.	Pois após serem montadas serão montados os moldes e depois preenchidos.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois está sendo realizado no mesmo local da produção da mistura.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 4: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Preenchimento do Molde

Preenchimento do Molde		Por quê?
O Que é?	É o que, depois de sinterizado, dá origem ao segmento.	Porque são preenchidos os moldes com a mistura que sinterizado a temperatura elevada forma o segmento.
Onde fica?	Laboratório químico da empresa ABRASDI.	Local apropriado para se manusear materiais químicos.
Como funciona?	Após a mistura pronta e a abraçadeira montada, a mistura é pesada adequadamente e individualmente para cada segmento em recipiente apropriado para depois ser preenchido o molde.	Porque se deve ter um controle quantitativo da mistura para a preparação de cada segmento.
Quando é utilizado?	Em paralelo a pesagem da mistura, que é onde se pesa 20 copinhos de mistura, que é a quantidade suficiente para preencher o molde.	Pois a mistura está pronta para ser manuseada para a confecção dos segmentos.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	O preenchimento envolve a mistura, onde a mesma deve ser manuseada com segurança e cuidado, pois pode trazer danos à saúde do funcionário.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 5: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Sinterização

Sinterização		Por quê?
O Que é?	Consiste no trabalho de calor e pressão em alta temperatura para unir as partículas da mistura.	Porque é o que dá origem aos segmentos.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	Quando a temperatura chega a aproximadamente 750°C, a pressão no botão da máquina é modificada. Nestas condições, a sinterizadora desliga e, quando a temperatura chega a 250°C, a abraçadeira é retirada e levada para o resfriador até obter a temperatura ambiente. Então o desmonte do molde é iniciado.	Porque em alta temperatura a mistura compacta e forma o segmento desejado.
Quando é utilizado?	Logo após a abraçadeira montada.	Para assim colocar na Sinterizadora.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 6: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Desmonte do molde

Desmonte do Molde		Por quê?
O Que é?	Consiste em abrir a abraçadeira para a retirada dos segmentos formados.	Pois precisa-se retirar da abraçadeira os segmentos já compactados.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	Depois de resfriado, a abraçadeira é desmontada, retirando os separadores e os pistões, e assim desmontando os segmentos formados.	Para poder retirar os segmentos da abraçadeira.
Quando é utilizado?	Depois do tempo de resfriamento (quando a abraçadeira alcançar a temperatura ambiente).	Deve-se esperar a abraçadeira resfriar, pois a máquina sinterizadora eleva a uma temperatura de aproximadamente 800°C, impossibilitando o seu manuseio imediato.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 7: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Limpeza dos Segmentos

Limpeza dos Segmentos		Por quê?
O Que é?	É a retirada das rebarbas provenientes do aquecimento da mistura.	Porque na sinterizadora parte da mistura acaba escorrendo na abraçadeira, gerando assim as rebarbas.
Onde fica?	Área reservada para este tipo de trabalho.	Local apropriado para a limpeza, pois a mesma gera poeira que pode ser tóxica aos trabalhadores.
Como funciona?	Nesta etapa devem-se limpar os segmentos, os separadores e os pistões. A limpeza dos segmentos é realizada no esmeril. Logo após esta limpeza, separam-se os segmentos por peso para uma melhor qualidade da serra.	Pois os segmentos devem ser em medidas corretas para serem soldados na chapa de aço.
Quando é utilizado?	Logo após o desmonte e limpeza do molde.	Porque a abraçadeira pressiona os segmentos, e os mesmo para serem retirados precisa deste desmonte.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 8: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Gravação da Serra

Gravação da Serra		Por quê?
O Que é?	É o processo de identificação da serra por lote.	Porque se ocorrer eventual problema, o mesmo pode ser facilmente identificado.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	Primeiro, limpa-se a superfície da alma da serra com solvente líquido, depois, é gravada, manualmente com auxílio de peça apropriada, com o número do pedido identificado no lote de produção.	Porque facilita a identificação da serra quando ele estiver já pronto.
Quando é utilizado?	Após os segmentos prontos para uso.	Pois para que possa assim começar o processo de brasagem.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 9: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Brasagem

Brasagem		Por quê?
O Que é?	A brasagem é a união dos segmentos na chapa de aço.	É o que dá origem ao produto final.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	Passa-se, na alma e nos segmentos, um fluido, para facilitar o processo. Em seguida, a alma e os segmentos são levados para a máquina e colocados em lugares específicos para cada um. Verifica-se se a solda em fita já está no local certo, se não, coloca-se. Começa então o processo de brasagem, que é feita na máquina, sendo monitorada pelo funcionário autorizado.	Porque é um processo essencial para que se origine o produto final.
Quando é utilizado?	Após gravação da chapa de aço.	Para que fiquem separados os lotes certos do segmento para cada serra.
Quem utiliza?	Técnico responsável.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 10: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Teste de Qualidade

Teste de Qualidade		Por quê?
O Que é?	O teste de qualidade testa se a solda foi realizada eficientemente.	Para dar certeza de que não soltará nenhum segmento na hora do uso, evitando assim um acidente com a utilização da serra.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	Primeiro é retirada a fita de solda que fica entre os segmentos. Logo após, o teste é realizado com um torquímetro que aplica uma força suficientemente necessária para que o segmento não solte da chapa de aço durante o uso.	Porque é feito antes da utilização da serra, evitando assim que o segmento solte em uso.
Quando é utilizado?	Após esfriamento da solda.	Para ter eficiência no teste.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 11: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Retífica Afiadora

Retífica Afiadora		Por quê?
O Que é?	É onde se limpa o segmento pós-solda e dá direção ao corte.	Porque durante a soldagem há proveniência de rebarbas da solda; e deve-se dar direção ao corte, já que os segmentos são padronizados, sem esta direção.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	É colocada a serra já soldada na máquina retificadora. A máquina trabalha com uma mangueira de água que auxilia na hora da afiação a não sair pós, onde essa água é reutilizada em todo o processo. É utilizada também uma “lixa” que é manualmente aproximada a serra que gira, fazendo com que, dependendo da altura que for direcionada a lixa, limpa o segmento ou dá direção ao corte.	Ela trabalha para dar direção ao corte da serra, que ao ser molhado, não espalha as rebarbas provenientes desse corte e limpeza.
Quando é utilizado?	Após o teste de qualidade I.	Porque se soltar o segmento, o mesmo deve ser reparado.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 12: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Destencionar

Destencionar		Por quê?
O Que é?	É o processo de alívio de tensões: que desempena a chapa de aço, que pode ocorrer durante a retífica afiadora.	Após a retífica, a serra pode empenar, tendo então que ir à destencionadora para reparar.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	A serra é levada a destencionadora que prensa a serra, girando um “volante” que ao girar, alinha a serra.	Porque assim alinha a serra, desempenando-a.
Quando é utilizado?	Logo após limpar a serra, que ficam úmidas durante a retífica afiadora.	Porque para começar o destencionamento, a serra deve estar com a superfície limpa.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 13: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Retífica Final

Retífica Final		Por quê?
O Que é?	É onde se retira a rebarba proveniente do processo de brasagem.	Pelo mesmo fator da limpeza dos segmentos, porém para manter um padrão na direção da solda.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	Leva-se a serra a retífica de limpeza, que com lixas apropriadas, vão limpando a solda e polindo as superfícies.	Pois assim estas superfícies ficam limpas e alinhadas.
Quando é utilizado?	Logo após destencionamento.	Pois a serra esta devidamente destencionada.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 14: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Pintar

Pintar		Por quê?
O Que é?	É onde se identifica o logotipo, a seta de direção de corte e os equipamentos de EPI's que são necessários para o uso da serra.	Para poder identificar a empresa produtora da serra e mostrar a direção certa do corte da serra.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	Na bancada de pintura coloca-se a serra na parte que deseja o logotipo e pinta-se. Após um tempo, posiciona na parte que deseja a borda da serra e a seta de direção do corte.	Porque auxilia na instalação da serra para uso.
Quando é utilizado?	Depois de ter um número mínimo de 4 serras feito o segundo teste de qualidade.	Porque a tinta é preparada numa quantidade maior, pois para a limpeza do material usado leva certo tempo.
Quem utiliza?	Técnico responsável.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

Quadro 15: Aplicação da ferramenta 5W1H para o processo de Empacotar

Empacotar		Por quê?
O Que é?	É o processo que finaliza a produção da serra diamantada.	Porque a serra estará pronta para ser entregue ao consumidor.
Onde fica?	Área da fabricação.	Local apropriado para a fabricação da serra diamantada.
Como funciona?	Primeiramente as serras são envelopadas por filmito e posteriormente são empacotadas em embalagem de papelão com a logomarca da empresa.	Para poder ser enviada ao consumidor.
Quando é utilizado?	Após serras secas.	Pois as tintas devem estar totalmente secas para que a mesma não borre na embalagem.
Quem utiliza?	Um dos três funcionários.	Pois são pessoas treinadas e capacitadas.

Fonte: Adaptado de Azevedo e Braga (2013)

A carta de interrelacionamento é outra ferramenta do método SLP que foi utilizada para visualizar as atividades e as proximidades relativas dentro do arranjo físico. A Figura 15 apresenta a carta de interrelacionamento proposta. Considera-se uma divisão do processo em duas partes, a de produção dos segmentos e a da produção do produto final.

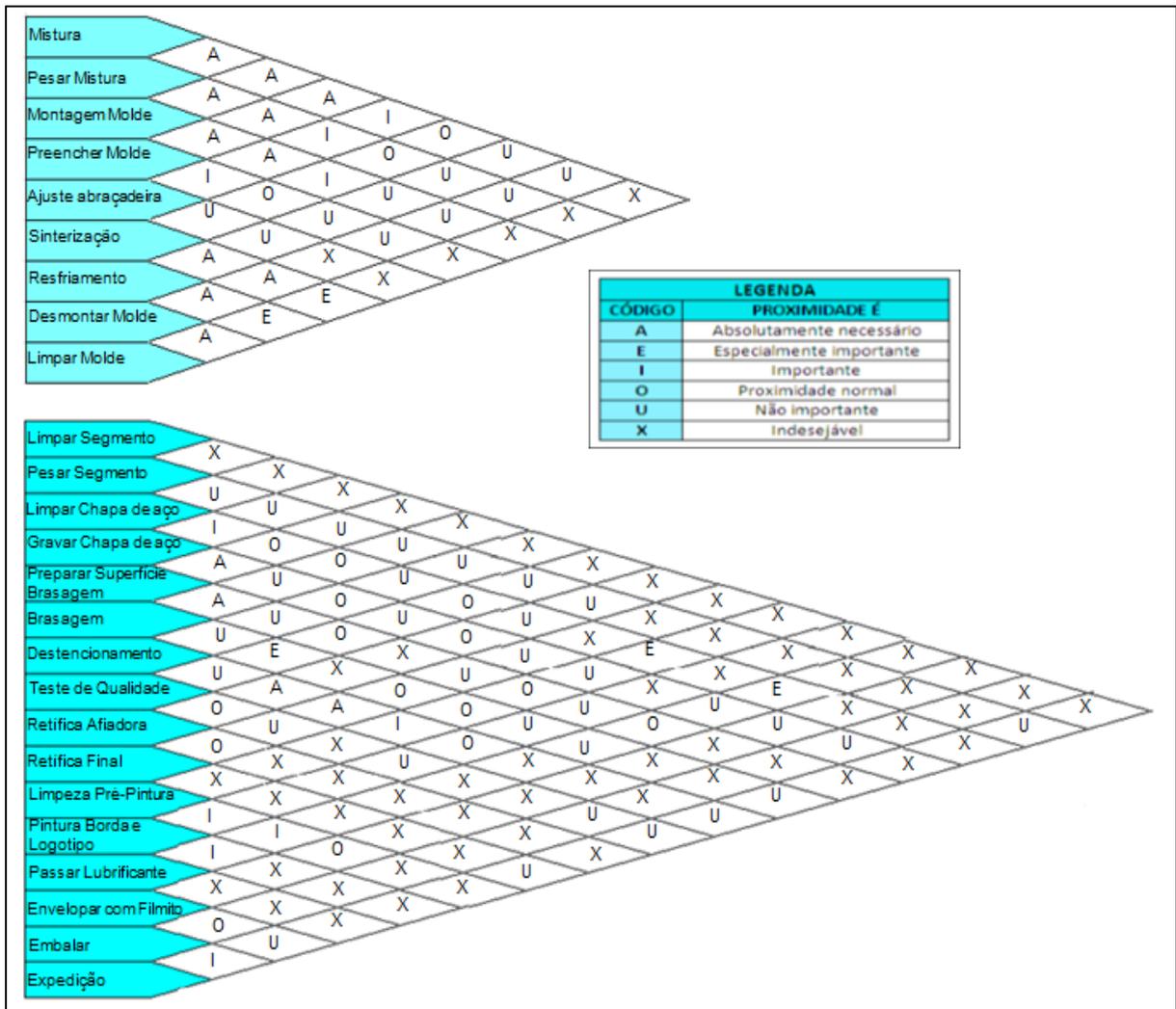


Figura 15: Aplicação da carta de Inter-relacionamento.

Após esta etapa de Análise Qualitativa, seguindo o método SLP, faz-se necessário o Mapeamento do Fluxo.

8.3.2 – Mapeamento do Fluxo

Após a análise qualitativa, pôde-se elaborar o fluxograma e o mapofluxograma, que são as ferramentas necessárias para o mapeamento do fluxo de produção da empresa.

A figura 16 apresenta o fluxograma da empresa e apresenta a sequência de trabalho do processo de produção.

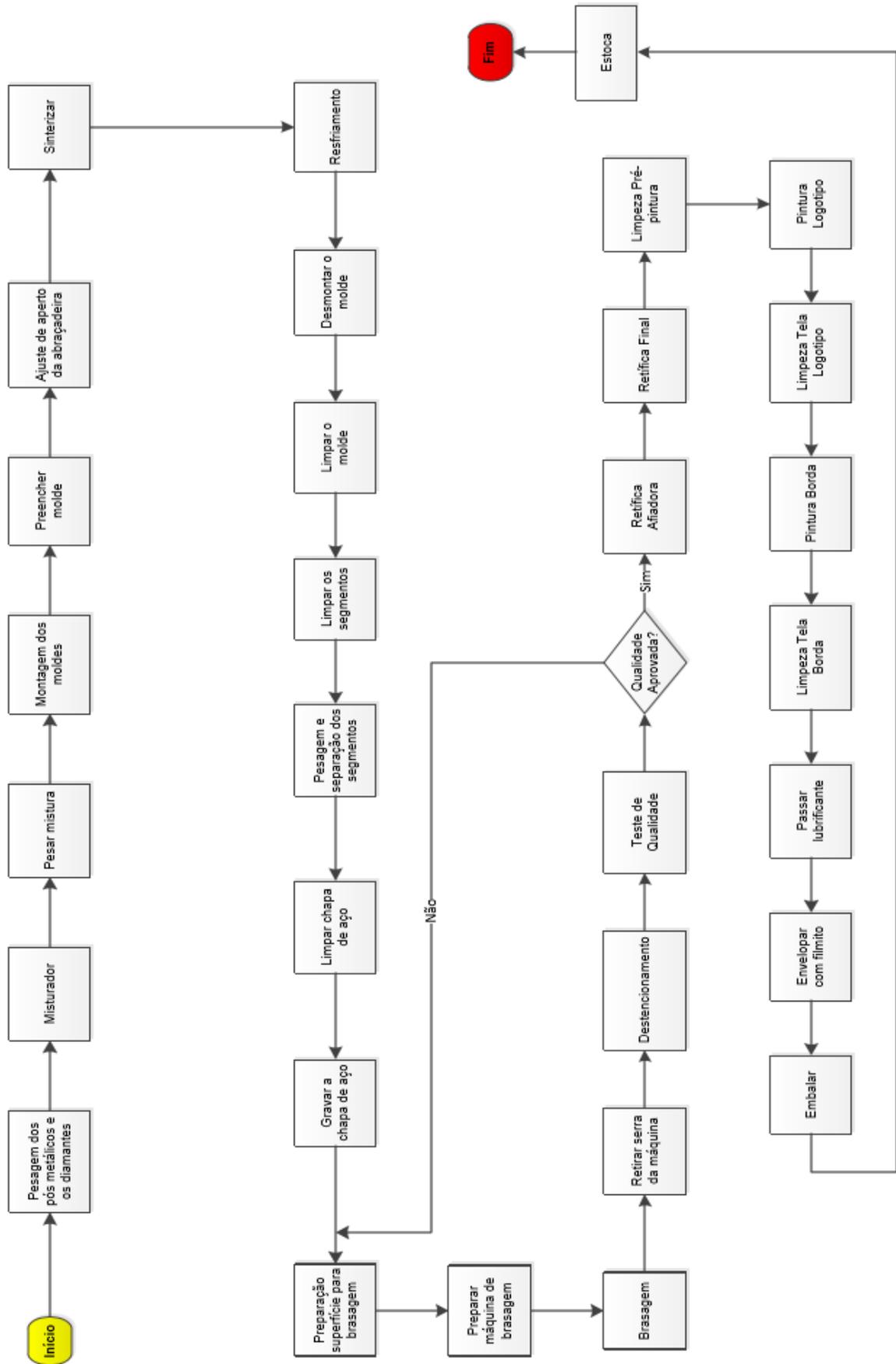


Figura 16: Fluxograma da empresa

O mapofluxograma é a representação dessa sequência de produção no chão de fábrica da empresa, sendo representado pela figura 17, sendo melhor observado no Apêndice 1.

