

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MÊCANICA  
CURSO DE ENGENHARIA MÊCANICA

LUIZ HENRIQUE ALVES COSTA  
RICARDO MAGALHÃES DA SILVA

**PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE NÃO  
CONFORMIDADE EM UMA EMPRESA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

(Tcc2 - Nº de Inscrição - 13)

CURITIBA

2017

LUIZ HENRIQUE ALVES COSTA  
RICARDO MAGALHÃES DA SILVA

**PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE NÃO  
CONFORMIDADE EM UMA EMPRESA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes

CURITIBA

2017

## TERMO DE ENCAMINHAMENTO

Venho por meio deste termo, encaminhar para apresentação a monografia do Projeto de Pesquisa "PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE NÃO CONFORMIDADE EM UMA EMPRESA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO", realizado pelos alunos Luiz Henrique Alves Costa e Ricardo Magalhães da Silva, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes

UTFPR - Damec

Curitiba, 30 de Maio de 2017.

## TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia "PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE NÃO CONFORMIDADE EM UMA EMPRESA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO", realizado pelos alunos Luiz Henrique Alves Costa e Ricardo Magalhães da Silva, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr. Paulo Antonio Reaes  
DAMEC, UTFPR  
Orientador

Prof. Dr. Osvaldo Verussa Junior  
DAMEC, UTFPR  
Avaliador

Prof. Me. Rodrigo Ulisses Garbin da Rocha  
DAMEC, UTFPR  
Avaliador

Curitiba, 07 de Junho de 2017.

## RESUMO

COSTA, Luiz Henrique ; DA SILVA, Ricardo Magalhães. A. Proposta de resolução de problemas de não conformidade em uma empresa de injeção de plástico. Monografia (Engenharia Mecânica) – Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

Neste trabalho realizou-se um estudo de não conformidades identificadas por uma empresa do ramo automobilístico em um de seus fornecedores, que fabrica um conjunto aerodinâmico veicular. Após a realização de uma análise por parte dos profissionais da montadora, verificou-se que o seu fornecedor possuía três problemas os quais foram as principais causas das não conformidades identificadas. As adversidades levantadas foram: contaminação de partículas na pintura, leiaute inadequado e postos de trabalho desorganizados. Para eliminar as não conformidades, a estratégia foi a elaboração de propostas de soluções para cada um dos problemas. Nesse sentido, após a revisão bibliográfica, foi elaborada uma metodologia de solução tendo como referência o planejamento sistemático de leiaute simplificado para problemas de leiaute, 5S para organização dos principais postos de trabalho e aplicação de conceitos de ventilação industrial para controle de contaminantes. Desta forma, para a proposta de novo leiaute, verificou-se que o investimento feito com as modificações será recuperado em aproximadamente 9 meses, considerando o pior cenário. Além disso, com as propostas de organização dos postos de trabalho, estima-se obter uma redução de 11% no tempo do processo de injeção. Por fim, projetou-se um sistema móvel de ventilação local exaustora na origem da contaminação para eliminar o problema na raiz. Assim, esse trabalho gerou uma proposta concreta e viável de leiaute, novos postos de trabalho organizados e a solução do problema de contaminação. Em adição, apresenta ao leitor uma nova metodologia de aplicação do 5S, uma vez que todo o programa de sensores foi desenvolvido a distância.

**Palavras-chaves:** Leiaute, organização, contaminantes, SLP, 5S e ventilação.

## ABSTRACT

COSTA, Luiz Henrique. A.; DA SILVA, Ricardo Magalhães. Proposta de resolução de problemas de não conformidade em uma empresa de injeção de plástico. Monografia (Engenharia Mécânica) – Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

In this paper it will be a study of nonconformities identified by a company in the automotive industry in one of its suppliers, which manufacture a car aerodynamic set. After conducting an analysis by the automaker professionals, it was found that the supplier suffers from problems which are the main causes of non-compliances identified by the company. The problems are: particle contamination in the paint, inappropriate layout and messy workstations. To eliminate those problems, the strategy was the development of proposed solutions for each of them. Therefore, after the literature review, a solution methodology was prepared with reference to the Simplified Systematic Layout Planning to layout problems, 5S for organization of the main workstations, and application of industrial ventilation concepts to control contaminants. Thereby, for the proposed new layout, it was verified that the investment made with the modifications will be recovered in approximately 9 months, considering the worst case scenario. In addition, with the proposed organization of the workstation, a reduction of 11% in the injection process time was obtained. Finally, a mobile exhaust ventilation system was used at the origin of the contamination to eliminate the root problem. Thus, this work generated a concrete and viable proposal of layout, new workstations organized and the solution of the problem of contamination. In addition, it presents the reader with a new 5S application methodology, since the whole sensory program was developed at a distance.

**Keywords:** Layout, organization, contaminants, SLP, 5S and ventilation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Ilustração do Aerokit (1 - LD, 2 - TR, 3 - LE, 4 - DI) .....                              | 3  |
| Figura 2 - Ilustração de sujeira na pintura. ....  | 4  |
| Figura 3 - Ilustração esquemática do fluxo do processo de fabricação na empresa<br>fornecedora. .... | 5  |
| Figura 4 - Ilustração da disposição das ferramentas de trabalho. ....                                | 5  |
| Figura 5 – Divisão da ventilação industrial .....  | 11 |
| Figura 6 - Ventilação Natural.....   | 12 |
| Figura 7 - Exemplo de VGD. ....  | 13 |
| Figura 8 - Exemplos de eficiente VGD .....   | 13 |
| Figura 9 - Exemplo de VLE. ....  | 14 |
| Figura 10 - Exemplo de componentes do VLE. ....  | 15 |
| Figura 11 - Exemplo de Ventilador Centrífugo .....   | 17 |
| Figura 12 - Catálogo Exaustores Radiais .....  | 19 |
| Figura 13 – Ilustração do efeito chaminé em um quarto. ....  | 21 |
| Figura 14 - Exemplo de leiaute de linha de fluxo ou posicional.....                                  | 25 |
| Figura 15 - Exemplo de arranjo <i>Job shop</i> ou funcional .....                                    | 26 |
| Figura 16 - Exemplo de arranjo celular .....   | 26 |
| Figura 17 - Exemplo de posicional .....  | 27 |
| Figura 18 - Variedade e Quantidade determinando o tipo de layout. ....                               | 29 |
| Figura 19 - Etapas da SLP. ....  | 30 |
| Figura 20 - SLP simplificado.....  | 31 |
| Figura 21 - Exemplo de diagrama de relações.....   | 32 |
| Figura 22 - Exemplo de como preencher o diagrama de relações .....                                   | 32 |
| Figura 23 - Exemplo de folha das áreas e características das atividades .....                        | 33 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 24 - Exemplo de diagrama de ligações .....             | 33 |
| Figura 25 - Leiautes em blocos .....                          | 34 |
| Figura 26 - Folha de avaliação das opções.....                | 34 |
| Figura 27 - Leiaute detalhado.....                            | 35 |
| Figura 28 - Etapas da metodologia .....                       | 50 |
| Figura 29 – Leiaute Atual da empresa fornecedora. ....        | 55 |
| Figura 30 – Fluxograma de fabricação do aerokit .....         | 56 |
| Figura 31 – Produto final da etapa 4. ....                    | 57 |
| Figura 32 - Graneato x pintado.....                           | 58 |
| Figura 33 – Diagrama de relações empresa fornecedora. ....    | 61 |
| Figura 34 – Diagrama de ligações da empresa fornecedora.....  | 65 |
| Figura 35 – Proposta com foco em economia.....                | 66 |
| Figura 36 - Painéis de PVC .....                              | 66 |
| Figura 37 – Funcionamento da cortina de ar.....               | 67 |
| Figura 38 - Proposta com foco no uso da área total.....       | 68 |
| Figura 39 – Mezanino com estrutura de aço. ....               | 68 |
| Figura 40 - Proposta com foco no isolamento da pintura. ....  | 69 |
| Figura 41 – Processo de aplicação de massa em uma peça. ....  | 74 |
| Figura 42 - Proposta de organização dos postos 4 ,5 e 6 ..... | 75 |
| Figura 43 - Área de injeção de poliuretano.....               | 77 |
| Figura 44 - Área de injeção de poliuretano.....               | 77 |
| Figura 45 - Proposta de organização da injeção .....          | 79 |
| Figura 46 - Posto de trabalho do rebarbamento.....            | 80 |
| Figura 47 - Posto de trabalho do rebarbamento.....            | 80 |
| Figura 48 - Proposta de organização para o rebarbamento.....  | 81 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 49 - Proposta de organização para polimento e cura.....                                  | 82  |
| Figura 50 - Proposta para o mezanino .....  | 84  |
| Figura 51 - Cartaz do programa 5S.....  | 85  |
| Figura 52 – Disposição dos moldes ao redor das injetoras.....                                   | 88  |
| Figura 53 – VLE móvel para soldagem - Technofiltro ecomático. ....                              | 91  |
| Figura 54 – Posicionamento do VLE móvel na área de injeção .....                                | 92  |
| Figura 55 – Exemplo de painel leve .....  | 95  |
| Figura 56 – Galpão de lona – Visão externa .....  | 96  |
| Figura 57 – Galpão de lona – Visão interna .....  | 96  |
| Figura 58 – Disposição dos exaustores axiais na área da pintura .....                           | 98  |
| Figura 59 – Grades de ar .....  | 99  |
| Figura 60 – Detalhamento da proposta de leiaute.....  | 108 |
| Figura 61 – Detalhamento dos mezaninos.....   | 109 |
| Figura 62 – Principais mudanças da proposta de leiaute.....                                     | 110 |
| Figura 63 – Esquema de fluxo produtivo atual x esquema novo da proposta .....                   | 112 |
| Figura 64 - Aplicação de desmoldante próxima a peças prontas para pintura (peças brancas) ..... | 125 |
| Figura 65 - Áreas de peças prontas não definida.....  | 125 |
| Figura 66 - Mistura de peças sem identificação. ....  | 126 |
| Figura 67 - Área de expedição sem identificação.....  | 126 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Limite de tolerância .....                      | 10 |
| Tabela 2 – Ventiladores axiais .....                       | 16 |
| Tabela 3 - Ventiladores centrífugos.....                   | 17 |
| Tabela 4 - Conceitos 5S.....                               | 37 |
| Tabela 5 - Importância da Cronoanálise .....               | 42 |
| Tabela 6 - Elementos de uma operação.....                  | 43 |
| Tabela 7 – Grau de proximidade ilustrada.....              | 64 |
| Tabela 8 – Número de exaustores para área de pintura ..... | 97 |

## LISTA DE QUADROS

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 1 - Resumo das não conformidades.....  | 6   |
| Quadro 2 - Relação entre tipos de processo e tipos de básicos de arranjo físico ..... | 28  |
| Quadro 3 - Dados de alcançar .....  | 45  |
| Quadro 4 - Dados de movimentar .....  | 46  |
| Quadro 5 - Dados de agarrar .....   | 46  |
| Quadro 6 - Dados de posicionar.....   | 47  |
| Quadro 7 - Dados de desmontar .....   | 47  |
| Quadro 8 - Dados de Girar .....   | 47  |
| Quadro 9 - Dados de soltar .....  | 48  |
| Quadro 10 - Dados de tempo para os olhos.....   | 48  |
| Quadro 11 - Dados DST para coletar e posicionar.....                                  | 49  |
| Quadro 12 - Dados DST de atividades.....  | 49  |
| Quadro 13 – Relações de espaços da empresa fornecedora. ....                          | 63  |
| Quadro 14 – Avaliação dos leiautes.....   | 71  |
| Quadro 15 – FISPQ desmoldante .....   | 87  |
| Quadro 16 – Custos estimados de implementação.....                                    | 94  |
| Quadro 17 – Tempo sintético do processo de injeção com 5S implementado.....           | 103 |
| Quadro 18 – Exemplos de valores de contaminação .....                                 | 127 |

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E ANACRÔNIMOS

|                 |   |
|-----------------|---|
| µm              | Micrometro  |
| ACGIH           | <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i><br>(Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais)                   |
| ANVISA          | Agencia Nacional de Vigilância Sanitária  |
| ASHRAE          | <i>American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering</i> (Sociedade Americana de Engenharia de Refrigeração e Ar Condicionado) |
| ADM             | Administrativo  |
| CFM             | <i>Cubic feet per minute</i> (Pés cúbicos por minuto)   |
| Cn              | Concentração contaminante   |
| CPs             | Custo das propostas   |
| CR              | Custo retrabalho  |
| DI              | Dianteira   |
| DF              | Dupla face  |
| DH              | <i>Dog House</i>  |
| DST             | <i>Design Standard Time</i> (Tempo padrão de projeto)   |
| FD              | Fator de Desvio   |
| FISPQ           | Ficha de informação de segurança de produto químico   |
| EPI             | Equipamento de proteção individual  |
| Est             | Estoque   |
| ft <sup>3</sup> | Pés cúbicos   |
| LD              | Lateral Direita   |
| LE              | Lateral Esquerda  |
| LK              | Lucro-kit   |
| lm              | Fluxo luminoso de lâmpadas (lúmen)  |
| LT              | Limite de Tolerância  |
| LT-MP           | Limite de Tolerância por média ponderada  |
| lux             | Iluminância   |
| m <sup>2</sup>  | Metro quadrado  |
| m <sup>3</sup>  | Metros cúbicos  |
| MAT             | Matrizaria  |
| MDF             | <i>Medium Density Fiberboard</i> (Placa de fibra de média densidade)  |
| MTM             | <i>Methods-Time Measurement</i> (Métodos – Medição de tempo)  |
| n               | Número de lâmpadas  |
| NR              | Norma Regulamentadora   |
| OP              | Operação  |
| PC              | Produção conforme   |
| PNC             | Produção não conforme   |
| ppm             | Partes por milhão   |