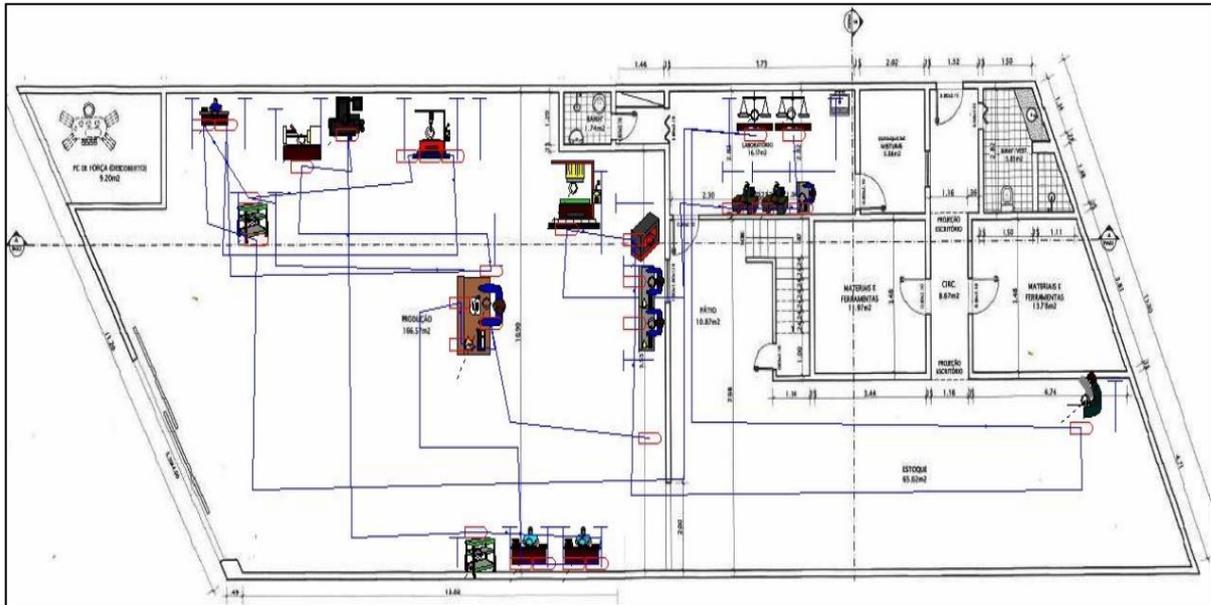


Figura 17: Mapofluxograma Atual da empresa

Pode-se notar, pela figura 17, que há várias atividades não-similares e não-sequenciais concentradas na bancada central, ou seja, matérias que utilizam materiais diferentes como a atividade de limpeza da chapa de aço que utiliza líquido na mesma bancada da embalagem, que é feita com material sensível a líquidos.

Outra observação, vista através desta mesma figura, é o cruzamento entre os fluxos de produção, causando conflitos no processo e choque entre pessoas e matérias.

Após a análise dos resultados do método SLP, assim como em Azevedo e Braga (2013), confirma-se que um fluxo de produção com menor quantidade de cruzamentos pode ser obtido no *Layout* visualizado na figura 18, sendo melhor observado no Apêndice 2.

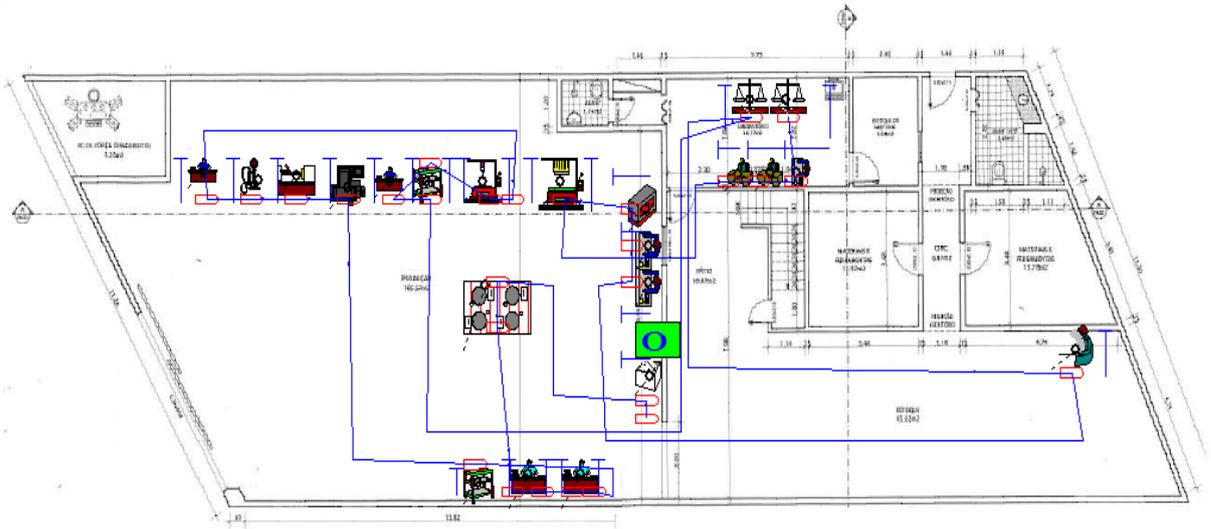


Figura 18: Mapofluxograma Proposto para a empresa

Para que esta redução dos cruzamentos no fluxo de produção seja alcançada, as posições dos seguintes processos foram mudadas:

- Foi retirado da bancada central a atividade Teste de Qualidade, sugerindo uma bancada específica para ela entre as atividades de Destencionamento e Retífica Afiadora;
- Foi retirado também da bancada central a atividade Embalar, transferindo-a para ao lado da Expedição;
- Separação das atividades de Gravar chapa de aço e Destencionamento em bancadas separadas;
- Realinhamento das atividades subsequentes, tornando-as mais retilíneas e com menos cruzamentos.

8.4 – Estudo do Tempo

Para se iniciar o estudo do tempo da empresa os processos de produção em elementos devem ser organizados para facilitar as cronometragens. Com a definição e entendimento do processo de produção da empresa, pôde-se dividir o processo produtivo em elementos de produção, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Elementos de Produção

Processo Produtivo	Elementos de Produção
Mistura	1 – Pesagem dos metais e diamante 2 – Primeira fase da mistura – metais (3 horas) 3 – Segunda fase da mistura – adição do diamante (2 horas)
Montagem e Preenchimento do Molde	1 – Montar separadores 2 – Montar abraçadeira (colocar matriz, isolantes, chapa de ferro, aperto manual) 3 – Colocar prensadores 4 – Pesagem da mistura – acontece em paralelo a montagem 5 – Preencher molde 6 – Ajuste do aperto com torquímetro
Sinterização	1 – Colocar abraçadeira na prensa 2 – Ligar sinterizadora (ajuste de pressão e temperatura) 3 - Sinterizar
Resfriamento	1 – Tirar abraçadeira da máquina (quando atinge 250° C) 2 – Resfriar até temperatura ambiente
Desmonte e limpeza do Molde	1 – Desmonte 2 – Separação 3 – Passar desmoldante no grafite 4 – Organização de todas as peças
Limpeza e separação dos Segmentos	1 – Limpar segmentos 2 – Pesar segmentos
Limpeza e Gravação da Chapa de Aço	1 – Limpar com solvente líquido 2 – Gravar chapa de aço com lote
Processo Pré-Brasagem, preparação da máquina de Brasagem e Brasagem	1 – Preparar superfície para brasagem 2 – Fixar chapa na máquina 3 – Colocar segmento na máquina 4 – Brasar 5 – Desfixar a chapa da máquina 6 – Trocar fita de solda
Destencionamento e Teste de Qualidade	1 – Posicionar serra 2 – Destencionar (alívio de tensões residuais) 3 – Posicionar serra para teste e retirar as rebarbas da brasagem 4 – Realizar teste (torquímetro)

Retífica Afiadora	<ul style="list-style-type: none"> 1 – Posicionar serra 2 – Retificar lado 1 3 – Trocar de lado 4 – Retificar e abrir corte lado 2 5 – Retirar serra 6 – Trocar rebolo
Retífica Final	<ul style="list-style-type: none"> 1 – Posicionar lado 1 2 – Lixar e Polir lado 1 3 – Posicionar lado 2 4 – Lixar e Polir lado 2
Limpeza Pré-pintura, Pintura e Limpeza de Tela - Logotipo	<ul style="list-style-type: none"> 1 – Passar antioxidante 2- Posicionar serra, pintar e retirar serra
Pintura e Limpeza de Tela - Borda	<ul style="list-style-type: none"> 1 – Preparar jato 2 – Posicionar serra, jatear e retirar serra lado 1 3 – Posicionar serra, jatear e retirar serra lado 2 4 – Limpeza final 5 – Secar serra
Empacotar	<ul style="list-style-type: none"> 1 – Passar lubrificante 2 – Passar filme plástico 3 – Embalar na caixa e anotar

Após a divisão dos elementos, foi elaborada uma ficha de cronometragem para cada processo de produção para a coleta de tempos. A princípio foram coletados 10 medidas de tempo para cada elemento de produção de cada processo de produção, conforme o Apêndice 3. O tempo para o processo de produção da mistura - que tem a etapa de pesar os pós-metálicos e o diamante, e de misturá-los - foi estimado através de conversa com os funcionários que, por motivo de proteção de informações de sua composição, não foi acompanhado. Com isso, o tempo estabelecido para pesar os ingredientes suficientes para produzir 600 segmentos foi de 15 minutos. Já para misturá-los considerou-se um tempo fixo de 5 horas.

Após estas primeiras cronometragens de cada elemento de produção, pôde-se aplicar a Fórmula (1), apresentada na seção 5.3, para se encontrar o número de cronometragens que são necessários para poder se aplicar a média aritmética para o Tempo Padrão de Produção de cada processo de produção.

Para se encontrar o número mínimo de cronometragens necessárias para se determinar o Tempo Padrão, foram aplicados cálculos para cada elemento de cada processo a partir da Fórmula (1) através do Excel.

Para os valores de Z , foram determinadas as probabilidades de acordo com conversa com a proprietária da empresa. Para os processos de Sinterização, Limpeza dos segmentos e Separação dos segmentos foram determinados a probabilidade de 95% e os demais processos com 90% de probabilidade. Para os valores de E_r , os processos de Sinterização, Limpeza dos segmentos e Separação dos segmentos foram determinados erros de 0,05 e para os demais 0,1.

• Montagem e preenchimento do molde: Montar separadores (**N1**), Montar abraçadeira (**N2**), Colocar prensadores (**N3**), Pesagem da mistura (**N4**), Preencher molde (**N5**) e Ajustar aperto com torquímetro (**N6**).

90%								
N	1		N	3		N	5	
Z	1,65		Z	1,96		Z	1,96	
R	01:09,38		R	00:19,65		R	02:31,44	
Er	0,1		Er	0,05		Er	0,05	
d2	3,078		d2	3,078		d2	3,078	
Xbar	02:36,77		Xbar	01:08,88		Xbar	08:49,31	
N1	5,63	6	N3	13,20	14	N5	13,28	14
N	2		N	4		N	6	
Z	1,96		Z	1,96		Z	1,96	
R	00:23,14		R	03:50,90		R	00:10,61	
Er	0,05		Er	0,05		Er	0,05	
d2	3,078		d2	3,078		d2	3,078	
Xbar	01:34,25		Xbar	14:38,00		Xbar	00:53,59	
N2	9,78	10	N4	11,22	12	N6	6,36	7

Figura 19: Número de Cronometragens - Montagem e Preenchimento do Molde

- Sinterização: Colocar abraçadeira na prensa (**N7**), Ligar sinterizadora (**N8**) e Sinterizar (**N9**).

95%	
N	1
Z	1,96
R	00:05,54
Er	0,05
d2	3,078
Xbar	00:19,18
N7	13,53
N9	0,92
N8	17,42

N	3
Z	1,96
R	00:40,55
Er	0,05
d2	3,078
Xbar	08:57,54

Figura 20: Número de Cronometragens – Sinterização

- Resfriamento: Tirar abraçadeira (**N10**) e Resfriar (tempo fixo).

90%	
N	1
Z	1,65
R	02:35,58
Er	0,1
d2	3,078
Xbar	04:30,74
N10	9,49

Figura 21: Número de Cronometragens – Resfriamento

- Desmonte e Limpeza de molde: Desmonte (**N11**), Separação (**N12**), Passar desmoldante no grafite (**N13**) e Organização de todas as peças (tempo fixo).

90%	
N	1
Z	1,65
R	00:26,52
Er	0,1
d2	3,078
Xbar	01:14,94
N11	3,60
N13	11,89
N12	8,96

N	3
Z	1,96
R	00:42,14
Er	0,05
d2	3,078
Xbar	02:35,66
N13	11,89

N	2
Z	1,96
R	00:21,01
Er	0,05
d2	3,078
Xbar	01:29,37
N12	8,96

Figura 22: Número de Cronometragens - Desmonte e Limpeza de molde

- Limpeza e Separação dos segmentos: Limpar segmentos (**N14**) e Pesar segmentos (**N15**).

95%	
N	1
Z	1,96
R	00:43,61
Er	0,05
d2	3,078
Xbar	02:31,19
N14	13,49
N15	2,93

N	2
Z	1,96
R	00:55,42
Er	0,05
d2	3,078
Xbar	06:52,30
N15	2,93

Figura 23: Número de Cronometragens - Limpeza e Separação dos segmentos

- Limpeza e Gravação chapa de aço: Limpar com solvente (N16) e Gravar chapa de aço (N17).

90%					
N	1	N	2		
Z	1,65	Z	1,65		
R	00:06,31	R	00:11,64		
Er	0,1	Er	0,1		
d2	3,078	d2	3,078		
Xbar	00:20,73	Xbar	00:24,33		
N16	2,66	3	N17	6,58	7

Figura 24: Número de Cronometragens - Limpeza e Gravação chapa de aço

- Processo pré-brasagem, Preparação de máquina de brasagem e Brasagem: Preparar superfície (N18), Fixar chapa na máquina (N19), Colocar segmento na máquina (N20), Brasar (N21) e Desfixar a chapa da máquina (N22).

90%								
N	1	N	3	N	5			
Z	1,65	Z	1,65	Z	1,65			
R	00:51,21	R	00:02,56	R	00:02,09			
Er	0,1	Er	0,1	Er	0,1			
d2	3,078	d2	3,078	d2	3,078			
Xbar	03:15,73	Xbar	00:16,20	Xbar	00:12,94			
N18	1,97	2	N20	0,72	1	N22	0,75	1
N	2	N	4					
Z	1,65	Z	1,65					
R	00:03,04	R	00:47,30					
Er	0,1	Er	0,1					
d2	3,078	d2	3,078					
Xbar	00:16,40	Xbar	18:53,19					
N19	0,99	1	N21	0,05	1			

Figura 25: Número de Cronometragens - Processo pré-brasagem, Preparação de máquina de brasagem e Brasagem

• Destencionamento e Teste de qualidade: Posicionar serra (N23), Destencionar (N24), Posicionar serra para teste e retirar rebarbas de brasagem (N25) e Realizar teste com torquímetro (N26).

90%					
N	1	N	3	N	3
Z	1,65	Z	1,65	Z	1,65
R	00:01,59	R	01:05,19	R	01:05,19
Er	0,1	Er	0,1	Er	0,1
d2	3,078	d2	3,078	d2	3,078
Xbar	00:04,13	Xbar	01:37,42	Xbar	01:37,42
N23	4,27	5	N25	12,87	13
N	2	N	4	N	4
Z	1,65	Z	1,65	Z	1,65
R	00:07,91	R	00:18,47	R	00:18,47
Er	0,1	Er	0,1	Er	0,1
d2	3,078	d2	3,078	d2	3,078
Xbar	00:12,15	Xbar	00:38,93	Xbar	00:38,93
N24	12,18	13	N26	6,47	7

Figura 26: Número de Cronometragens - Destencionamento e Teste de qualidade

• Retífica Afiadora: Posicionar serra (N27), Retificar lado 1 (N28), Trocar de lado (N29), Retificar e abrir corte lado 2 (N30) e Tirar serra (N31).

90%								
N	1	N	3	N	5	N	5	
Z	1,65	Z	1,65	Z	1,65	Z	1,65	
R	00:10,68	R	00:15,42	R	00:08,55	R	00:08,55	
Er	0,1	Er	0,1	Er	0,1	Er	0,1	
d2	3,078	d2	3,078	d2	3,078	d2	3,078	
Xbar	00:20,61	Xbar	00:28,64	Xbar	00:14,98	Xbar	00:14,98	
N27	7,72	8	N29	8,33	9	N31	9,36	10
N	2	N	4	N	4	N	4	
Z	1,65	Z	1,65	Z	1,65	Z	1,65	
R	00:18,29	R	00:22,19	R	00:22,19	R	00:22,19	
Er	0,1	Er	0,1	Er	0,1	Er	0,1	
d2	3,078	d2	3,078	d2	3,078	d2	3,078	
Xbar	00:56,32	Xbar	01:11,12	Xbar	01:11,12	Xbar	01:11,12	
N28	3,03	4	N30	2,80	3	N30	2,80	3

Figura 27: Número de Cronometragens - Retífica Afiadora

- Retífica Final: Posicionar 1 (**N32**), Lixar e polir lado 1 (**N33**), Posicionar 2 (**N34**) e Lixar e polir lado 2 (**N35**).

90%					
N	1	N	3		
Z	1,65	Z	1,65		
R	00:09,24	R	00:14,30		
Er	0,1	Er	0,1		
d2	3,078	d2	3,078		
Xbar	00:16,97	Xbar	00:27,13		
N32	8,52	9	N34	7,98	8
N	2	N	4		
Z	1,65	Z	1,65		
R	00:49,82	R	00:49,28		
Er	0,1	Er	0,1		
d2	3,078	d2	3,078		
Xbar	02:03,97	Xbar	01:58,06		
N33	4,64	5	N35	5,01	6

Figura 28: Número de Cronometragens - Retífica Final

- Pintura de tela - Logotipo: Passar anti-oxidante (**N36**) e Posicionar serra, pintar e retirar serra (**N37**).

90%					
N	1	N	2		
Z	1,65	Z	1,65		
R	00:01,35	R	00:06,13		
Er	0,1	Er	0,1		
d2	3,078	d2	3,078		
Xbar	00:20,22	Xbar	00:11,37		
N36	0,13	1	N37	8,36	9

Figura 29: Número de Cronometragens - Pintura de tela Logotipo

- Pintura de tela - Borda: Posicionar serra, jatear e retirar serra lado 1 (**N38**) e Posicionar serra, jatear e retirar serra lado 2 (**N39**).

90%					
N	1		N	2	
Z	1,65		Z	1,65	
R	00:07,13		R	00:08,16	
Er	0,1		Er	0,1	
d2	3,078		d2	3,078	
Xbar	00:36,33		Xbar	00:32,63	
N38	1,11	2	N39	1,80	2

Figura 30: Número de Cronometragens - Pintura de tela Borda

- Empacotar: Passar lubrificante (**N40**), Emplastificar (**N41**) e Embalar na caixa e anotar (**N42**).

90%					
N	1		N	3	
Z	1,65		Z	1,65	
R	00:05,38		R	00:11,01	
Er	0,1		Er	0,1	
d2	3,078		d2	3,078	
Xbar	00:32,52		Xbar	00:30,98	
N40	0,79	1	N42	3,63	4
N	2				
Z	1,65				
R	00:03,92				
Er	0,1				
d2	3,078				
Xbar	00:19,18				
N41	1,20	2			

Figura 31: Número de Cronometragens – Empacotar

Para os elementos que eram necessários mais de 10 cronometragens, foram coletados novos tempos e feitos novos cálculos para poder obter um tempo médio de produção. Foram coletadas mais 10 cronometragens, onde se levou em conta o maior valor de N encontrado (**N8 = 18**). Os elementos que foram necessários novos cálculos são os seguintes: **N3, N4, N5, N7, N8, N13, N14, N24 e N25**.

Foram então coletados um total de 20 cronometragens dos elementos necessários, conforme Apêndice 4. Após as novas coletas de tempo, foram realizados novos cálculos para observar se com a nova quantidade de

cronometragens era o suficiente para determinar o tempo padrão desses elementos. Com isso foi utilizado novamente a Fórmula (1), agora com o valor do coeficiente em função do número de cronometragem.

Como o total de cronometragens passou para 20, o valor de d_2 passou a ser 3,735. As probabilidades determinadas em Z permanecem as mesmas, de acordo com cada elemento N específico de cada processo. Os números de cronometragens dos elementos **N3**, **N4**, **N5**, **N7**, **N8**, **N13**, **N14**, **N24** e **N25** podem ser observados através da figura 32.

90%			90%			95%		
N	1		N	1		N	1	
Z	1,65		Z	1,65		Z	1,96	
R	00:21,26		R	00:42,14		R	00:05,54	
Er	0,1		Er	0,1		Er	0,05	
d2	3,735		d2	3,735		d2	3,735	
Xbar	01:07,07		Xbar	02:40,76		Xbar	00:19,13	
N3	1,96	z	N13	1,34	z	N7	9,24	10
90%			90%			95%		
N	1		N	1		N	1	
Z	1,65		Z	1,65		Z	1,96	
R	03:50,90		R	00:07,91		R	00:08,37	
Er	0,1		Er	0,1		Er	0,05	
d2	3,735		d2	3,735		d2	3,735	
Xbar	14:43,80		Xbar	00:12,53		Xbar	00:25,05	
N4	1,33	z	N24	7,78	8	N8	12,30	13
90%			90%			95%		
N	1		N	1		N	1	
Z	1,65		Z	1,65		Z	1,96	
R	02:31,44		R	01:05,19		R	00:43,61	
Er	0,1		Er	0,1		Er	0,05	
d2	3,735		d2	3,735		d2	3,735	
Xbar	08:40,33		Xbar	01:42,12		Xbar	02:33,90	
N5	1,65	z	N25	7,95	8	N14	8,85	9

Figura 32: Número de Cronometragens - novos cálculos

Com todos os números de cronometragens dentro do mínimo possível pôde-se então determinar o tempo padrão de cada elemento de produção da serra diamantada através da média aritmética das cronometragens realizadas. Com isso têm-se os seguintes tempos padrões e as seguintes observações de fabricação, relacionadas aos tempos de produção:

- Montagem e preenchimento do molde:
 - Montar separadores (**N1**) – 02min 36seg 77ms
 - Montar abraçadeira (**N2**) – 01min 34seg 25ms
 - Colocar prensadores (**N3**) – 01min 07seg 07ms
 - Pesagem da mistura (**N4**) – 14min 43seg 80ms
 - Preencher molde (**N5**) – 08min 40seg 33ms
 - Ajustar aperto com torquímetro (**N6**) – 00min 53seg 59ms

- Sinterização:
 - Colocar abraçadeira na prensa (**N7**) – 00min 19seg 13ms
 - Ligar sinterizadora (**N8**) – 00min 25seg 05ms
 - Sinterizar (**N9**) – 08min 57seg 54ms

- Resfriamento:
 - Tirar abraçadeira (**N10**) – 04min 30seg 74ms
 - Resfriar (tempo fixo) – 1h 30min (para 10 abraçadeiras)

- Desmonte e Limpeza de molde:
 - Desmonte (**N11**) – 01min 14seg 94ms
 - Separação (**N12**) – 01min 29seg 37ms
 - Passar desmoldante no grafite (**N13**) – 02min 35seg 66ms
 - Organização de todas as peças (tempo fixo) – 03min 42seg 86ms (para 10 abraçadeiras)

- Limpeza e Separação dos segmentos:
 - Limpar segmentos (**N14**) – 02min 33seg 90ms
 - Pesar segmentos (**N15**) – 06min 52seg 30ms

- Limpeza e Gravação chapa de aço:
 - Limpar com solvente (**N16**) – 00min 20seg 73ms
 - Gravar chapa de aço (**N17**) – 00min 24seg 33ms

- Processo pré-brasagem, Preparação de máquina de brasagem e Brasagem:
 - Preparar superfície (**N18**) – 03min 15seg 73ms

- Fixar chapa na máquina (**N19**) – 00min 16seg 40ms
 - Colocar segmento na máquina (**N20**) – 00min 16seg 20ms
 - Brasar (**N21**) – 18min 53seg 19ms
 - Desfixar a chapa da máquina (**N22**) – 00min 12seg 94ms
- Destencionamento e Teste de qualidade:
- Posicionar serra (**N23**) – 00min 04seg 13ms
 - Destencionar (**N24**) – 00min 12seg 53ms
 - Posicionar serra para teste e retirar rebarbas de brasagem (**N25**) – 01min 42seg 12ms
 - Realizar teste com torquímetro (**N26**) – 00min 38seg 93ms
- Retífica Afiadora:
- Posicionar serra (**N27**) – 00min 20seg 61ms
 - Retificar lado 1 (**N28**) – 00min 56seg 32ms
 - Trocar de lado (**N29**) – 00min 28seg 64ms
 - Retificar e abrir corte lado 2 (**N30**) – 01min 11seg 12ms
 - Tirar serra (**N31**) – 00min 14seg 98ms
 - Trocar rebolo – 00min 52seg 86ms
- Retífica Final:
- Posicionar 1 (**N32**) – 00min 16seg 97ms
 - Lixar e polir lado 1 (**N33**) – 02min 03seg 97ms
 - Posicionar 2 (**N34**) – 00min 27seg 13ms
 - Lixar e polir lado 2 (**N35**) – 01min 58seg 06ms
- Pintura de tela - Logotipo:
- Passar anti-oxidante (**N36**) – 00min 20seg 22ms
 - Posicionar serra, pintar e retirar serra (**N37**) – 00min 11seg 37ms
 - Limpeza entre 5 pinturas – 00min 13seg 51ms
 - Limpeza final – 04min 18seg 41ms
 - Secar 10 serras – 21min 05seg 43ms

A produção da empresa acontece em 3 locais específicos, a área descrita como “Produção” com 166, 57 m², a área do “Laboratório” com 16,17 m², e a área de “Estoque” com 45,42 m².

Para se fazer o confronto do espaço disponível com o requerido, foram obtidos os espaços requeridos para cada equipamento e bancada da empresa. Para isso foi utilizada uma ficha com o intuito de descrever o equipamento, suas dimensões, a quantidade de arestas vivas, as áreas projetada, de operação e circulação e os corredores. Desta forma, obteve-se a área total que aquele equipamento ou bancada necessita dentro da área disponível. Esses espaços podem ser observados através da figura 34:

FICHA DE E SPAÇO REQUERIDO PARA CADA EQUIPAMENTO								
IDEN	Equipamento	Dimensão	Nº Arestas Viva	Área Projetada (m ²)	Área de Operação (m ²)	Área de Circulação (m ²)	Corredor (m ²)	Total (m ²)
A	Mistura	0,75 x 1,20	1	0,9	0,6	0,81	0,72	3,03
B / C	Montagem e preenchimento do molde	0,51 x 2,00	1	1,02	1	1	1,2	4,22
J	Pesagem	0,55 x 1,25	1	0,69	0,625	0,66	0,75	2,725
D	Sinterização	1,31 x 1,40	1	1,84	0,92	1,38	0,84	4,98
E/F/G	Resfriamento, desmonte e limpeza do molde	2,00 x 0,51	1	1,02	1	1,1	1,2	4,32
K	Bancada central	2,00 x 1,03	1	2,06	1,03	1,545	1,2	5,835
H	Limpeza dos segmentos	2,00 x 0,60	1	1,2	1	1,1	1,2	4,5
-	Limpeza da chapa de aço (carrinho)	1,32 x 1,00	1	1,32	0,66	1	0,8	3,78
2_8	Gravação e Destencionamento	1,57 x 0,43	1	0,68	0,785	0,785	0,942	3,192
3	Retífica Final	0,52 x 0,65	1	0,34	0,325	0,3315	0,39	1,3865
5	Brasagem	1,20 x 2,05	1	2,46	1,23	1,845	1,23	6,765
7	Retífica afiadora	1,55 x 1,70	1	2,64	1,32	1,98	1,02	6,96
-	Limpeza pré-pintura (carrinho)	1,32 x 1,00	1	1,32	0,66	0,99	0,792	3,762
10	Pintura	1,15 x 1,61	1	1,86	0,93	1,39	0,97	5,15
13	Armazenamento final	1,30 x 0,40	1	0,52	0,65	0,65	0,78	2,6
L	Armazenamento da chapa de aço	1,00 x 2,00	1	2	1	1,5	1,2	5,7

Figura 34: Espaço requerido para cada equipamento

A área determinada como “Laboratório”, onde localizam-se atualmente os equipamentos de Mistura, Montagem e preenchimento do molde e Pesagem, necessita de 9,975 m² e a empresa tem disponível para essa área 16,17 m².

A área de “Produção”, onde estão localizados os equipamentos de Sinterização, Resfriamento, Desmonte e limpeza do molde, Bancada Central, Limpeza da chapa de aço, Gravação, Destencionamento, Retífica Final, Brasagem, Retífica Afiadora, Limpeza pré-pintura, Pintura, Armazenamento Final e Armazenamento das chapas de aço, totaliza 57,1555 m², e a empresa tem disponível para essa área 166,57 m².

Já para a área descrita como “Estoque”, onde se localiza apenas o equipamento para “Limpeza dos segmentos”, há a necessidade de 4,5 m², e a empresa disponibilização nesse local 45,42 m².

9 – Modelo de Simulação e Experimentos

9.1 – Modelo de Simulação

O modelo conceitual, apresentado na figura 35, foi construído com o padrão IDEF-SIM, proposto por Leal *et al.* (2008). Os parâmetros de entrada deste modelo são as proporções de liga e diamante que entram no processo seguindo os passos até o final, dando origem à serra, pronta para ser comercializada.

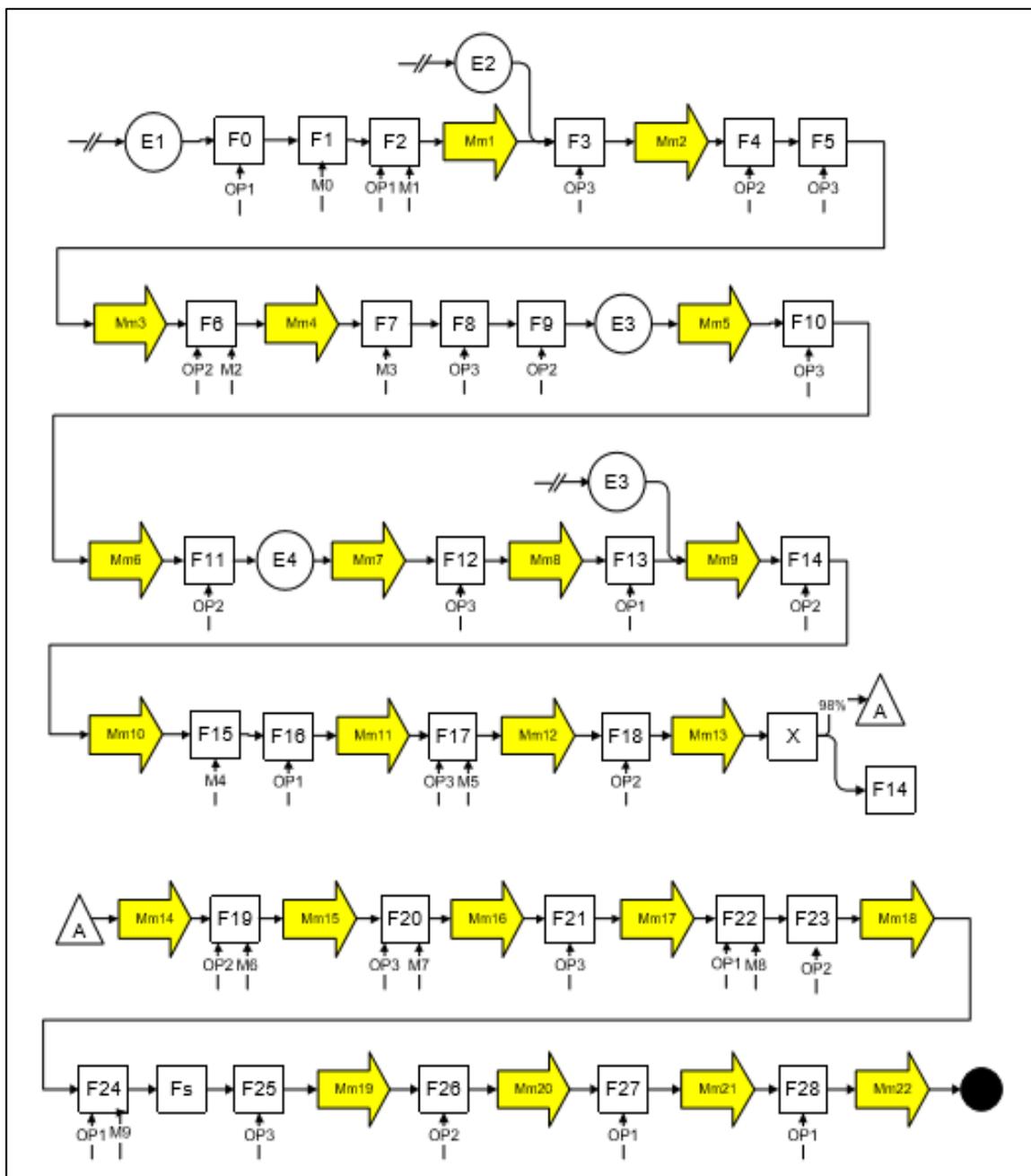


Figura 35: Modelo Conceitual

Para a compreensão do modelo conceitual, a tabela 4 apresenta as informações que foram necessárias para a realização da simulação, as distribuições adequadas de tempo de produção de cada etapa e a quantidade de recurso utilizado.