|     |   |
|-----|---|
| PVC | <i>Polyvinyl chloride</i> (Policloreto de polivinila)                   |
| Q   | Vazão   |
| RF  | Retorno financeiro  |
| SER | Serralheria   |
| SLP | <i>Systematic Layout Planning</i> (Planejamento sistemático de leiaute) |
| T   | Taxa de renovação   |
| t   | Tempo   |
| TMU | <i>Time Measurement Unit</i> (Unidade de medição de tempo)              |
| TR  | Traseira  |
| TWA | <i>Time Weighted Average</i> – Concentração média diária                |
| UN  | Unidade de negócio  |
| VGD | Ventilação geral diluidora  |
| VLE | Ventilação local exaustora  |
| VM  | Valor Máximo  |
| WCM | <i>World Class Manufacturing</i> (Manufatura Classe Mundial)            |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução .....</b>                       | <b>1</b>  |
| 1.1      | Contexto do tema .....                        | 2         |
| 1.2      | Caracterização do Problema .....              | 2         |
| 1.3      | Objetivos .....                               | 6         |
| 1.3.1    | Objetivo Geral .....                          | 6         |
| 1.3.2    | Objetivos Específicos.....                    | 6         |
| 1.4      | Justificativa .....                           | 7         |
| <b>2</b> | <b>Revisão Bibliográfica.....</b>             | <b>9</b>  |
| 2.1      | Agentes contaminantes .....                   | 9         |
| 2.1.1    | Definição .....                               | 9         |
| 2.1.2    | Cálculo do limite de tolerância .....         | 10        |
| 2.1.3    | Ventilação industrial.....                    | 11        |
| 2.1.4    | Ventiladores – Exaustores .....               | 15        |
| 2.1.5    | Implementação .....                           | 17        |
| 2.2      | Arranjo físico – leiaute .....                | 22        |
| 2.2.1    | Definição .....                               | 22        |
| 2.2.2    | Tipos de leiaute.....                         | 25        |
| 2.2.3    | Tipos de Processos de Fabricação .....        | 27        |
| 2.2.4    | Escolha de leiaute.....                       | 28        |
| 2.2.5    | Implementação de leiaute.....                 | 29        |
| 2.3      | Organização do posto de trabalho .....        | 35        |
| 2.3.1    | Definição 5S.....                             | 36        |
| 2.3.2    | Aplicação.....                                | 37        |
| 2.3.3    | Benefícios do 5S.....                         | 38        |
| 2.4      | Viabilidade econômica.....                    | 39        |
| 2.5      | Estudo de tempos.....                         | 40        |
| 2.5.1    | Definição .....                               | 40        |
| 2.5.2    | Cronoanálise .....                            | 41        |
| 2.5.3    | Tempo Sintético .....                         | 44        |
| <b>3</b> | <b>Metodologia.....</b>                       | <b>50</b> |
| 3.1      | Descrição da Metodologia .....                | 50        |
| 3.1.1    | Proposta de leiaute .....                     | 51        |
| 3.1.2    | Proposta de Posto de trabalho .....           | 51        |
| 3.1.3    | Proposta para controle de contaminantes ..... | 52        |
| 3.2      | <i>Payback</i> e estudo de tempos .....       | 52        |
| 3.3      | Produtos do Projeto .....                     | 53        |
| <b>4</b> | <b>Desenvolvimento.....</b>                   | <b>54</b> |
| 4.1      | Considerações iniciais .....                  | 54        |
| 4.2      | Fluxograma de produção.....                   | 57        |
| 4.3      | Estudo de leiaute .....                       | 59        |
| 4.3.1    | Diagrama de relações.....                     | 59        |
| 4.3.2    | Necessidade de espaços.....                   | 62        |
| 4.3.3    | Diagrama de ligações .....                    | 64        |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.3.4 | Elaboração das propostas .....                                | 65  |
| 4.3.5 | Avaliação das propostas .....                                 | 69  |
| 4.3.6 | Detalhamento da proposta.....                                 | 72  |
| 4.4   | Estudo dos postos de trabalho .....                           | 72  |
| 4.4.1 | Registro da situação atual dos principais setores .....       | 72  |
| 4.4.2 | Proposta de organização dos postos .....                      | 72  |
| 4.4.3 | Nova área – Mezanino área de pintura .....                    | 83  |
| 4.4.4 | Elaboração do cartaz 5S.....                                  | 84  |
| 4.4.5 | Equipe de fiscalização .....                                  | 86  |
| 4.5   | Estudo de contaminantes .....                                 | 86  |
| 4.5.1 | Análise do desmoldante.....                                   | 86  |
| 4.5.2 | Estudo da área de injeção .....                               | 88  |
| 4.5.3 | Análise de fatores pertinentes .....                          | 89  |
| 4.5.4 | Proposta de um sistema de controle da contaminação.....       | 89  |
| 4.5.5 | Consulta com fabricantes .....                                | 90  |
| 4.6   | Custo de implementação.....                                   | 92  |
| 4.7   | <i>Payback</i> .....  | 100 |
| 4.8   | Estudo de tempos.....   | 102 |
| 5     | Resultados e discussões.....                                  | 104 |
| 5.1   | Discussões do projeto .....                                   | 104 |
| 5.2   | Comparativo entre o leiaute atual e o da nova proposta.....   | 107 |
| 6     | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                    | 114 |
|       | Referências .....   | 118 |
|       | ANEXO A – Fotos da empresa FORNECEDORA .....                  | 125 |
|       | ANEXO B – NR15 .....  | 127 |
|       | ANEXO C – Tabela ASHRAE.....                                  | 129 |
|       | ANEXO D – Catálogo de exaustores axiais Ventisilva 2016 ..... | 131 |

# 1 INTRODUÇÃO

As organizações estão cada vez mais preocupadas com seus processos internos, que devem ser voltados aos clientes, uma vez que não basta ter apenas o menor custo. Atualmente, existe uma grande preocupação com a qualidade dos produtos e serviços oferecidos. Segundo Hunt (1996) os processos são meios de agregar valor aos produtos e serviços para atender as necessidades do cliente. Com isso, é importante que essas atividades auxiliem na redução de custos, melhoria de qualidade, maior confiabilidade, flexibilidade e competitividade.

O termo “manufatura classe mundial”, em inglês *World Class Manufacturing* (WCM), foi apresentado por Hayes e Wheelwright (1984) para descrever as estratégias desenvolvidas pelos alemães e japoneses visando competir nos mercados de exportação. Para Schonberger (1986), classe mundial significa ser o maior, o mais rápido e o mais forte, podendo ser a melhoria mais rápida e contínua que pode ser aplicada em todos os setores da empresa. Voss e Blackmon (1993) comentam que o desempenho operacional é discutido como o fator principal para a competitividade e desempenho da empresa e a realização de boas práticas operacionais levam para a melhoria da produtividade.

Um fator importante nos processos operacionais internos é o arranjo físico da fábrica, chamado de leiaute, que influencia diretamente na programação e controle da produção. Também está ligado ao custo de produção, devido à movimentação de material, produtos e pessoas, aproveitamento do espaço físico e melhoria nas condições de trabalho. A implantação de um leiaute eficiente visa qualidade e competitividade (TOMPKINS *et al.*, 2010).

Outro fator é a organização dos postos de trabalho, que além de influenciar diretamente no tempo de cada processo, também tem grande importância na qualidade da operação, pois busca reduzir perdas e aperfeiçoar a qualidade e produtividade com a contínua ordem na área de trabalho (BAYO-MORIONES, *et al.*, 2010).

O presente trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro tem, além da introdução, a contextualização do tema, caracterização do problema, objetivos e justificativa. Em seguida é apresentado um referencial teórico que serviu como base para o terceiro capítulo de metodologia. O quarto capítulo trata dos aspectos

operacionais, o quinto apresenta os resultados e discussões e no último se faz um resumo sintético de todas as etapas e se destacaram as principais conclusões tiradas.