Tabela 4: Descrição do Modelo Conceitual

Cód	Descrição	Parâmetros
E1	Mistura (Diamante+Liga Metálica)	Qnt: 600; Início = 1 seg.
E2	Forma (Abraçadeira+Separadores)	Qnt: 10
E3	Segmentos	Qnt: X
E4	Chapa de aço	Qnt: X
F0	Pesar ingredientes	Constante (30) seg. Qnt de OP1: 1
F1	Misturar ingredientes	Constante (5) horas. Qnt de M0: 1
F2	Pesar mistura	UNIF(759, 991)seg. Qnt de OP1: 1 Qnt de M1:1
F3	Montagem dos moldes	NORM (320, 25.2) seg. Qnt de OP3: 1
F4	Preencher molde	TRIA (452, 529, 605) Qnt de OP2: 1
F5	Ajustar abraçadeira	UNIF (49, 60) Qnt de OP3: 1
F6	Sinterizar	NORM (537, 10.6) Qnt de OP2:1 Qnt de M2: 1
F7	Resfriar	Constante (1.5) horas Qnt de M3: 1
F8	Desmontar molde	155 + LOGN (9.63, 15) Qnt de OP3: 1
F9	Limpar molde	TRIA (135, 154, 178) Qnt de OP2: 1
F10	Limpar segmentos	134 + ERLA (8.6, 2) Qnt de OP3: 1
F11	Pesar segmentos	380 + 56* BETA (0.48, 0.421) Qnt de OP2: 1
F12	Limpar chapa de aço	18.1 + LOGN (2.68, 2.13) Qnt de OP3: 1
F13	Gravar chapa de aço	NORM (24.3, 3.56) Qnt de OP1: 1
F14	Preparar superfície	TRIA (210, 225, 261) Qnt de OP2: 1
F15	Brasagem	1.12e+003 + EXPO (14.2) Qnt de M4: 1
F16	Retirar serra da máquina	UNIF (11.7, 14.2) Qnt de OP1: 1
F17	Destencionamento	TRIA (13, 14.8, 21) Qnt de OP3: 1 Qnt de M5: 1
F18	Teste de qualidade	UNIF (97, 167) Qnt de OP2: 1
F19	Retífica afiadora	177+37*BETA(0.842, 1.28) Qnt de OP2: 1;Qnt M6:1
F20	Retífica final	TRIA (252, 281, 349) Qnt de OP3: 1; Qnt de M7: 1
F21	Limpeza pré pintura	19.4 + 1.58* BETA (0.772, 0.751) Qnt de OP3: 1
F22	Pintura do logotipo	8.12 + LOGN (3.34, 2.4) Qnt de OP1:1;Qnt de M8: 1
F23	Limpeza da tela do logotipo	TRIA (120, 135.96, 258.41) Qnt de OP2: 1
F24	Pintura da borda	61+16*BETA(0.728,0.737)Qnt de OP1:1;Qnt M9: 1
Fs	Secagem	Constante (12)horas
F25	Limpeza da tela da borda	TRIA (360, 480.10, 600) Qnt de OP3: 1
F26	Passar lubrificante	NORM (32.5, 1.42) Qnt de OP2: 1
F27	Envelopar com filmito	17 + 4.7*BETA (1.14, 1.26) Qnt de OP1: 1
F28	Embalar	NORM (31, 3.04) Qnt de OP1: 1
OP1	Recurso: Operário A	Qnt: 1
OP2	Recurso: Operário L	Qnt: 1
OP3	Recurso: Operário V	Qnt: 1
M0	Recurso: Misturador	Qnt: 1
M1	Recurso: Balança	Qnt: 1
M2	Recurso: Máquina Sinterizar	Qnt: 1
M3	Recurso: Máquina de Resfriar	Qnt: 1
M4	Recurso: Máquina de brasar	Qnt: 1
M5	Recurso: Máq. Destencionar	Qnt: 1
M6	Recurso: Retífica Afiadora	Qnt: 1

M7	Recurso: Retífica Final	Qnt: 1
M8	Recurso: Máq. Pintura Logotipo	Qnt: 1
M9	Recurso: Máq. Pintura Borda	Qnt: 1
Mm1	Movimentar: Pesar mistura p/ Montagem do molde	Distância: 1,26m Tempo: 10,91 seg.
Mm2	Movimentar: Montagem do molde para preencher molde	Distância: 0,10m Tempo: 10,07 seg.
Mm3	Movimentar: Ajuste de abraçadeira para sinterizadora	Distância: 4,30m Tempo: 13,10 seg.
Mm4	Movimentar: Sinterizadora para Resfriamento	Distância: 1,78 m Tempo: 11,28 seg.
Mm5	Movimentar: Limpar molde para limpar segmento	Distância: 17,60m Tempo: 22,67 seg.
Mm6	Movimentar: Limpar segmento para pesagem do segmento	Distância: 25,70m Tempo: 28,50 seg.
Mm7	Movimentar: Pesagem do segmento para limpar chapa	Distância: 20,43m Tempo: 24,71 seg.
Mm8	Movimentar: Limpar chapa para gravar chapa	Distância: 1,55m Tempo: 11,12 seg.
Mm9	Movimentar: Gravar chapa para preparar superfície	Distância: 1,55m Tempo: 11,12 seg.
Mm10	Movimentar: Preparar superfície para brasagem	Distância: 5,92m Tempo: 14,26 seg.
Mm11	Movimentar: Retirar serra da brasagem para destencionamento	Distância: 6,10m Tempo: 14,39 seg.
Mm12	Movimentar: Destencionamento para teste de qualidade	Distância: 8,15m Tempo: 15,87 seg.
Mm13	Movimentar: teste de qualidade para retífica afiadora	Distância: 8,70m Tempo: 16,26 seg.
Mm14	Movimentar: teste de qualidade para preparar superfície	Distância: 10,32m Tempo: 17,43 seg.
Mm15	Movimentar: Retífica afiadora para retífica final	Distância: 3,55m Tempo: 12,56 seg.
Mm16	Movimentar: Retífica final para limpeza pré-pintura	Distância: 12,50m Tempo: 19 seg.
Mm17	Movimentar: limpeza pré-pintura para Pintura logotipo	Distância: 1,88m Tempo: 11,35 seg.
Mm18	Movimentar: Limpeza logotipo para pintura borda	Distância: 0,81m Tempo: 10,58 seg.
Mm19	Movimentar: Limpeza borda para passar lubrificante	Distância: 2,00m Tempo: 11,44 seg.
Mm20	Movimentar: Passar lubrificante para envelopar com filmito	Distância: 3,28m Tempo: 12,36 seg.
Mm21	Movimentar: Envelopar com filmito para embalar	Distância: 1,30m Tempo: 10,94 seg.
Mm22	Movimentar: Embalar para expedição	Distância: 3,00m Tempo: 12,16 seg.

Para estipular a distribuição adequada de tempo necessário para cada processo de produção, utilizou-se o recurso do *Software Arena®*, o *Input Analyser*, que gera a expressão ideal de distribuição para cada grupo de cronometragens realizadas. A figura 36 mostra a distribuição dada para alguns processos.

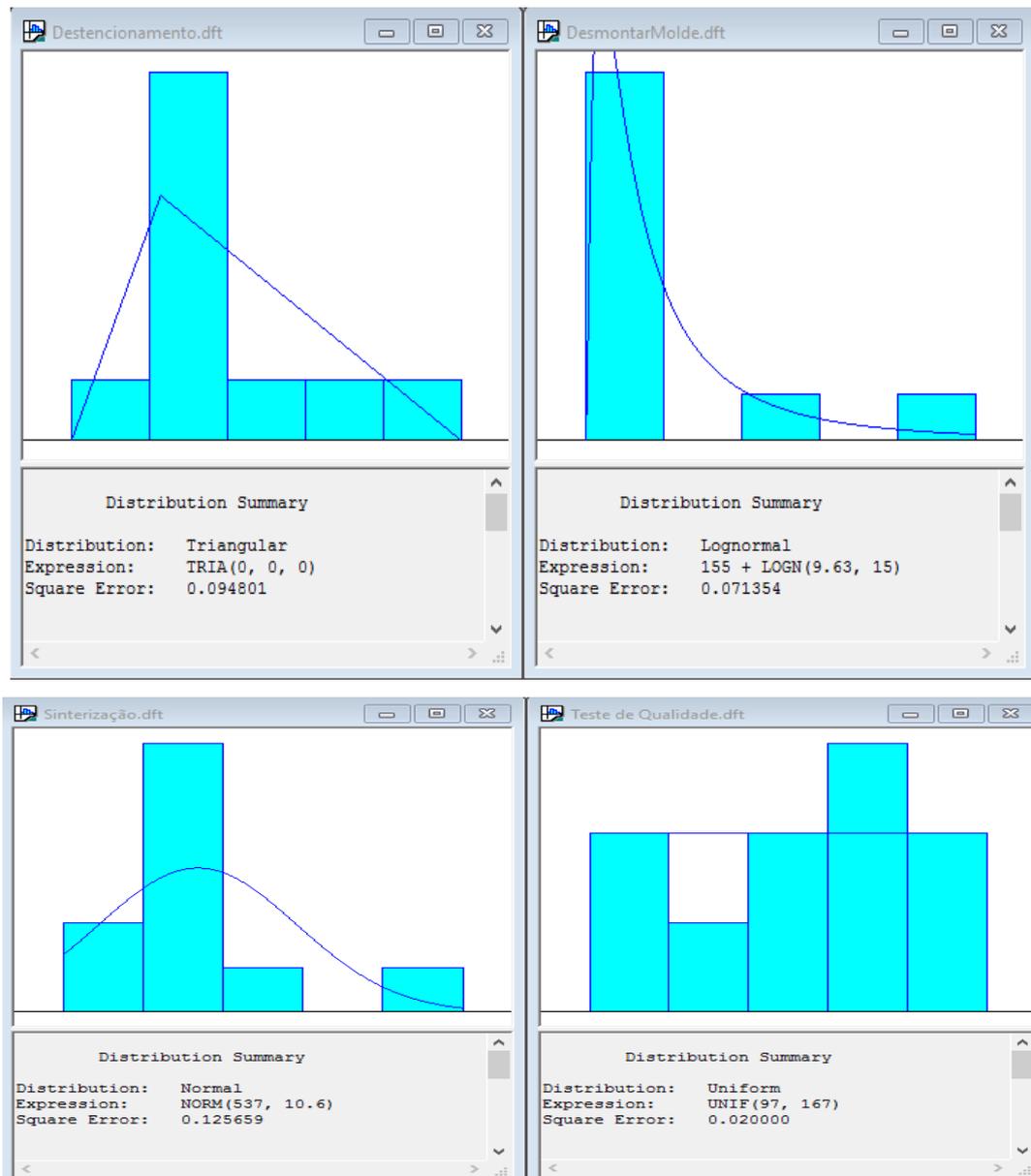


Figura 36: Distribuição de tempos

9.2 – Validação do Modelo

Antes da simulação do processo, fez-se necessário validar e verificar o modelo. Foi verificado o passo-a-passo em relação ao tempo para identificar a coerência entre o modelo real, o conceitual e o de simulação.

Para isso, o modelo foi dividido em 5 partes, já que a empresa geralmente interrompe o fluxo de produção de acordo com estas etapas divididas, retomando o fluxo inicial de onde finalizou.

A primeira parte do modelo consiste na etapa de preparação da mistura. Etapa esta que não foi acompanhada por sigilo de materiais e quantidade dos mesmos. Conforme conversado com os funcionários, a preparação da mistura é feita em uma quantidade suficiente para produzir 600 segmentos, ou seja, mistura suficiente para uma futura produção de 24 serras.

A segunda parte do modelo é composta da etapa de Pesar as Misturas até o Resfriamento. Para validação desta parte do modelo, foi necessário verificar se ao fim de 4 horas trabalhadas são obtidas 10 unidades de abraçadeiras no Resfriador.

A terceira parte do modelo, que é a continuação do processo, começa com as 10 abraçadeiras já frias na etapa de Desmontar os moldes até finalizar o Teste de Qualidade. Para a validação é necessário que ao fim de 4 horas de trabalho, tenham 8 serras testadas.

A quarta parte do modelo dando continuidade ao fluxo do processo corresponde a um dia de trabalho de 8 h, inicia no Destencionamento e finaliza com a Pintura da Borda. O dia é terminado com 8 serras pintadas, prontas para serem finalizadas com os processos necessários para embalar. Como as serras levam 12 horas para secar, essa etapa de Secagem fica de um dia para o outro.

A quinta e última fração do modelo inicia-se com as etapas de finalização da produção, limpando a tela de borda até a etapa de Embalar.

Com estas etapas do processo fracionadas, conforme o modelo real, o processo foi validado, iniciando-se a etapa de experimentos.

9.3 – Experimentos Simulados

Para a simulação do modelo foi utilizado o *Software Arena®* versão 14 Student e o padrão de execução foi fixado em 10 replicações.

A empresa atualmente conta com um quadro de 3 funcionários que desempenham funções específicas no sistema. A figura 37 ilustra os funcionários e a variável de resposta dada pelo sistema.

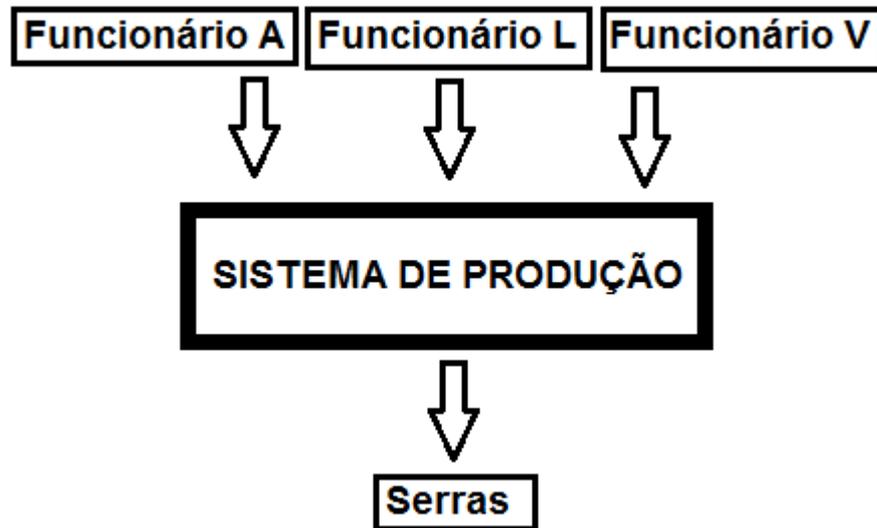


Figura 37: Funcionários e a variável resposta do sistema

Na Tabela 5 são apresentados os funcionários e suas atuais funções do processo de produção da empresa.

Tabela 5: Descrição dos Funcionários

Funcionário	Descrição do Trabalho
Operador A	Função 0, 2, 13, 15, 16, 22, 24, 27, 28
Operador L	Função 4, 6, 9, 11, 14, 18, 19, 23, 26
Operador V	Função 3, 5, 8, 10, 12, 17, 20, 21, 25

As análises realizadas neste estudo, inicialmente possuíram o objetivo de verificar e analisar a produção atual de 24 serras, ou seja, utilizando toda a quantidade de mistura que é produzida.

9.3.1 – Experimentos com o *Layout Atual* da Empresa

9.3.1.1 – *Experimento 1*

No primeiro experimento, busca-se verificar o tempo necessário para utilizar toda a mistura produzida. Como cada serra necessita de 25 segmentos, essa quantidade é o suficiente para produzir as 24 serras.

Gerando a **primeira simulação**, tem-se que para a produção de 24 serras, necessita-se 41 horas de produção, aproximando-se a produção em 5 dias de trabalho e mais 1 hora do próximo dia.

A fim de verificar a influência que cada funcionário tem sob o modelo, faz-se necessário mais 3 experimentos aumentando em cada um a capacidade de cada funcionário no sistema.

9.3.1.2 – *Experimento 2*

Aumentando a capacidade do **funcionário A para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando de 5 dias e 1 hora para 5 dias.

9.3.1.3 – *Experimento 3*

Aumentando a capacidade do **funcionário L para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 4 dias e 5 horas e 32 minutos.

9.3.1.4 – Experimento 4

Aumentando a capacidade do **funcionário V para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 4 dias e 7 horas e 46 minutos.

9.3.1.5 – Experimento 5

O cenário do experimento 5 é para simular a produção semanal da empresa, com 8 horas diárias de trabalho, de segunda-feira a sexta-feira, com o quadro atual de funcionários (1 funcionário A, 1 funcionário L e 1 funcionário V). Pode-se então produzir 21,6 serras, ou seja, 21 serras completas e uma ainda à ser finalizada.

A fim de continuar verificando a influência que cada funcionário tem sob o modelo, fez-se necessário também mais 3 experimentos, aumentando, em cada, a capacidade de cada funcionário no sistema.

9.3.1.6 – Experimento 6

Aumentando a capacidade do **funcionário A para 2 unidades**, há uma mudança na quantidade total de produção, passando de 21,6 serras para 24 serras.

9.3.1.7 – Experimento 7

Aumentando a capacidade do **funcionário L para 2 unidades**, há uma mudança na produção total, passando agora para 24 serras.

9.3.1.8 – Experimento 8

Aumentando a capacidade do **funcionário V para 2 unidades**, há uma mudança na produção total, passando agora para 24 serras.

Busca-se, agora, verificar o tempo necessário para a utilização de duas misturas completas, que são suficientes para a produção de 48 serras.

9.3.1.9 – Experimento 9

Com isso, simulam-se quantos dias são necessários atingir essa quantidade de produção, modificando as capacidades dos funcionários. Com o quadro atual de funcionários foi possível completar a produção de 48 serras no tempo de 62,35 horas.

9.3.1.10 – Experimento 10

Aumentando a capacidade do **funcionário A para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 58 horas.

9.3.1.11 – Experimento 11

Aumentando a capacidade do **funcionário L para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 53,65 horas.

9.3.1.12 – Experimento 12

Aumentando a capacidade do **funcionário V para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 59,45 horas.

Completando os experimentos, foi proposta a realocação das funções possíveis para os três funcionários. Algumas dessas funções não podem ser realocadas, pois somente o funcionário A é capacitado para realiza-las, que são as funções 15, 22 e 24.

9.3.1.13 – Experimento 13

Na primeira realocação propõe-se que as demais funções sejam realocadas em partes iguais, conforme a tabela 6.

Tabela 6: Experimento 13 - Layout Atual: Realocação 1 de funcionários

Funcionário	Descrição do Trabalho
Operador A	Função 0, 4, 8, 11, 15, 17, 20, 22, 24
Operador L	Função 2, 5, 9, 12, 14, 18, 21, 25, 27
Operador V	Função 3, 6, 10, 13, 16, 19, 23, 26, 28

Com essa realocação temos que para a produção de 24 serras, necessita-se 46 horas de produção, aproximando-se a produção em 5 dias de trabalho, 5 horas e 45 minutos.

9.3.1.14 – Experimento 14

Na segunda realocação propõe-se que as demais funções sejam realocadas em partes iguais, conforme a tabela 7.

Tabela 7: Experimento 14 - *Layout* Atual: Realocação 2 de funcionários

Funcionário	Descrição do Trabalho
Operador A	Função 0, 4, 8, 11, 15, 19, 22, 24, 28
Operador L	Função 2, 5, 9, 12, 14, 18, 21, 25, 27
Operador V	Função 3, 6, 10, 13, 16, 17, 20, 23, 26

Resulta-se, através dessa nova distribuição de função, que para a produção de 24 serras, são necessários 5 dias de trabalho e 6 horas.

9.3.2 – Experimentos com o *Layout* Proposto a Empresa

9.3.2.1 – Experimento 1

No primeiro experimento, busca-se verificar o tempo necessário para utilizar toda a mistura produzida. Como cada serra necessita de 25 segmentos, essa quantidade é o suficiente para produzir as 24 serras.

Gerando a **primeira simulação**, tem-se que para a produção de 24 serras, necessita-se 40,7 horas de produção, aproximando-se a produção em 5 dias de trabalho e mais 40 minutos do próximo dia.

A fim de verificar a influência que cada funcionário tem sob o modelo, fez-se necessário mais 3 experimentos, aumentando, em cada, a capacidade de cada funcionário no sistema.

9.3.1.2 – Experimento 2

Aumentando a capacidade do **funcionário A para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando de 5 dias e 40 minutos para 4 dias, 7 horas e 36 minutos.

9.3.1.3 – Experimento 3

Aumentando a capacidade do **funcionário L para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 4 dias e 5 hora e 31 minutos.

9.3.1.4 – Experimento 4

Aumentando a capacidade do **funcionário V para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 5 dias.

9.3.1.5 – Experimento 5

O cenário do experimento 5 é para simular a produção semanal da empresa, com 8 horas diárias de trabalho, de segunda-feira a sexta-feira, com o quadro atual de funcionários (1 funcionário A, 1 funcionário L e 1 funcionário V). Pode-se então produzir 21,3 serras, ou seja, 21 serras completas e uma ainda em produção.

A fim de continuar verificando a influência que cada funcionário tem sob o modelo, fez-se necessário também mais 3 experimentos, aumentando, em cada, a capacidade de cada funcionário no sistema.

9.3.1.6 – Experimento 6

Aumentando a capacidade do **funcionário A para 2 unidades**, há uma mudança na quantidade total de produção, passando de 21,3 serras para 24 serras.

9.3.1.7 – Experimento 7

Aumentando a capacidade do **funcionário L para 2 unidades**, há uma mudança na produção total, passando agora para 24 serras.

9.3.1.8 – Experimento 8

Aumentando a capacidade do **funcionário V para 2 unidades**, há uma mudança na produção total, passando agora para 24 serras.

Busca-se, agora, verificar o tempo necessário para a utilização de duas misturas completas, que são suficientes para a produção de 48 serras.

9.3.1.9 – Experimento 9

Com isso, simulam-se quantos dias são necessários atingir essa quantidade de produção, modificando as capacidades dos funcionários. Com o quadro atual de funcionários foi possível completar a produção de 48 serras no tempo de 62,6 horas.

9.3.1.10 – Experimento 10

Aumentando a capacidade do **funcionário A para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 57,75 horas.

9.3.1.11 – Experimento 11

Aumentando a capacidade do **funcionário L para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 53,65 horas.

9.3.1.12 – Experimento 12

Aumentando a capacidade do **funcionário V para 2 unidades**, há uma mudança no tempo total de produção, passando agora para 59,45 horas.

Completando os experimentos, foi proposta a realocação das funções possíveis para os três funcionários. Algumas dessas funções não podem ser realocadas, pois somente o funcionário A é capacitado para realiza-las, que são as funções 15, 22 e 24.

9.3.1.13 – Experimento 13

Na primeira realocação propõe-se que as demais funções sejam realocadas em partes iguais, conforme a tabela 8.

Tabela 8: Experimento 13 - Layout Proposto: Realocação 1 de funcionários

Funcionário	Descrição do Trabalho
Operador A	Função 0, 4, 8, 11, 15, 17, 20, 22, 24
Operador L	Função 2, 5, 9, 12, 14, 18, 21, 25, 27
Operador V	Função 3, 6, 10, 13, 16, 19, 23, 26, 28

Com essa realocação temos que para a produção de 24 serras, necessita-se 46,35 horas de produção, aproximando-se a produção em 5 dias de trabalho, 6 horas e 24 minutos. 5

9.3.1.14 – Experimento 14

Na segunda realocação propõe-se que as demais funções sejam realocadas em partes iguais, conforme a tabela 9.

Tabela 9: Experimento 14 - *Layout* Proposto: Realocação 2 de funcionários

Funcionário	Descrição do Trabalho
Operador A	Função 0, 4, 8, 11, 15, 19, 22, 24, 28
Operador L	Função 2, 5, 9, 12, 14, 18, 21, 25, 27
Operador V	Função 3, 6, 10, 13, 16, 17, 20, 23, 26

Resulta-se, através dessa nova distribuição de função, que para a produção de 24 serras, são necessários 5 dias de trabalho, 5 horas e 36 minutos.

9.4 - Análise dos Resultados

Para efeitos de comparações, foi necessário produzir tabelas dos experimentos dos *Layouts* atual e proposto.

A primeira análise é a comparação dos tempos de produção resultantes nos experimentos 1, 2, 3 e 4, conforme a tabela 10 abaixo.

Tabela 10: Análise Experimentos 1, 2, 3 e 4

Experimento	Cenário	<i>Layout</i> Atual	<i>Layout</i> Proposto
1	1 Func. A 1 Func. L 1 Func. V	5 dias + 1 hora	5 dias + 40 minutos
2	2 Func. A 1 Func. L 1 Func. V	5 dias	4 dias + 7 horas + 36 minutos
3	1 Func. A 2 Func. L 1 Func. V	4 dias + 5 horas + 32 minutos	4 dias + 5 horas + 31 minutos
4	1 Func. A 1 Func. L 2 Func. V	4 dias + 7 horas + 46 minutos	5 dias

Pode-se concluir que o fator de maior influência nos dois *Layouts* da empresa é o **Funcionário L**, pois é o que mais reduz o tempo total de produção suficiente para 24 serras.

A segunda análise é a comparação da capacidade produtiva em uma semana de trabalho resultantes nos experimentos 5, 6, 7 e 8, conforme a tabela 11 abaixo.

Tabela 11: Análise Experimentos 5, 6, 7 e 8

Experimento	Cenário	Layout Atual	Layout Proposto
5	1 Func. A 1 Func. L 1 Func. V	21,6 serras	21,3 serras
6	2 Func. A 1 Func. L 1 Func. V	24 serras	24 serras
7	1 Func. A 2 Func. L 1 Func. V	24 serras	24 serras
8	1 Func. A 1 Func. L 2 Func. V	24 serras	24 serras

Como não houve variação entre os cenários 6, 7 e 8, houve a necessidade de simular a produção de duas misturas, que é o suficiente para produzir 48 serras.

A terceira análise é a comparação dos tempos de produção resultantes nos experimentos 9, 10, 11 e 12, conforme a tabela 12 abaixo.

Tabela 12: Análise Experimentos 9, 10, 11 e 12

Experimento	Cenário	Layout Atual	Layout Proposto
9	1 Func. A 1 Func. L 1 Func. V	7 dias + 6 horas + 24 minutos	7 dias + 6 horas + 34 minutos
10	2 Func. A 1 Func. L 1 Func. V	7 dias + 2 horas	7 dias + 1 hora + 46 minutos
11	1 Func. A 2 Func. L 1 Func. V	6 dias + 5 horas + 41 minutos	6 dias + 5 horas + 41 minutos
12	1 Func. A 1 Func. L 2 Func. V	7 dias + 3 horas + 27 minutos	7 dias + 3 horas + 27 minutos

Pode-se concluir que o fator de maior influência nos dois *Layouts* da empresa é o **Funcionário L**, pois é o que mais reduz o tempo total de produção suficiente para 48 serras.

A quarta análise é a comparação dos tempos de produção resultantes nos experimentos 1, 13 e 14, mostrando a diferença entre os resultados das realocações das funções, conforme a tabela 13 abaixo.

Tabela 13: Análise Experimentos 1, 13 e 14

Experimento	Layout Atual	Layout Proposto
1	5 dias + 1 hora	5 dias + 40 minutos
13	5 dias + 5 horas + 45 minutos	5 dias + 6 horas + 24 minutos
14	5 dias + 6 horas	5 dias + 5 horas + 36 minutos

Ao avaliar todos cenários destes experimentos, conclui-se que o melhor cenário para a produção de 24 serras (com o menor tempo de produção) é o cenário do experimento 3 do *Layout* proposto, que é composto por 1 funcionário A, 2 funcionários L e 1 funcionário V.

Já para a produção de uma semana de trabalho ocorreu um empate de cenários, onde o aumento da capacidade de qualquer um dos funcionários é capaz de produzir 24 serras, utilizando toda a mistura pronto. Com esse resultado, necessitou-se avaliar a produção de 48 serras, onde o experimento 10 se destacou, tanto para o *Layout* atual quanto para o proposto, que é com 1 funcionário A, 2 funcionários L e 1 funcionário V, sendo que no *Layout* proposto há uma redução no tempo necessário para a produção dessa quantidade de serras.

Ao se comparar três tipos de alocação de funcionários na empresa, as duas opções dadas obtiveram resultados inferiores ao cenário atual da empresa, levando em consideração ao tempo de produção.

10 – Conclusões

O estudo realizado permitiu uma análise do processo de produção de serras diamantadas da empresa ABRASDI, em relação ao seu tempo de produção e ao espaço requerido para seus centros de trabalho. O uso Planejamento Sistemático de *Layout*, juntamente com a Simulação Computacional, permitiu um estudo adequado para investigar e avaliar o arranjo físico da empresa.

A utilização de um sistema de simulação computacional, juntamente com o Planejamento Sistemático de *Layout*, para avaliar arranjos físicos em diversos cenários traz vários benefícios, como a melhoria da capacidade produtiva, por ser uma forma de avaliá-los antes de sua implementação.

Outro benefício evidente com o uso da simulação computacional é a economia de recurso, pois torna-se possível simular um ambiente real de forma virtual sem que haja necessidade de contratar funcionários e comprar novos equipamentos.

Foi possível compreender os fluxos atuais dos materiais, pessoas e produtos, e relacioná-los entre os postos de trabalho da empresa.

A partir do estudo realizado na empresa, juntamente com a planta baixa da mesma, também foi possível confrontar os dados obtidos através do estudo do espaço, relacionados com os espaços requeridos de cada centro de trabalho, com os espaços disponíveis na empresa, onde se verifica que a empresa dispõe de espaço suficiente para a disposição dos centros de trabalho existente.

Através da simulação computacional foi possível avaliar e definir qual o cenário ideal para a empresa através da troca e verificação dos parâmetros necessários para o modelo computacional.

Com as alterações realizadas no *Layout* da empresa, mudanças foram observadas no tempo de produção total da empresa, tornando-o significativamente menor.

Ainda foi possível reorganizar e mapear os processos de produção de forma mais clara e adequada ao *Layout* proposto, analisando os dados obtidos e avaliando o seu desempenho.

Ressalta-se que a contribuição deste trabalho, com a integração do SLP com a Simulação Computacional, auxiliou os gestores da empresa na tomada de decisão relacionada ao sistema de produção.

No entanto, um fator relevante, como limitação do trabalho, é a restrição de utilização do *Software Arena®* versão 14 *Student*, onde se tem um limite máximo para o acréscimo de entidades e processos.

Sugere-se, como trabalhos futuros, a realização de análise de viabilidade detalhada dos cenários aqui propostos, como também um estudo aprimorado do *Layout*, comparando-os com outros sistemas de avaliação de arranjo físico, além do Planejamento Sistemático de *Layout*.

Referências Bibliográficas

- AGUILAR, S. T. *et al.*, Avaliação dos benefícios da aplicação da simulação, através do *Software Arena 10.0*, em uma empresa de transporte ferroviário. Anais do **XXIX ENEGEP**, 2009.
- ALEISA, E. E.; LIN, L. For effective facilities planning: *Layout* optimization then simulation, or vice versa? In: 2005 **Winter Simulation Conference**, 2005.
- ANTON, C.; EIDELWEIN, H.; DIEDRICH, H.. Proposta de melhoria no *Layout* da produção de uma empresa do Vale do Taquari. Destaques Acadêmicos, **América do Norte**, 2012.
- ARAÚJO, P. C. de *et al.*, Aplicação do Controle Estatístico do processo no tempo de espera da urgência Clínica Hospitalar: um estudo de caso. Anais do **VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, agosto 2010.
- ARAUJO, L. C. G. de. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**. 2ed São Paulo: Atlas, 2005.
- AZEVEDO, K. D. G. C.; BARBIRATO, J. M. R. C.; SALES, C. M. R.. Uso De Ferramentas Da Qualidade Na Reformulação De *Layout* De Uma Empresa De Ferramenta Diamantada. Anais do **XXII SIMPEP**, novembro 2015.
- AZEVEDO, K. D. G. C; BRAGA, V. S. **Proposta de reformulação no *Layout* da empresa ABRASDI - Abrasivos Diamantados na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 65p., 2013.
- BARNES, R. M.. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida de Trabalho**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. 635p.
- BATISTA, G. R. *et al.*, Análise do processo produtivo: um estudo comparativo dos recursos esquemáticos. Anais do **XXVI ENEGEP**, 2006.
- BEM, A. R. **Análise do processo produtivo e proposta de melhorias no arranjo físico e no processo produtivo de uma indústria de mosaicos: um estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Medianeira - PN, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 64p. 2013.
- BEHR, A.; MORO, E. L. S.; ESTABEL, L. B. **Gestão da Biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviço de biblioteca**. Brasília, DF: 2008.