### **1.1 Contexto do tema**

A indústria montadora, tratada desta forma por questões de confidencialidade, é do setor automobilístico que atua no ramo há mais de 80 anos. Sua base de decisão é focada no cliente tendo como objetivo a fidelização e máxima rentabilidade para a empresa e seus clientes.

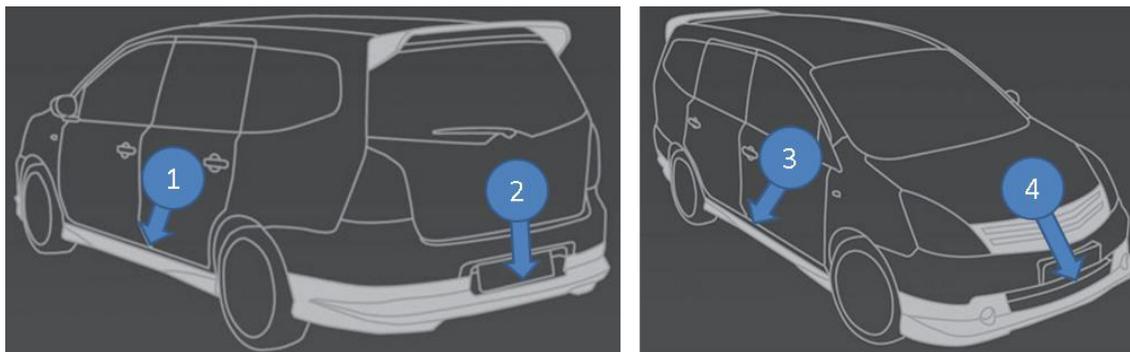
Na busca constante por novos consumidores, a empresa montadora vem lançando novos produtos de modo a estar alinhada com as necessidades do mercado e ser competitiva. Para que isto ocorra, os produtos lançados precisam ter qualidade superior com um custo acessível para a superar as expectativas do cliente.

Para que seus produtos sejam rentáveis, a empresa montadora conta com mais de 7000 fornecedores em sua cadeia produtiva visando o menor custo de fabricação dos seus veículos. Embora a busca pelo menor custo seja uma tarefa desafiadora, ela se torna ainda mais difícil quando a qualidade rege este processo.

### **1.2 Caracterização do Problema**

Dentre os fornecedores da empresa montadora, se tem a empresa fornecedora (também tratada de forma genérica por questão de confidencialidade) que fabrica um conjunto aerodinâmico chamado de aerokit, o qual é composto de quatro peças: Dianteira “DI”, traseira “TR”, lateral esquerda “LE” e lateral direita “LD”. Os aerokits são feitos de plástico e quando prontos, são embalados e enviados para a fábrica fornecedora para instalação em seus veículos.

Na Figura 1 a seguir, as peças brancas destacadas pelas setas mostram os componentes de um aerokit montado em um carro genérico.



**Figura 1 - Ilustração do Aerokit (1 - LD, 2 - TR, 3 - LE, 4 - DI)**

**Fonte: Tan (2017).**

Em 2015, a empresa montadora solicitou 4000 peças para a montagem em seus produtos. Durante todo o período de instalação, várias peças foram entregues pela empresa fornecedora com alguma não conformidade<sup>1</sup>, gerando um gasto de aproximadamente 60 mil reais com contramedidas em 4 meses.

Com a intenção de reduzir a quantidade de peças não conformes entregues, a empresa montadora disponibilizou um engenheiro mecânico e um químico industrial para realizar um levantamento dos problemas presentes na empresa fornecedora. O estudo foi feito no primeiro semestre de 2016 e teve a duração de 1 mês. As ferramentas usadas para a detecção dos problemas foram baseadas na análise em observações e experiências que ambos os profissionais possuem. Dentre vários problemas encontrados, este trabalho terá foco em somente três:

- A. Ambiente de pintura contaminado por partículas de sujeira
- B. Alto tempo de processo devido leiaute desorganizado
- C. Desorganização do setor de trabalho.

Das 4000 peças fornecidas, aproximadamente 2400 (60%) possuíam alguma não conformidade relacionada aos problemas A, B e C que serão descritos a seguir:

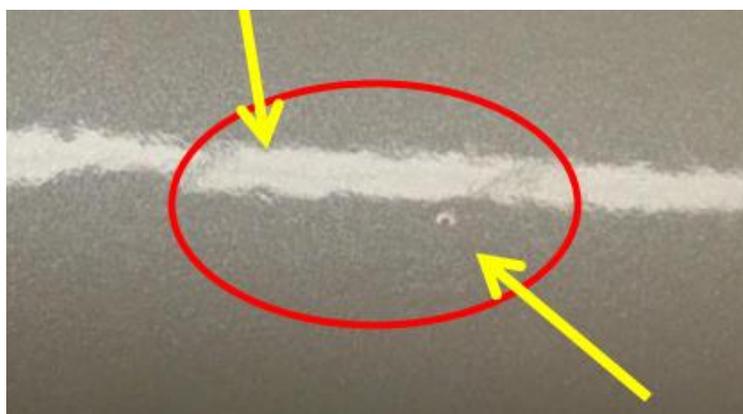
---

<sup>1</sup> Não conformidade: Qualquer evento ou característica que saia do padrão e suas tolerâncias. Fonte: Os autores (2017).

### A. Ambiente de pintura contaminado por partículas de sujeira

Próximo a cabine de pintura da empresa fornecedora, ocorre a aplicação do desmoldante nos moldes de injeção que é borrifado nos moldes antes da injeção para fácil extração das peças depois de injetadas. Ao borrifar o desmoldante, partículas ficam suspensas no ar que acabam se depositando nas superfícies dentro da fábrica, inclusive em peças que estão prontas para pintura. Uma vez contaminadas, as impurezas só são notadas após o processo de secagem da pintura.

Esse problema resultou em 1600 peças (40%) com não conformidade. Pode-se observar o resultado dessa contaminação em uma peça pronta na Figura 2:

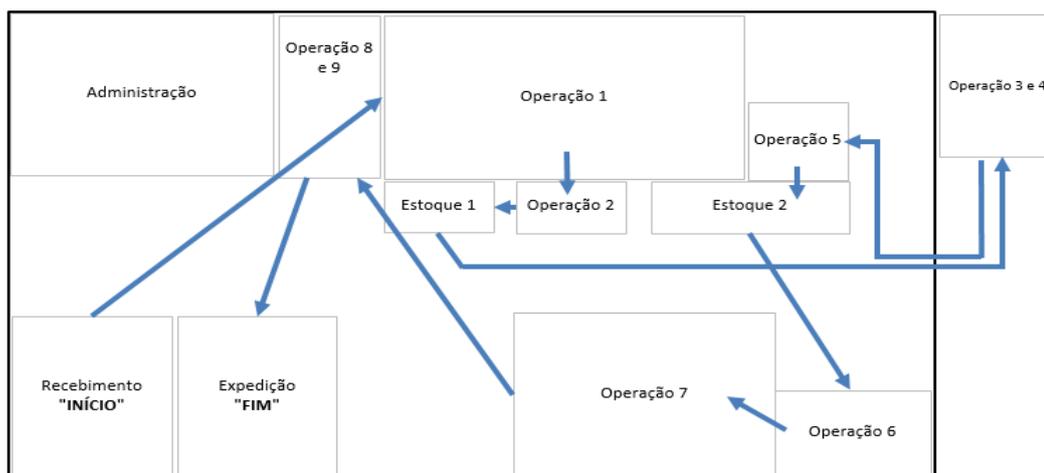


**Figura 2 - Ilustração de sujeira na pintura.**  
**Fonte: Empresa montadora (2015).**

Na imagem acima, a faixa branca é apenas o reflexo da iluminação na foto. As setas amarelas indicam os pontos de contaminação na pintura.