BÓSOLI, G. S. *et al.* Simulação computacional como ferramenta para a reorganização do arranjo físico de uma empresa de produtos químicos. Anais do **XXIX ENEGEP**, 2009.

CAMARA, D. F. *et al.* Identificação e redução de perdas com o uso do diagrama de registro de processo: estudo de caso numa confecção do agreste de Pernambuco. Anais do **XXXIII ENEGEP**, 2013.

CANEN, A. G. e WILLIAMSON G. H. *Facility layout overview: towards competitive advantage*, **Facilities** vl. 16 n. 7/8, 1998

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 690p. il. ISBN 978-85-224-4212-6.

COSTA, A. J. de. **Otimização do *Layout* de produção de um processo de pintura de ônibus**. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção) – Porto Alegre-RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 123p., 2004.

CUNHA, L. F. P.; O método PDCA como ferramenta de melhoria contínua dos processos e suporte para a elaboração do planejamento estratégico das empresas. **Revista UNIABEU**, Belford Roxo. Volume 6, nº 14. Set/dez 2013.

D'ASCENÇÃO, L. C. M. **Organização, Sistemas e Métodos: análise, redesenho e informatização de processos administrativos**. São Paulo: Atlas, 2001.

DOBLAS, D. **Arranjo físico e planejamento estratégico**. Universidade Gama Filho. Centro Tecnológico de Ciências exatas. Abril. 2010. Rio de Janeiro disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA820AC/arranjo-fisico-planejamento-estrategico>> Acesso em: 03/fevereiro/2016.

DUARTE, R. N. **Simulação Computacional: Análise de uma Célula de Manufatura em Lotes do Setor de Auto-Peças**. Itajubá: UNIFEI, 2003. 168 p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá).

Erlang, **Arena** 2016, (www.erlang.com.br/arena.asp, 02, 2016).

FELIPPE, A. D. *et al.* Análise descritiva do estudo de tempos e métodos: uma aplicação no setor de embaladeira de uma indústria têxtil. Anais do **IX SEGeT**, 2012.

FERNANDES, G.; STRAPAZZON, R.; CARVALHO A. D. P. *Layout* de empresas e seus benefícios. Anais do **XXXIII ENEGEP**, 2013.

FRANÇA, V. de O. *et al.* Otimização das operações de Movimentação e armazenagem de materiais através de rearranjo físico: uma proposta de melhoria para um almoxarifado da esfera pública. Anais do **XXVI ENEGEP**, 2006.

FREITAS FILHO, P. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**. 2ª Ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**/ Norman Gaither, GregFrazier; tradução José Carlos Barbosa dos Santos; revisão Petrônio Garcia Martins. – 8. ed. –São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLAGOLA, J. R. **An introduction to strategic facilities planning**. Real Estate Issues, Spring, 2002.

HARREL, C. R. *et al.* **Simulação: Otimizando sistemas**. 2. ed. São Paulo, SP: Instituto IMAM, 2002.

HUBERMAN, L. **História da riqueza do homem**. Rio de Janeiro, Zahar 20ª ed, 1985.

LEAL, F. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional**. Itajubá: UNIFEI, 2003. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá).

LEAL, F. *et al.* Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de Elementos do IDEF. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - XL-SBPO**, João Pessoa, 2008, - Pb, 1-12.

JOAQUIM, E. D. **Análise de um novo centro cirúrgico para o hospital universitário Cajuru: estudo de caso baseado em simulação computacional**. Itajubá: UNIFEI, 2005. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontífica Universidade Católica do Paraná).

KELTON, W. D. *et al.* **Simulation with Arena**. 3ª ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

LAW, A.; KELTON, W.D. **Simulation Modeling and Analysis**. 3.ed. **McGraw-Hill**, 1999.

LINS, B. F. E. **Ferramentas básicas da qualidade**. Brasília, DF: 1993

LOUREIRO, A. B. **Planejamento de Arranjo Físico em uma indústria moveleira** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – São Mateus - ES, Universidade Federal do Espírito Santo, 72p., 2011.

MARTINS, P. G. e LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 2ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MARTINS, R. T. **Estudo de caso sobre o uso de ferramentas de gestão da qualidade em uma empresa rural**. Relatório de Estágio – curso de Gestão de Agronegócio da Faculdade UnB. Brasília, DF: 2013.

MEIRELLES, A. F. *et al.* Simulação e *Layout* - Um Estudo de Caso. Anais do **XXIX ENEGEP**, 2009.

MORÁN, W. D. H. **Uma abordagem multicritério no desenvolvimento de arranjos físicos**. XIV, 91f., il. Mestrado - Engenharia de Produção, 2000. Orientação de: Helder Gomes Costa.

MOREIRA, A. F., NETO, A. R. P. Estudo de *Layout* em uma empresa de beneficiamento de castanha de caju com o uso de simulação de eventos discretos. Anais do **XXX ENEGEP**, 2010.

MUTHER, R. **Systematic Layout Planning**, 2ed.. Boston: Cahners Book, 1978. ISBN 0-8436-0814-5

MUTHER, R; Wheeler, J.D, **Planejamento sistemático e simplificado de Layout**. IMAM, São Paulo 2000.

NEUMANN, C. S. R.; MILANI, J. Proposição de melhoria do *Layout* utilizando o SLP simplificado. Anais do **XXIX ENEGEP**, 2009.

NIEBEL, B.; FRIEVALDS, A. **Ingeniería Industrial – Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo**, 11ª Edição. México: Editora Alfaomega, 2004.

ODA, E.; MARQUES, C. F. **Gestão das Funções Organizacionais**. 2. ed - Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.

OLIVEIRA, C. V. P. *et al.* SLP E Simulação Computacional: Aplicação Integrada Dessas Ferramentas Em Uma Marmoraria Capixaba. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, 2013, Natal/rn. Anais. Natal: Sbpou, 2013. p. 2944 - 2955.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o Aprimoramento da Qualidade**. São Paulo. Pioneira, 1995.

OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas, organizações e métodos: uma abordagem gerencial**. 17. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

PEINADO, J.; GRAEML, A. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007

SALES, A. L. F.; BARROS NETO, J. P. B.; ALMINO, I. A gestão dos fluxos físicos nos canteiros de obras focando a melhoria nos processos construtivos. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 10., 2004. Anais. São Paulo: ANTAC

SANTOS, L. *et al.* Planejamento Sistemático de *Layout*: adaptação e aplicação em operações de serviços. Paraná. **Revista Gestão Industrial**, v.08, n.01: p. 01-21, 2012.

SHANNON, R. E. **Systems simulation: the art and science**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, [s. n.], 1975.

SILVA, A. C. da. **Processo e arranjo físico: um estudo na tutoria do curso de graduação em administração a distância da Universidade Federal de Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Estágio – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009. Disponível em:<<http://tcc.bu.ufsc.br/Adm290729.pdf>> Acesso em: 08/fevereiro/2016.

SILVA, F. B. **Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais: proposta de um modelo**. São Paulo: USP, 2012. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

SILVA, L. M. F.; PINTO, M. G.; SUBRAMANIAN, A. Utilizando O *Software* Arena Como Ferramenta De Apoio Ao Ensino Em Engenharia De Produção. Anais do **XXVII ENEGEP**, 2007.

SILVA SEGUNDO, S. J. da; ARAÚJO, W. J. de; LOPES, W. A. A. **Projeto de *Layout* de biblioteca assistido por ferramenta de *Software* para criação de arranjo físico em 3D: estudo aplicado à biblioteca da faculdade IDEZ**. Informação & Informação, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 184-205, jun. 2013. ISSN 1981-8920. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/10115>>. Acesso em: 24 Fev. 2015. doi:10.5433/1981-8920.2013v18n1p184.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TOLEDO, I.F.B. **Tempos & Métodos**. São Paulo 8° Ed. Assessoria Escola Editora, 2004.

TOMPKINS, J. A. *et al.*, **Facilities planning**. New York: John Wiley, 1996.

TORRES, I. **Um formalismo relacional para o desenvolvimento de arranjo físico industrial**. São Carlos: UFSCar, 2007.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Planejamento sistemático de *Layout* com apoio de análise de decisão multicritério. **Revista Produção**, v. 18, n. 3, p. 609-624, 2008

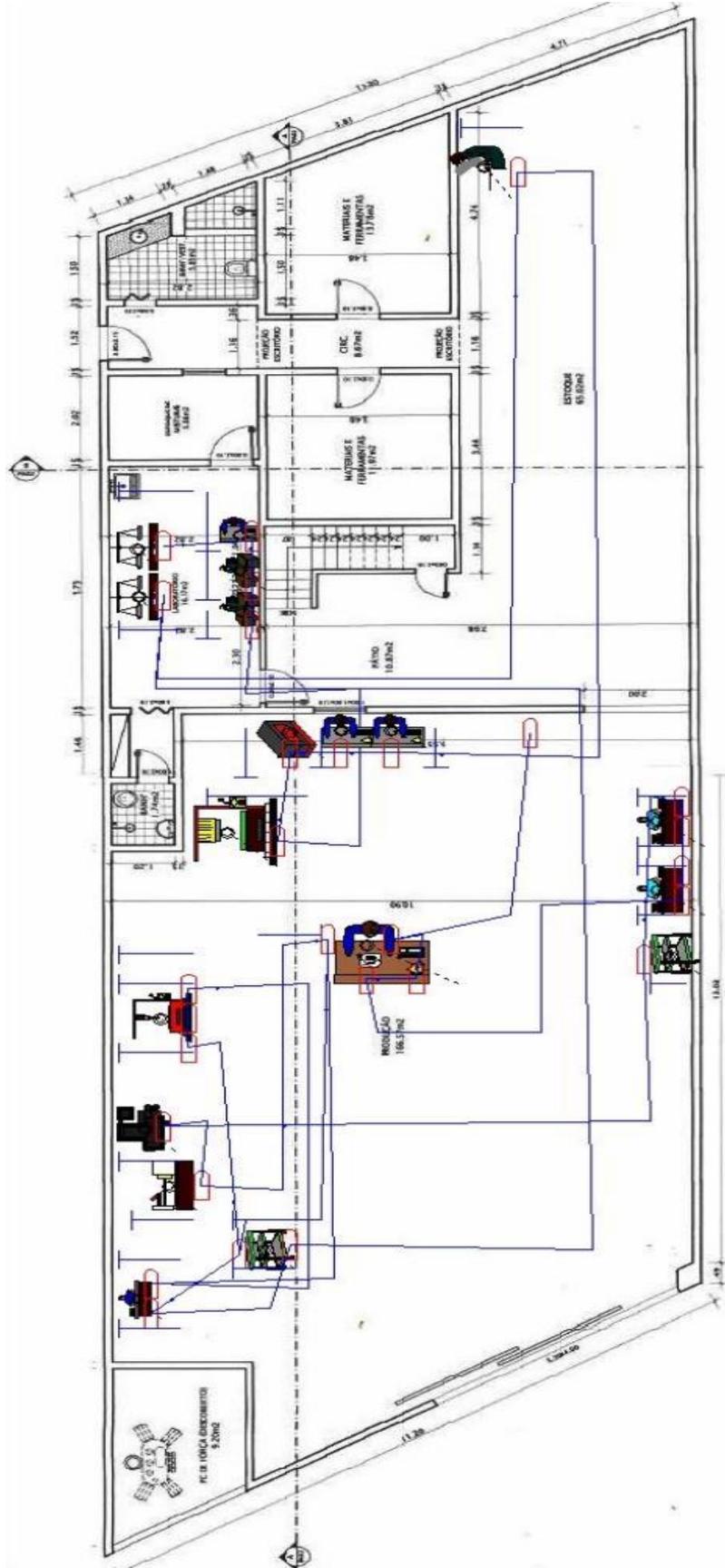
TOSTA, L. I.; OLIVEIRA, M. L. M. de; SOUZA, L. G. M. Uma análise do uso da técnica de mapofluxograma na implementação inicial do sistema Lean de produção em uma empresa do setor médico cirúrgico. Anais do **XXIX ENEGEP**, 2009.

VIANA, J. J. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. São Paulo: Atlas, 1998.

VIEIRA, A. C. G. **Manual de *Layout* (arranjo físico)**. Rio de Janeiro: CNI, 1983.

ZANOTTI FILHO, D. *et al.* Melhorias de processo por meio de metodologia SLP e simulação: estudo de caso no setor moveleiro. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, 45., 2013, Natal/rn. Anais. Natal: Sbp, 2013. p. 2896 - 2907.

APÊNDICE 1 – Mapofluxograma Atual da empresa



APÊNDICE 4 – Ficha de Cronometragem: novos cálculos

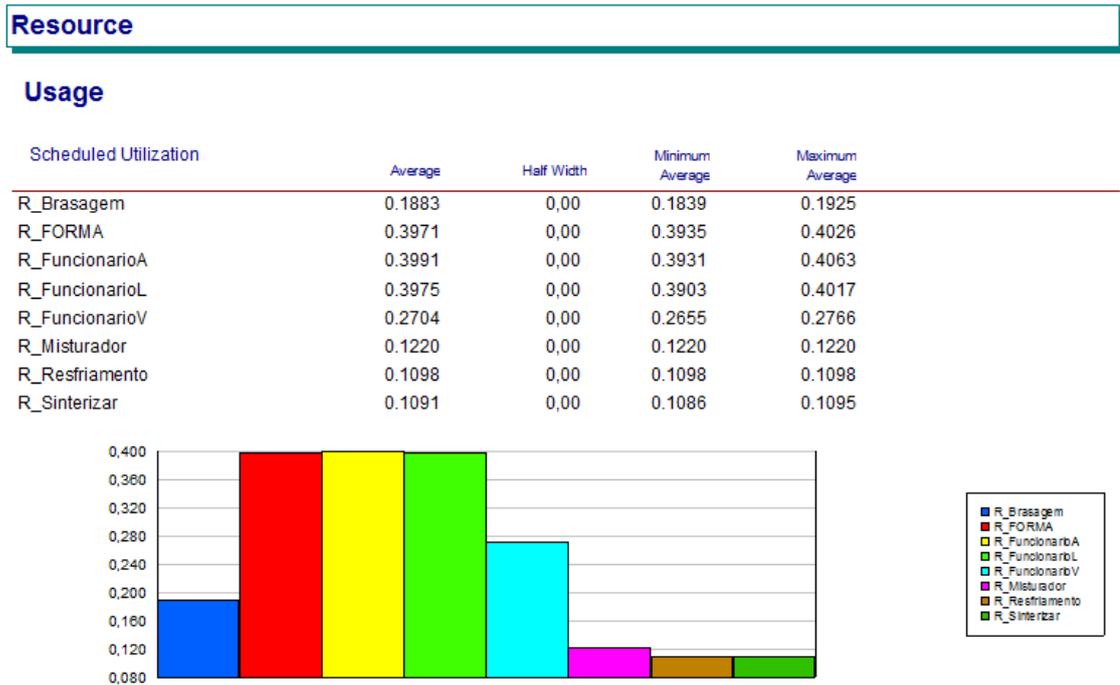
(em minutos, segundo e milésimo de segundo)

FICHA DE CRONOMETRAGEM																				
Processo		Novos Cálculos																		
Nº	ELEMENTOS																			
3	Colocar prensadores																			
4	Pesagem da mistura																			
5	Preencher molde																			
7	Colocar abraçadeira na prensa																			
8	Ligar Sinterizadora																			
13	Passar desmoldante no grafite																			
14	Limpar segmentos																			
24	Destencionar																			
25	Posicionar serra para teste e retirar rebarbas de brasagem																			
TEMPOS CRONOMETRADOS																				
Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	01:03,02	01:14,31	00:59,98	01:13,63	01:06,30	01:07,71	01:04,54	01:13,90	01:05,83	01:19,63	01:10,88	00:59,98	01:02,56	01:13,01	01:00,94	00:58,78	01:05,56	01:07,41	01:15,03	00:58,37
4	16:30,41	12:39,51	14:26,53	14:53,11	13:55,21	15:10,77	16:07,09	14:12,03	14:11,63	14:13,76	16:00,91	14:45,13	13:32,73	14:10,17	16:04,83	12:47,71	14:36,45	15:01,73	16:00,19	15:16,11
5	10:04,26	08:55,30	08:29,50	08:51,83	08:20,94	08:40,56	07:32,82	08:31,35	09:56,29	08:50,21	08:49,31	09:05,61	07:59,66	08:31,74	08:37,32	07:59,03	08:04,53	08:38,86	08:47,12	08:40,36
7	00:20,11	00:17,07	00:22,29	00:17,46	00:17,39	00:16,75	00:20,81	00:19,33	00:20,25	00:20,32	00:19,18	00:18,98	00:20,05	00:18,63	00:19,02	00:19,37	00:20,11	00:17,98	00:18,02	00:19,46
8	00:24,26	00:23,29	00:26,43	00:22,36	00:24,22	00:27,15	00:30,73	00:22,93	00:30,34	00:23,67	00:26,01	00:25,79	00:22,49	00:24,01	00:25,44	00:25,37	00:25,16	00:24,69	00:24,98	00:23,47
13	02:30,40	02:34,46	02:49,48	02:57,50	02:34,31	02:25,32	02:15,36	02:33,41	02:36,79	02:39,61	02:37,82	02:35,67	02:51,88	02:54,38	02:40,82	02:49,29	02:51,15	02:39,86	02:51,83	02:45,82
14	02:33,00	02:20,88	02:58,36	02:14,75	02:31,65	02:27,98	02:31,83	02:30,98	02:31,15	02:31,37	02:30,71	02:29,98	02:36,73	02:39,21	02:31,59	02:33,85	02:44,61	02:50,92	02:34,51	02:33,87
24	00:13,73	00:11,38	00:08,22	00:11,43	00:13,21	00:16,13	00:11,84	00:11,96	00:11,96	00:11,64	00:12,37	00:14,78	00:12,57	00:13,04	00:12,45	00:12,97	00:13,59	00:12,33	00:12,34	00:12,63
25	01:55,39	02:10,98	01:29,64	01:55,82	01:09,22	01:51,80	01:31,84	01:05,79	01:26,16	01:37,56	01:36,71	01:59,02	02:00,04	01:41,68	01:43,59	01:50,02	01:42,67	01:50,03	01:44,76	01:39,59

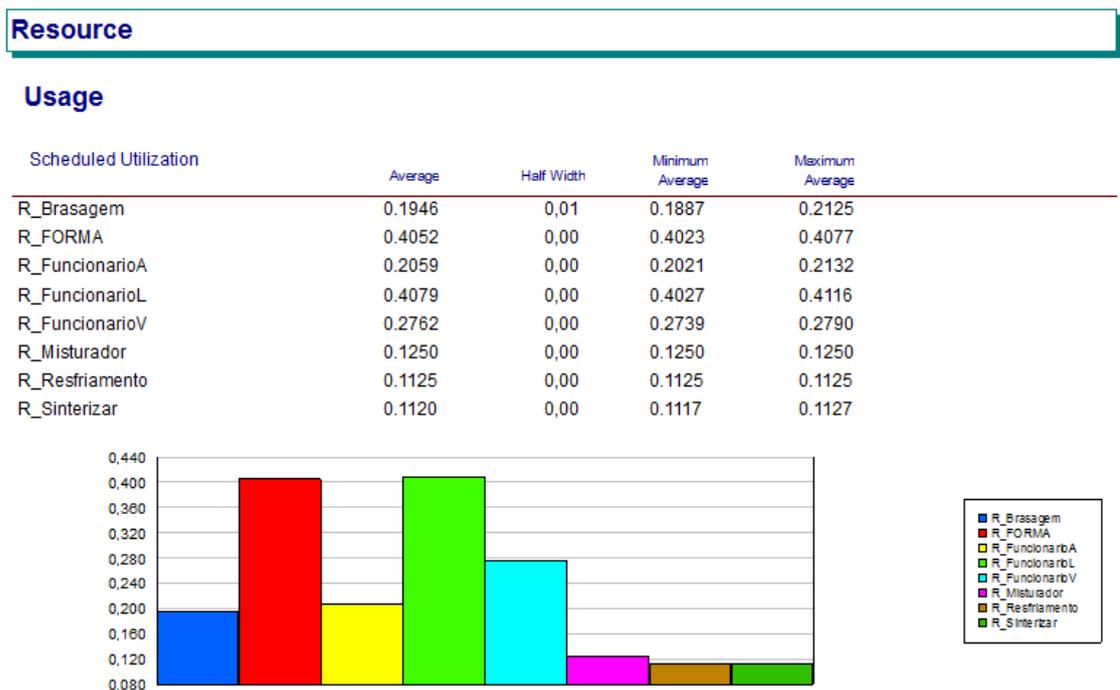
APÊNDICE 5 – Grau de Utilização dos recursos nos Layouts em cada experimento

➤ LAYOUT ATUAL

- Experimento 1



- Experimento 2

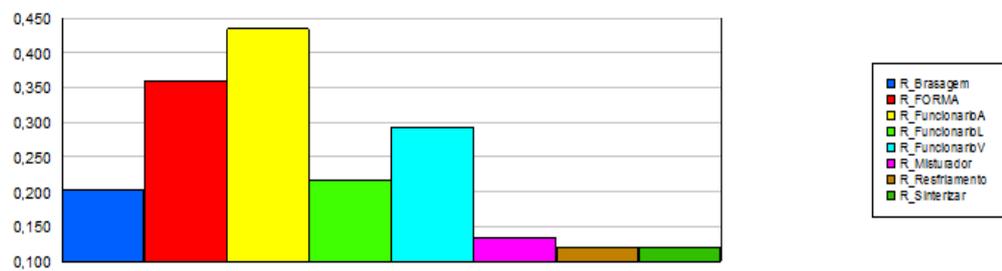


- Experimento 3**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2035	0,00	0.2009	0.2114
R_FORMA	0.3603	0,00	0.3567	0.3628
R_FuncionarioA	0.4345	0,00	0.4316	0.4444
R_FuncionarioL	0.2174	0,00	0.2150	0.2204
R_FuncionarioV	0.2930	0,00	0.2884	0.2970
R_Misturador	0.1333	0,00	0.1333	0.1333
R_Resfriamento	0.1200	0,00	0.1200	0.1200
R_Sinterizar	0.1192	0,00	0.1184	0.1198

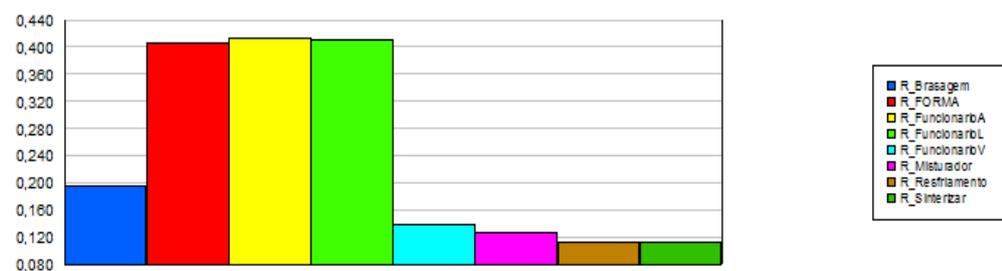


- Experimento 4**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1953	0,00	0.1899	0.2000
R_FORMA	0.4050	0,00	0.4016	0.4087
R_FuncionarioA	0.4125	0,00	0.4067	0.4180
R_FuncionarioL	0.4103	0,00	0.4056	0.4146
R_FuncionarioV	0.1386	0,00	0.1364	0.1407
R_Misturador	0.1258	0,00	0.1258	0.1258
R_Resfriamento	0.1132	0,00	0.1132	0.1132
R_Sinterizar	0.1126	0,00	0.1122	0.1132

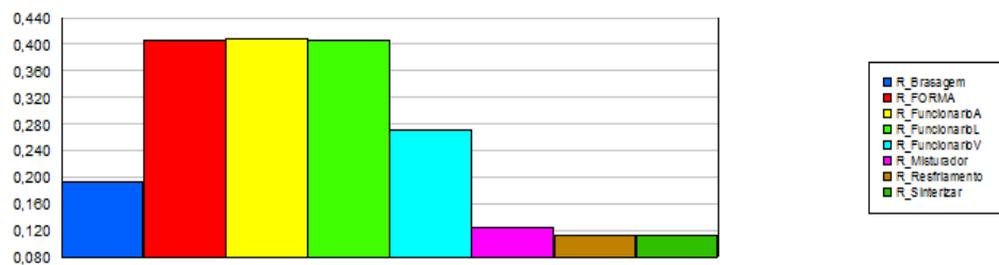


- Experimento 5

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1930	0,00	0.1885	0.1973
R_FORMA	0.4070	0,00	0.4034	0.4127
R_FuncionarioA	0.4082	0,00	0.4026	0.4153
R_FuncionarioL	0.4069	0,00	0.3990	0.4113
R_FuncionarioV	0.2715	0,00	0.2668	0.2790
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1119	0,00	0.1113	0.1122

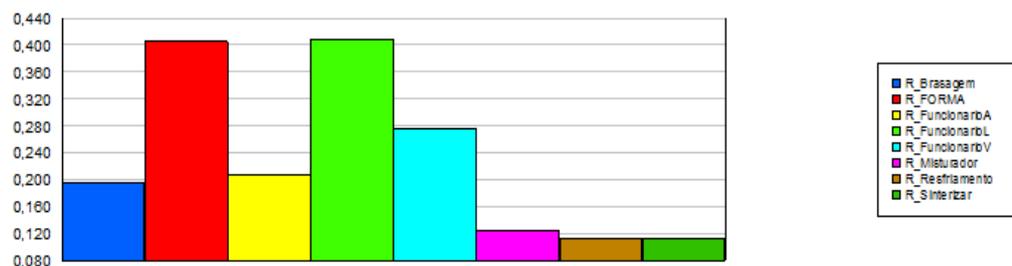


- Experimento 6

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1946	0,01	0.1887	0.2125
R_FORMA	0.4052	0,00	0.4023	0.4077
R_FuncionarioA	0.2059	0,00	0.2021	0.2132
R_FuncionarioL	0.4079	0,00	0.4027	0.4116
R_FuncionarioV	0.2762	0,00	0.2739	0.2790
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1120	0,00	0.1117	0.1127

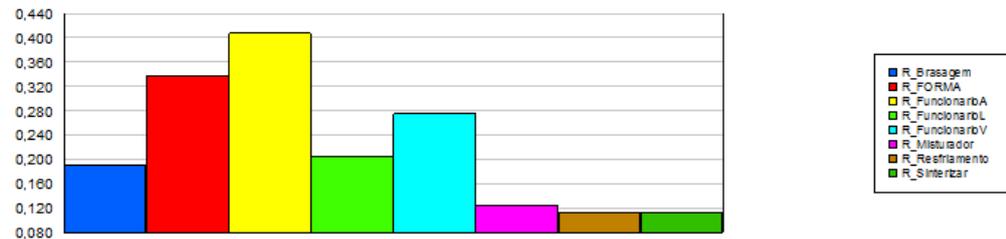


- Experimento 7

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1908	0,00	0.1884	0.1982
R_FORMA	0.3378	0,00	0.3344	0.3402
R_FuncionarioA	0.4073	0,00	0.4046	0.4167
R_FuncionarioL	0.2038	0,00	0.2015	0.2067
R_FuncionarioV	0.2747	0,00	0.2704	0.2784
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1117	0,00	0.1110	0.1123

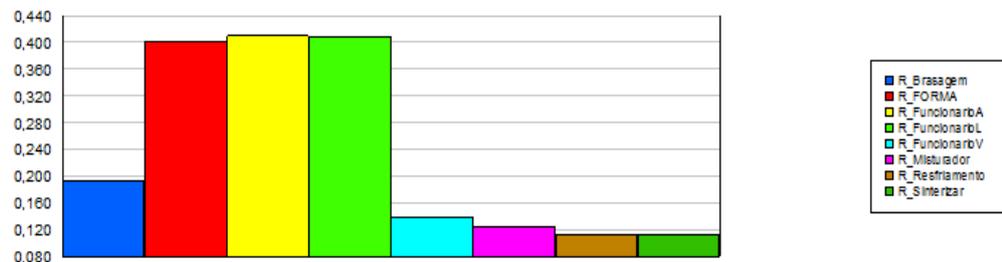


- Experimento 8

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1941	0,00	0.1887	0.1987
R_FORMA	0.4025	0,00	0.3991	0.4062
R_FuncionarioA	0.4100	0,00	0.4042	0.4154
R_FuncionarioL	0.4078	0,00	0.4031	0.4120
R_FuncionarioV	0.1377	0,00	0.1355	0.1398
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1119	0,00	0.1115	0.1125

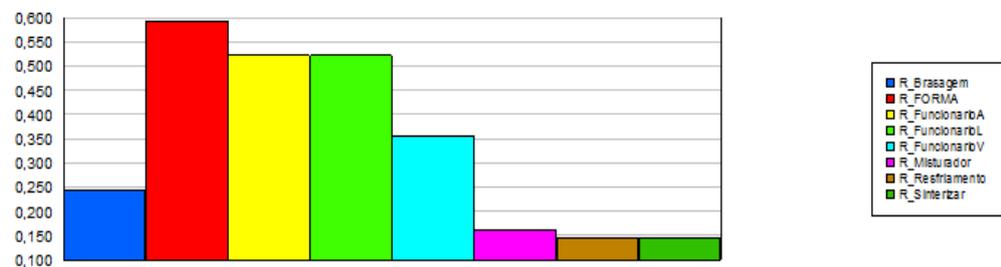


- Experimento 9**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2447	0,00	0.2421	0.2529
R_FORMA	0.5923	0,00	0.5828	0.5963
R_FuncionarioA	0.5218	0,00	0.5153	0.5322
R_FuncionarioL	0.5215	0,00	0.5196	0.5237
R_FuncionarioV	0.3546	0,00	0.3525	0.3567
R_Misturador	0.1604	0,00	0.1604	0.1604
R_Resfriamento	0.1443	0,00	0.1443	0.1443
R_Sinterizar	0.1434	0,00	0.1428	0.1438

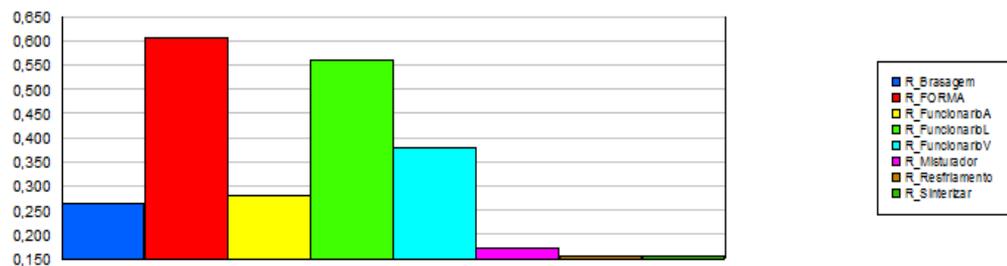


- Experimento 10**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2650	0,00	0.2602	0.2765
R_FORMA	0.6060	0,00	0.6015	0.6096
R_FuncionarioA	0.2818	0,00	0.2773	0.2887
R_FuncionarioL	0.5606	0,00	0.5558	0.5672
R_FuncionarioV	0.3800	0,00	0.3756	0.3824
R_Misturador	0.1724	0,00	0.1724	0.1724
R_Resfriamento	0.1552	0,00	0.1552	0.1552
R_Sinterizar	0.1544	0,00	0.1539	0.1549

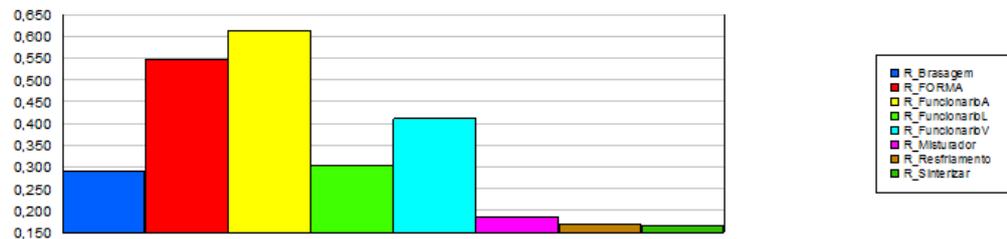


- **Experimento 11**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2901	0,01	0.2819	0.3041
R_FORMA	0.5453	0,00	0.5392	0.5525
R_FuncionarioA	0.6140	0,01	0.6038	0.6300
R_FuncionarioL	0.3050	0,00	0.3017	0.3075
R_FuncionarioV	0.4104	0,00	0.4060	0.4140
R_Misturador	0.1864	0,00	0.1864	0.1864
R_Resfriamento	0.1678	0,00	0.1678	0.1678
R_Sinterizar	0.1667	0,00	0.1660	0.1672