### B. Alto tempo de processo

Outro ponto tratado é o fluxo de produção dentro da fábrica. Na área fabril, a peça não segue um caminho lógico, há vários deslocamentos de ida e volta agregando ainda mais o tempo de fabricação. Esse alto tempo de produção causou uma não conformidade de prazo de entrega de 600 unidades (15%) durante a série especial. Na Figura 3 há um modelo esquemático do fluxo que a peça percorre durante toda sua fabricação:



**Figura 3 - Ilustração esquemática do fluxo do processo de fabricação na empresa fornecedora.**  
**Fonte: Os autores (2016).**

### **C. Desorganização do posto de trabalho.**

Por fim, não há uma organização das ferramentas e do posto de trabalho. Isso resulta em eventuais perdas de ferramentas aumentando desnecessariamente o tempo de processo. Além disso, não existem áreas específicas para as peças antes e depois de cada processo. Com isso, o operador pega a peça que está mais próxima para realizar sua operação, sem a certeza de que peça estava pronta para tal. Isso contribuiu para um atraso na entrega de 200 acessórios (5%). Nas imagens da Figura 4 a seguir pode-se observar a disposição desorganizada das ferramentas e do posto de trabalho:



**Figura 4 - Ilustração da disposição das ferramentas de trabalho.**  
**Fonte: Empresa montadora (2015)**

Mais fotos da empresa fornecedora podem ser encontradas no Anexo A deste trabalho.

Pode-se resumir o descrito no Quadro 1 a seguir:

**Quadro 1 - Resumo das não conformidades**

| <b>Não Conformidade</b>                | <b>Porcentagem correspondente</b> |
|--|-----------------------------------|
| Contaminação por partículas de sujeira | 40%                               |
| Alto tempo de processo                 | 15%                               |
| Desorganização do posto de trabalho    | 5%                                |

Fonte: Os autores (2016).

O quadro acima resume os principais problemas, ajudando na definição dos objetivos gerais e específicos deste trabalho.

### **1.3 Objetivos**

Os objetivos deste trabalho estão divididos em objetivo geral e específico.

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Propor melhorias no processo de fabricação dos aerokits em uma indústria de injeção de poliuretano para diminuir a quantidade de peças entregues com defeito, buscar um aprimoramento da qualidade e elidir atrasos na entrega das peças.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar revisão bibliográfica sobre os temas abordados: Contaminação, redução de fluxo de material no leiaute e organização dos postos de trabalho;
- Sugerir uma solução para o problema de contaminação na pintura das peças;
- Propor um novo leiaute, aplicando melhorias identificadas;
- Propor uma organização nos postos de trabalho

#### 1.4 Justificativa

Com o sucesso das vendas dos aerokits, a empresa montadora estuda disponibilizar esse item como opcional nas concessionárias a partir de 2017 e também montar mais versões de veículos que sairão de fábrica com o kit montado. A estimativa de venda da empresa montadora é cerca de 240 kits por mês que serão destinados para instalação na própria montadora. Além disso, também serão disponibilizados como acessório nas concessionárias. Com isso, o kit representará mais de 20% da produção mensal da empresa fornecedora. Desse modo, os problemas de produção mencionados devem ser minimizados uma vez que o aerokit terá grande importância financeira para ambas empresas.

A ideia deste estudo partiu da gerência do setor de pós-vendas da empresa montadora, preocupada com o custo de garantia e com a qualidade das peças entregues. Além do custo, a entrega de peças não-conforme gera prejuízos para a imagem da empresa montadora com seus clientes, uma vez que ela tem como diferencial a qualidade dos seus produtos.

Além disso, o presente estudo engloba diversas disciplinas ministradas durante a formação do engenheiro mecânico, tais como: gestão de produção, logística e qualidade.

Em contrapartida, a realização deste trabalho irá complementar a formação dos alunos envolvidos no que diz respeito à área de engenharia de produção. Esta área é um dos diversos ramos de atuação do engenheiro mecânico e todos os conceitos aqui abordados poderão ser aplicados em futuras oportunidades.

No campo da engenharia de produção, realizar um estudo de leiaute e organização dos centros de trabalho baseado na literatura demandará um intenso estudo e dedicação. Todo o processo de coleta dos dados, interpretação e apresentação das soluções serão valiosos aos participantes e aos leitores deste trabalho.

A aplicação deste estudo dependerá da decisão gerencial da empresa fornecedora, pois esta escolha envolve outros fatores que não são escopo deste trabalho.

Resumidamente, este trabalho trará benefícios para os autores, as empresas parceiras e os leitores descritos a seguir

#### Benefícios para os autores

- Aplicação dos conceitos abordados nas disciplinas de gestão da produção;
- Melhor entendimento da aplicação da engenharia de Produção;
- Obtenção de conhecimentos específicos no dimensionamento de leiaute, organização dos postos de trabalho, estudos de tempo e ventilação industrial;

#### Benefícios para as empresas parceiras:

- Eliminação de não conformidades de atraso de entrega e impurezas na pintura;
- Otimização do fluxo de peças dentro do fornecedor;
- Eliminação dos gastos com garantia pela a empresa montadora;
- Cortes de retrabalhos na empresa fornecedora, na empresa montadora e em suas concessionárias;
- Aumentar a rentabilidade por cada aerokit fabricado.

#### Benefícios para o leitor:

- Introduzir conceitos da literatura referentes ao planejamento de leiaute, organização de postos de trabalho, estudo de tempo e ventilação industrial;
- Oferecer uma visão pratica dos conceitos abordados nas disciplinas de engenharia da produção, buscando a melhor compreensão dos processos e critérios utilizados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica sobre alguns conceitos é essencial para formar a base para este projeto. Baseado na caracterização dos problemas e nos objetivos traçados, os conceitos abordados são os agentes contaminantes, o layout e a organização dos postos de trabalho. Além disso, é realizada também uma revisão sobre o retorno financeiro e o estudo de tempos que são aspectos importantes na obtenção dos resultados e na sua avaliação.

### 2.1 Agentes contaminantes

Neste tópico são definidos os agentes contaminantes e os tipos de ventilação industrial.

#### 2.1.1 Definição

Para Lisboa (2007) as substâncias particuladas produzidas pelos processos de fabricação podem ser na forma de partículas líquidas ou sólidas (aerossóis), na forma gasosa (gases e vapores) ou de forma mista sendo a combinação das duas. Além do tipo de partícula, o tamanho delas é importante, pois influenciam nas características dos poluentes sendo considerados no dimensionamento de sistemas de purificação.