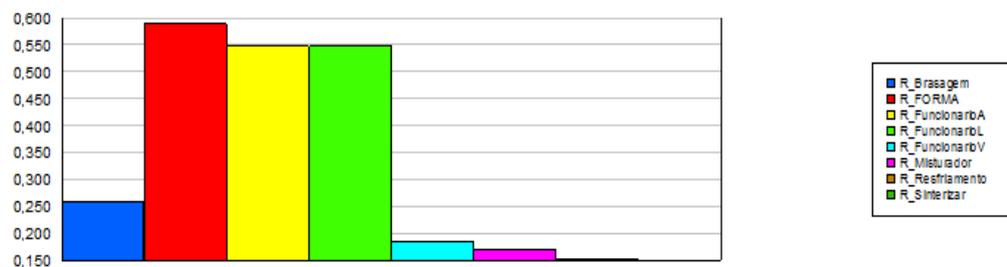


- **Experimento 12**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2574	0,00	0.2537	0.2658
R_FORMA	0.5887	0,00	0.5849	0.5942
R_FuncionarioA	0.5476	0,00	0.5424	0.5557
R_FuncionarioL	0.5477	0,00	0.5434	0.5562
R_FuncionarioV	0.1857	0,00	0.1842	0.1872
R_Misturador	0.1682	0,00	0.1682	0.1682
R_Resfriamento	0.1514	0,00	0.1514	0.1514
R_Sinterizar	0.1505	0,00	0.1498	0.1510



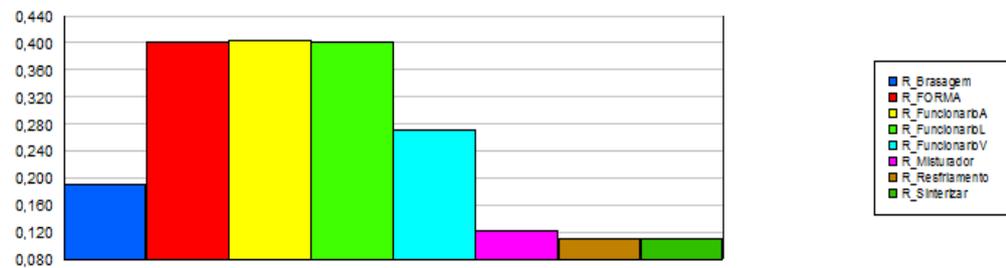
➤ LAYOUT PROPOSTO

• Experimento 1

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1913	0,00	0.1853	0.2028
R_FORMA	0.4005	0,00	0.3960	0.4053
R_FuncionarioA	0.4036	0,00	0.3960	0.4178
R_FuncionarioL	0.4013	0,00	0.3928	0.4063
R_FuncionarioV	0.2720	0,00	0.2687	0.2766
R_Misturador	0.1229	0,00	0.1229	0.1229
R_Resfriamento	0.1106	0,00	0.1106	0.1106
R_Sinterizar	0.1100	0,00	0.1090	0.1107

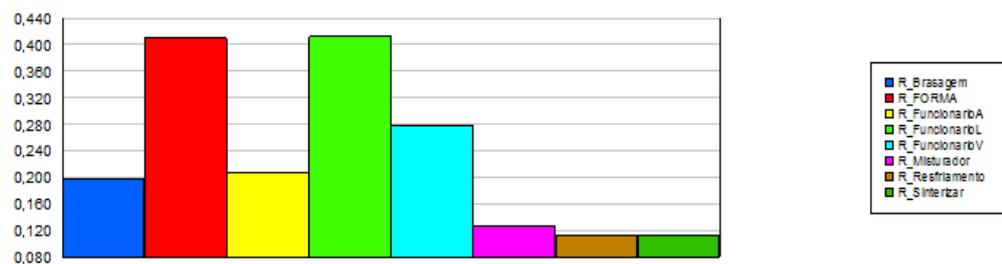


• Experimento 2

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1966	0,01	0.1903	0.2153
R_FORMA	0.4097	0,00	0.4064	0.4143
R_FuncionarioA	0.2079	0,00	0.2042	0.2157
R_FuncionarioL	0.4123	0,00	0.4068	0.4182
R_FuncionarioV	0.2789	0,00	0.2759	0.2818
R_Misturador	0.1263	0,00	0.1263	0.1263
R_Resfriamento	0.1136	0,00	0.1136	0.1136
R_Sinterizar	0.1131	0,00	0.1128	0.1137

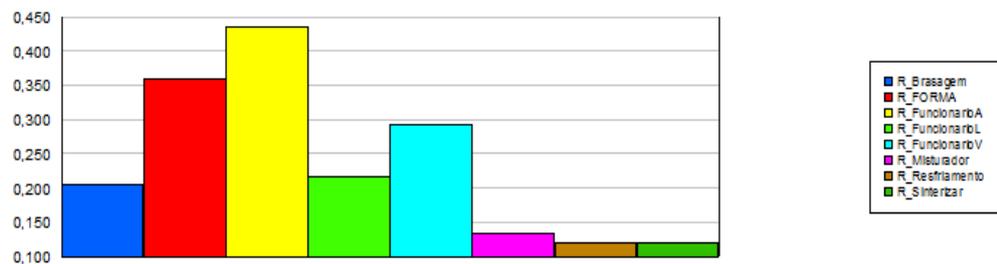


- Experimento 3**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2041	0,00	0.2010	0.2177
R_FORMA	0.3597	0,00	0.3570	0.3637
R_FuncionarioA	0.4353	0,00	0.4272	0.4489
R_FuncionarioL	0.2176	0,00	0.2148	0.2205
R_FuncionarioV	0.2934	0,00	0.2900	0.2988
R_Misturador	0.1333	0,00	0.1333	0.1333
R_Resfriamento	0.1200	0,00	0.1200	0.1200
R_Sinterizar	0.1192	0,00	0.1187	0.1198

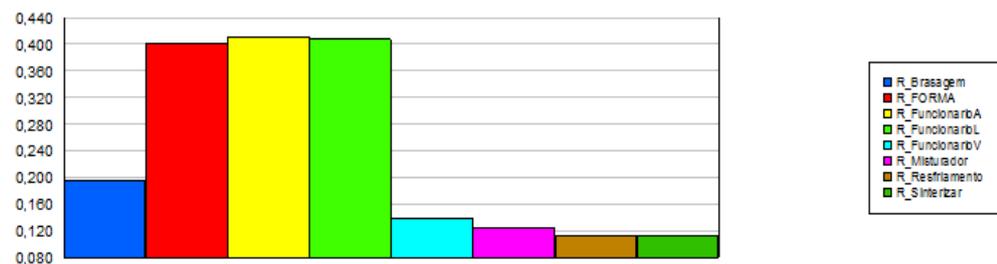


- Experimento 4**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1957	0,00	0.1891	0.2049
R_FORMA	0.4025	0,00	0.3983	0.4083
R_FuncionarioA	0.4116	0,00	0.4050	0.4211
R_FuncionarioL	0.4073	0,00	0.4040	0.4120
R_FuncionarioV	0.1379	0,00	0.1350	0.1401
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1118	0,00	0.1114	0.1124

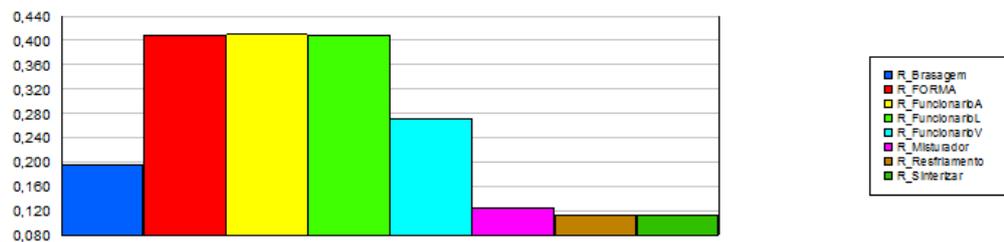


• **Experimento 5**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1946	0,00	0.1885	0.2064
R_FORMA	0.4075	0,00	0.4029	0.4124
R_FuncionarioA	0.4097	0,00	0.4026	0.4248
R_FuncionarioL	0.4077	0,00	0.3986	0.4126
R_FuncionarioV	0.2698	0,00	0.2628	0.2758
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1119	0,00	0.1109	0.1126

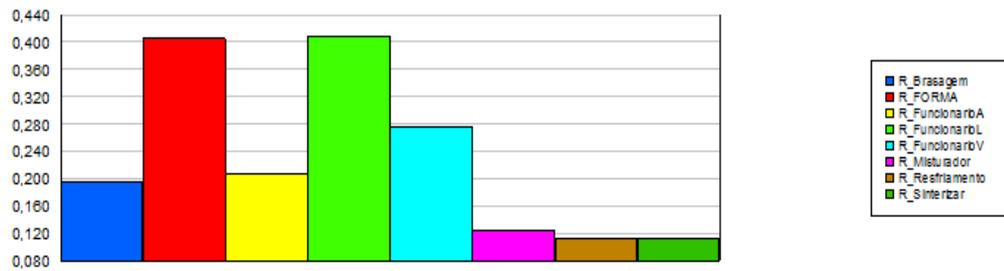


• **Experimento 6**

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1946	0,01	0.1884	0.2131
R_FORMA	0.4056	0,00	0.4023	0.4101
R_FuncionarioA	0.2058	0,00	0.2021	0.2135
R_FuncionarioL	0.4081	0,00	0.4027	0.4140
R_FuncionarioV	0.2761	0,00	0.2731	0.2790
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1119	0,00	0.1117	0.1125

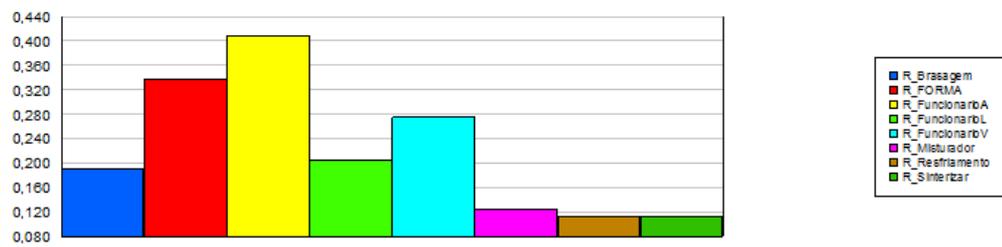


- Experimento 7

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1914	0,00	0.1884	0.2041
R_FORMA	0.3372	0,00	0.3347	0.3410
R_FuncionarioA	0.4081	0,00	0.4005	0.4208
R_FuncionarioL	0.2040	0,00	0.2013	0.2067
R_FuncionarioV	0.2750	0,00	0.2719	0.2801
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1118	0,00	0.1113	0.1123

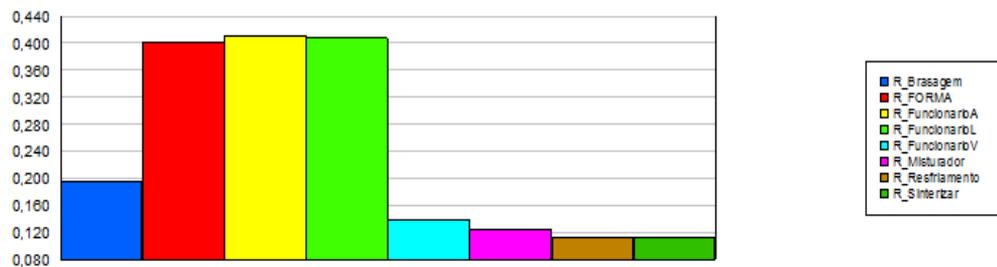


- Experimento 8

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.1957	0,00	0.1891	0.2049
R_FORMA	0.4025	0,00	0.3983	0.4083
R_FuncionarioA	0.4116	0,00	0.4050	0.4211
R_FuncionarioL	0.4073	0,00	0.4040	0.4120
R_FuncionarioV	0.1379	0,00	0.1350	0.1401
R_Misturador	0.1250	0,00	0.1250	0.1250
R_Resfriamento	0.1125	0,00	0.1125	0.1125
R_Sinterizar	0.1118	0,00	0.1114	0.1124

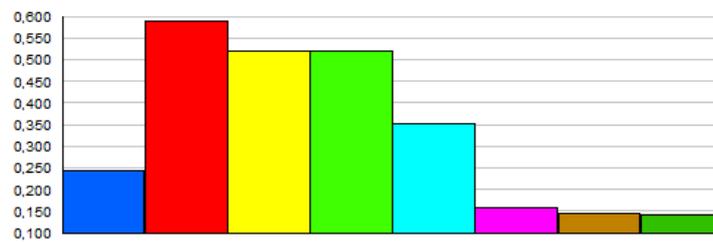


- Experimento 9

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2447	0,00	0.2414	0.2509
R_FORMA	0.5903	0,00	0.5792	0.5938
R_FuncionarioA	0.5207	0,00	0.5150	0.5269
R_FuncionarioL	0.5191	0,00	0.5157	0.5231
R_FuncionarioV	0.3539	0,00	0.3504	0.3567
R_Misturador	0.1597	0,00	0.1597	0.1597
R_Resfriamento	0.1438	0,00	0.1438	0.1438
R_Sinterizar	0.1428	0,00	0.1424	0.1432

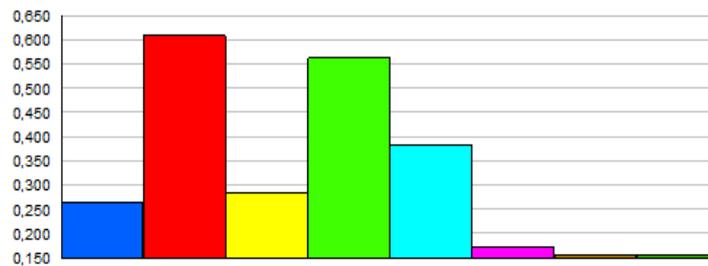


- Experimento 10

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2651	0,00	0.2614	0.2731
R_FORMA	0.6084	0,00	0.6034	0.6127
R_FuncionarioA	0.2826	0,00	0.2789	0.2867
R_FuncionarioL	0.5625	0,00	0.5582	0.5673
R_FuncionarioV	0.3814	0,00	0.3772	0.3863
R_Misturador	0.1732	0,00	0.1732	0.1732
R_Resfriamento	0.1558	0,00	0.1558	0.1558
R_Sinterizar	0.1551	0,00	0.1546	0.1558

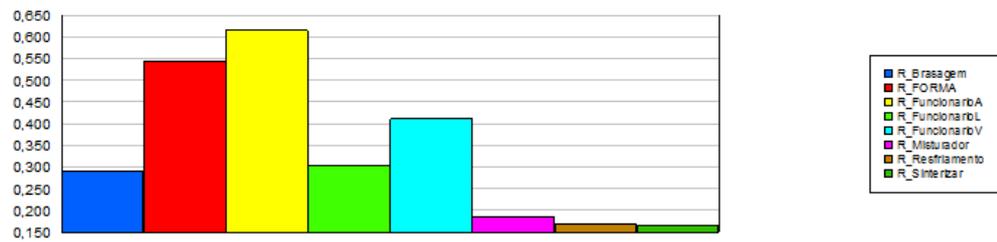


- Experimento 11

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2913	0,01	0.2819	0.3058
R_FORMA	0.5442	0,00	0.5367	0.5509
R_FuncionarioA	0.6151	0,01	0.6039	0.6312
R_FuncionarioL	0.3048	0,00	0.3029	0.3073
R_FuncionarioV	0.4111	0,00	0.4065	0.4141
R_Misturador	0.1864	0,00	0.1864	0.1864
R_Resfriamento	0.1678	0,00	0.1678	0.1678
R_Sinterizar	0.1666	0,00	0.1657	0.1674



- Experimento 12

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
R_Brasagem	0.2579	0,00	0.2536	0.2697
R_FORMA	0.5880	0,00	0.5810	0.5954
R_FuncionarioA	0.5480	0,00	0.5428	0.5603
R_FuncionarioL	0.5476	0,00	0.5423	0.5543
R_FuncionarioV	0.1854	0,00	0.1825	0.1876
R_Misturador	0.1682	0,00	0.1682	0.1682
R_Resfriamento	0.1514	0,00	0.1514	0.1514
R_Sinterizar	0.1505	0,00	0.1496	0.1512