Partículas maiores que  $40 \mu\text{m}^2$  de diâmetro, denominadas grosseiras, se depositam no meio após a emissão. Geralmente, estas partículas não causam problemas de saúde sendo somente seu formato aerodinâmico importante para seu estudo.

Dentre as partículas menores, as inferiores a  $10 \mu\text{m}$ , aumentam a probabilidade de penetração no aparelho respiratório, podendo causar danos à saúde dependendo da toxicidade, da quantidade e do tempo de exposição.

Para Valle Pereira Filho e Melo (1992 *apud* Costa, 2005) os contaminantes são substâncias indesejáveis na área fabril. Além de seus efeitos tóxicos para o ser humano, podem gerar prejuízos para outros processos produtivos, como por

---

<sup>2</sup>  $\mu\text{m}$  = micrometros ( $10^{-6}$  m) (Webcalc, 2000).

exemplo, a deposição de partículas em instalações de pintura ou em peças prontas para pintura. Por razões práticas, a palavra contaminante é utilizada no meio científico para referenciar o estudo da eliminação de substâncias indesejáveis em ambientes. Assim, o conhecimento do limite de tolerância é vital para projetos de sistemas de controle da poluição.

### 2.1.2 Cálculo do limite de tolerância

A Norma Regulamentadora 15 (NR-15) mostra limites de tolerância para muitos compostos químicos, em partes por milhão [ppm] ou miligramas por metro cúbico [mg/m<sup>3</sup>] sendo melhor exemplificado com alguns exemplos no Anexo B deste trabalho. Nesta norma, há também a fórmula para cálculo do valor máximo (VM) o qual a concentração de um composto químico não deve ultrapassá-lo e é expresso pela seguinte equação:

$$VM = LT * FD \quad (1)$$

LT é conhecido como “Limite de tolerância”, valor extraído da tabela de compostos da NR 15 (Anexo B) e FD como “Fator de desvio” é uma forma de correção que dá um desvio mais grosseiro para contaminantes com menor LT e vice-versa:

**Tabela 1 – Limite de tolerância**

| LT<br>(ppm ou<br>mg/m <sup>3</sup> ) | FD   |
|--------------------------------------|------|
| 0-1                                  | 3    |
| 1-10                                 | 2    |
| 10-100                               | 1,5  |
| 100-1000                             | 1,25 |
| Maior que 1000                       | 1,1  |

**Fonte: NR 15 (2015).**

O VM indica de maneira rápida se há um risco devido a emissão de um contaminante em um ambiente.

De Oliveira (2006) cita que para situações onde há mais de um contaminante, faz-se necessário verificar o efeito cumulativo delas. Pelo simples fato de não ser possível especificar o VM de uma mistura, determina-se o efeito desses contaminantes através da soma das concentrações pelo seu limite de tolerância usando a seguinte fórmula:

$$\frac{C1}{LT1} + \frac{C2}{LT2} + \frac{C3}{LT3} + \dots + \frac{Cn}{LTn} \leq 1 \quad (2)$$

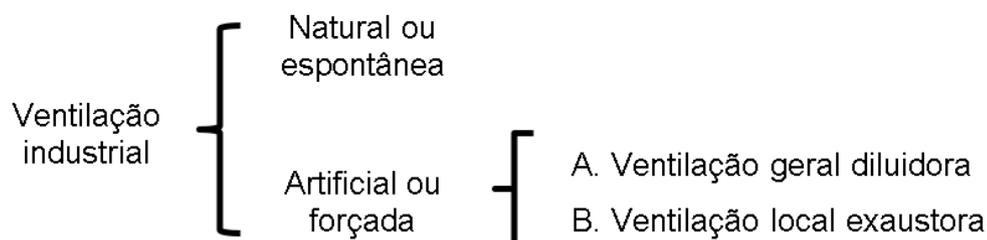
Onde “C” é a concentração do contaminante e “LT” é o limite de tolerância.

Uma vez definida a quantidade presente do contaminante, faz se necessário o uso de um sistema de ventilação para controle da poluição em um ambiente.

### 2.1.3 Ventilação industrial

Lisboa (2007) descreve que a ventilação industrial é uma técnica bastante eficiente para o controle da poluição do ar em fábricas. Seu adequado uso promove a diluição ou extração de substâncias nocivas ou incômodas, de forma a atender também as exigências da legislação. O objetivo desta técnica é o controle da concentração dos contaminantes bem como remoção de calor industrial tornando o ambiente salubre.

De modo geral, Costa (2005) divide a ventilação em dois conceitos: Ventilação natural ou espontânea e artificial ou forçada ilustrado na Figura 5.



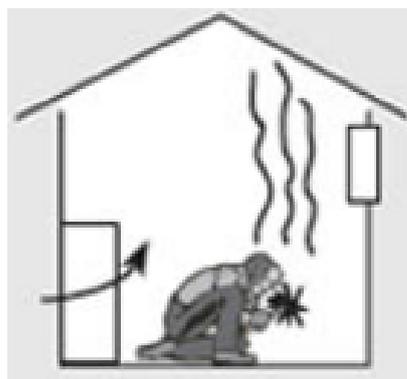
**Figura 5 – Divisão da ventilação industrial**

**Fonte: Os autores (2017).**

- **Ventilação natural ou espontânea**

A ventilação natural ou espontânea ocorre devido a diferença de pressão natural originados pelos ventos e variação de temperatura das superfícies do ambiente.

Do ponto de vista de Macintyre (1990 *apud* Costa, 2005), a ventilação natural proporciona a entrada e saída de ar de forma controlada e intencional devido as aberturas presentes (portas e janelas). Geralmente, as aberturas dos ambientes são consideradas na execução de projetos de engenharia civil, levando em conta que o fluxo de ar depende da variação de pressão no interior do ambiente em relação ao exterior e a resistência a passagem de ar pelas aberturas. A Figura 6 ilustra o comportamento da ventilação natural.



**Figura 6 - Ventilação Natural**  
**Fonte: Runnion (2010)**

Na imagem anterior tem-se um exemplo de um soldador trabalhando em um ambiente fechado. A seta representa a entrada de ar por uma porta e as linhas irregulares a geração de contaminantes do processo de soldagem. Nota-se que não há uma remoção adequada dos fumos gerados.

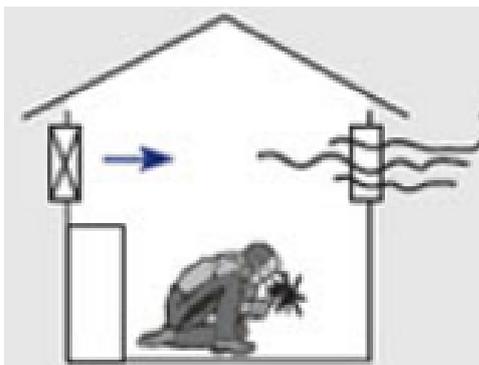
- **Ventilação artificial ou forçada**

Macintyre (1990 *apud* Costa, 2005) também explica que a ventilação artificial se baseia no uso da força gerada por elementos mecânicos, provocando o deslocamento de uma massa de ar. Esta, por sua vez, está dividida em: Ventilação geral diluidora (VGD) e ventilação local exaustora (VLE).

**A. Ventilação geral diluidora (VGD)**

Mesquita *et al.* (1988 *apud* Costa, 2005) define que a ventilação geral diluidora reduz a concentração de contaminantes, insuflando ou exaurindo os poluentes no ar limpo, diluindo-os antes de serem retirados do ambiente. A

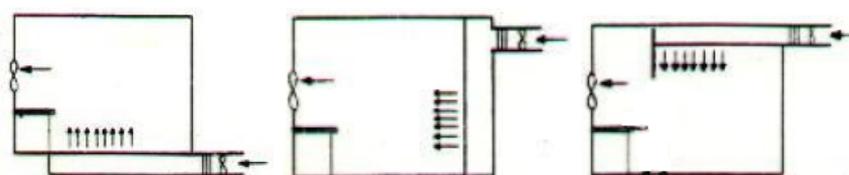
VGD não impede a emissão de agentes contaminantes no ambiente de trabalho sendo adequada em condições em que os poluentes não estejam em concentrações elevadas, sejam gerados de maneira uniforme e de baixa toxicidade. A Figura 7 ilustra o comportamento da ventilação geral diluidora.



**Figura 7 - Exemplo de VGD.**  
Fonte: Runnion (2010)

Na figura anterior, os fumos gerados pelo soldador são direcionados para fora do ambiente indicado pela seta azul.

De Oliveira (2006), baseando nos conceitos da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), indica que o posicionamento dos exaustores e de pontos de insuflamentos são vitais para a maior eficiência da VGD.

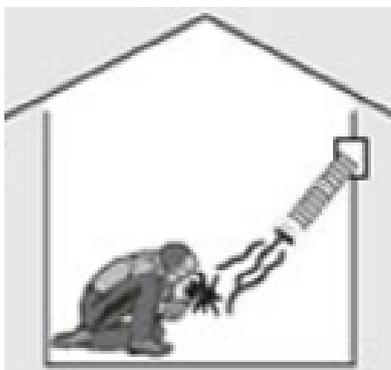


**Figura 8 - Exemplos de eficiente VGD**  
Fonte: De Oliveira (2006)

As imagens da Figura 8 ilustram sugestões do posicionamento dos ventiladores, representados pelas setas únicas, e das entradas de ar indicadas pelas várias setas em um ambiente.

## B. Ventilação local exaustora (VLE)

Segundo Costa (2005), a ventilação local exaustora remove o agente contaminante mecanicamente em sua origem antes de se espalhar pelo ambiente. O funcionamento baseia-se na captura do poluente através de uma corrente de ar com velocidade determinada (velocidade de captura). A corrente de ar é criada por elementos mecânicos, chamados de ventiladores que são responsáveis também pelo transporte do contaminantes pelo ar. A Figura 9 destaca o comportamento da ventilação local exaustora.



**Figura 9 - Exemplo de VLE.**  
**Fonte: Runnion (2010)**

Na imagem anterior, os fumos da soldagem são captados diretamente na fonte geradora.

De Oliveira (2006) comenta que o principal objetivo da VLE é a proteção da saúde do trabalhador, pois captura os agentes contaminantes antes que se dispersem no ar e sejam inalados pelos operadores.

Mesquita *et al.* (1988 apud Costa, 2005) acreditam que a VLE contribui para o bem-estar, eficiência e segurança do trabalho. Esse sistema tem um papel importante, pois deve captar, conduzir e reter os elementos poluentes pelos seus componentes.

Assunção (1989 apud Costa, 2005) descreve o VLE em cinco partes na Figura 10:

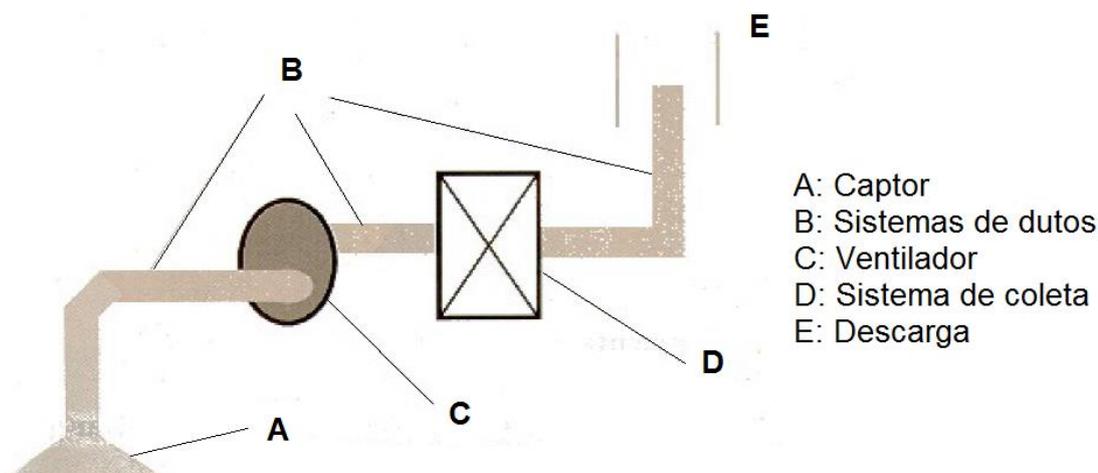


Figura 10 - Exemplo de componentes do VLE.

Fonte: Sobrinho (2017)

- A. Captor:** Componente no qual os gases são sugados;
- B. Sistema de dutos:** Elementos que conduzem os gases captados;
- C. Ventilador ou exaustor:** Elemento mecânico para deslocamento de gases através da diferença de pressão entre o captor e a saída do sistema (descarga);
- D. Sistema de coleta:** Equipamento que retém os agentes contaminantes para não serem expelidos para a atmosfera.
- E. Descarga:** Parte final do sistema que lança para o meio o ar capturado filtrado do sistema de coleta.

O projeto da VLE deve estar dentro dos conceitos da engenharia, tendo sempre como objetivo principal a segurança do operador e as demais metas devem estar relacionadas a este objetivo (MESQUITA *at el.* (1988 *apud* COSTA, 2005)).

#### 2.1.4 Ventiladores – Exaustores

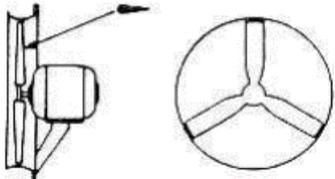
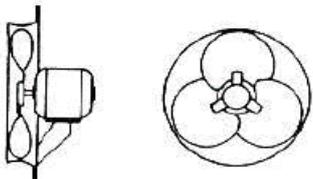
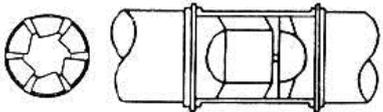
Vaz Junior (2015) define o ventilador como o equipamento responsável por fornecer energia ao ar com a finalidade de movimentá-lo através de um sistema de ventilação a nele acoplado. O ventilador é projetado de modo a vencer as perdas do sistema, levando em conta sua armação, posição e forma das hélices.

Os ventiladores são divididos em grupos axiais e centrífugos, conforme a seguir:

### I. Ventiladores Axiais

Os ventiladores axiais seguem um conceito de uma hélice montada em uma estrutura com o seu motor apoiado por suportes presos à armação. O ventilador axial é projetado para movimentar o ar a pressões estáticas relativamente baixas. A Tabela 2 ilustra alguns modelos.

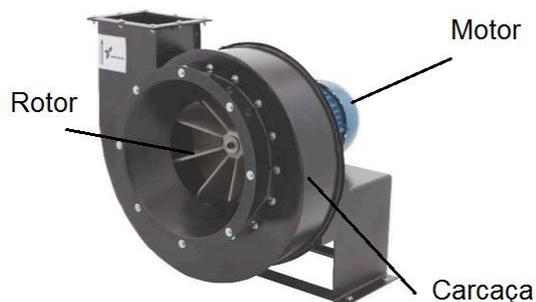
Tabela 2 – Ventiladores axiais

| Modelo de ventilador |   | Características  |
|----------------------|---|--|
| Axial Propulsor      |   | Modelo ideal para movimentar grandes volumes de ar em baixas pressões.   |
| Axial Comum          |  | <p>Possibilidade de utilização em altas pressões.</p> <p>Não deve ser usado em ambientes onde haja erosão ou corrosão.</p> |
| Turbo-Axial          |  | Ventilador propulsor, com pás mais grossas e largas, sendo possível a instalação em tubos.                                 |

Fonte: Vaz Junior (2015)

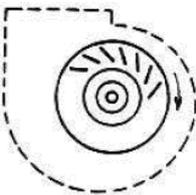
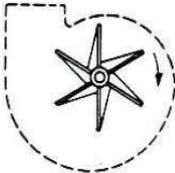
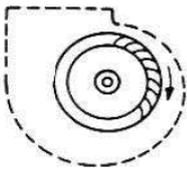
### II. Ventiladores Centrífugos

Um ventilador centrífugo é composto de um rotor, uma carcaça de conversão de pressão e um motor. O ar flui pelo centro do ventilador, é acelerado pelas palhetas do rotor e impulsionado para fora pela abertura da descarga da carcaça. A Figura 11 e Tabela 3 ilustram e descreve alguns modelos respectivamente.



**Figura 11 - Exemplo de Ventilador Centrífugo**  
**Fonte: Catálogo Ventisilva (2016)**

**Tabela 3 - Ventiladores centrífugos**

| Modelo de ventilador                 |   | Características  |
|--------------------------------------|---|--|
| Centrifugo<br>o - Pás<br>para Trás   |   | Alta eficiência, silencioso e autolimitação de potência (Trabalhando em potência máxima, não se sobrecarrega com mudanças dos dutos).      |
| Centrifugo<br>o - Pás<br>Radiais     |  | Robusto, ideal para trabalhos pesados e transportar poeiras grandes, pegajosas ou corrosivas.<br><br>Possui baixa eficiência e alto ruído. |
| Centrifugo<br>o - Pás<br>para Frente |  | Mais eficiente, maior capacidade exaustora em baixas rotações.<br><br>Não indicado para trabalhos de alta pressão e altas cargas.          |

**Fonte: Vaz Junior (2015)**

### 2.1.5 Implementação

De Oliveira (2006) comenta que em casos em que não é possível, ou não viável, a utilização de VLE, a uso da VGD pode ser uma boa escolha desde que algumas condições sejam atendidas:

- O poluente gerado deve estar em quantidades suficiente para ser diluída com um adequado volume de ar;

- A distância dos trabalhadores ao ponto de geração do contaminante deve ser suficiente a não ultrapassar os valores limites de exposição;
- A toxicidade do contaminante deve ser menor que  $LT > 500$  ppm;
- O poluente deve ser gerado de forma razoavelmente uniforme;

De forma simplificada, Santoro (2016) sugere que o dimensionamento de sistema de exaustão deve levar em conta o volume do ambiente, a taxa de renovação do ar e a vazão do exaustor. Para a implementação, faz-se necessário a revisão de dois conceitos Vazão (Q) e Taxa de renovação de ar (T).

Segundo Vaz Junior (2015), a vazão conhecida pela letra “Q” é o volume de ar que se deslocou em um ambiente por unidade de tempo, esse conceito pode ser expresso pela equação (3):

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Onde “V” é o volume em “m<sup>3</sup>” (metros cúbicos) ou “ft<sup>3</sup>” (pés cúbicos) e o “t” o tempo em horas “h” ou minutos “min”, sendo a vazão nas unidades de metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h) ou pés cúbicos por hora (ft<sup>3</sup>/min), também escrita como CFM (*cubic feet per minute*).

Para De Oliveira (2006) A taxa de renovação de ar “T” é quantidade de trocas de ar de um ambiente em uma unidade de tempo.

$$T = \frac{Q}{V} \quad (4)$$

Onde “T” é taxa de renovação em 1/h ou 1/min, “Q” a vazão e “V” o volume.

De Oliveira (2006) também comenta que a *American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering* (ASHRAE) sugere o valor da taxa de troca de acordo o ambiente e ocupação para várias situações. A Tabela 4 mostra valores para alguns ambientes. Mais informações podem ser encontradas no Anexo C.

Tabela 4 - Tabela ASHRAE

| Área Funcional         | Taxa de Renovação<br>(Trocas por hora) | Ft <sup>3</sup> /min<br>(Por pessoa) |
|------------------------|--|--------------------------------------|
| Auditórios             | 10-12                                  | 10                                   |
| Fundições              | 5-20                                   | -                                    |
| Salas de depósito      | 2-15                                   | -                                    |
| Pequenas oficinas      | 8-12                                   | -                                    |
| Garagens               | 6-10                                   | -                                    |
| Soldas a arco voltaico | 18-22                                  | -                                    |

Fonte: De Oliveira (2006)

O limite superior da faixa é recomendado para remover calor e vapor em zonas temperadas. Para climas quentes, próximo à linha do equador é indicado o dobro dos valores da Tabela 4.

A vazão dos exaustores pode ser obtida via catálogo de fabricante, apresentando alguns modelos do fabricante Ventisilva na Figura 12:



| Modelo    | Dímetro | Tensão            | Potência | Rotação  | Vazão                   | Pressão | Ruído  | Frequência | Peso Líquido |
|-----------|---------|-------------------|----------|----------|-------------------------|---------|--------|------------|--------------|
| E30 - MTR | 300 mm  | 127 / 220 V       | 1 / 2 HP | 1750 RPM | 46 m <sup>3</sup> /min  | 11 mmca | 74 dBA | 60 Hz      | 20,5 Kg      |
| E30 - TTR | 300 mm  | 220 / 380 / 440 V | 1 / 2 HP | 1700 RPM | 46 m <sup>3</sup> /min  | 11 mmca | 74 dBA | 60 Hz      | 15,5 Kg      |
| E40 - MTR | 400 mm  | 127 / 220 V       | 3 / 4 HP | 1735 RPM | 80 m <sup>3</sup> /min  | 20 mmca | 82 dBA | 60 Hz      | 26,0 Kg      |
| E40 - TTR | 400 mm  | 220 / 380 / 440 V | 3 / 4 HP | 1750 RPM | 80 m <sup>3</sup> /min  | 20 mmca | 82 dBA | 60 Hz      | 19,4 Kg      |
| E50 - MTR | 500 mm  | 127 / 220 V       | 2 HP     | 1750 RPM | 155 m <sup>3</sup> /min | 26 mmca | 90 dBA | 60 Hz      | 45,4 Kg      |
| E50 - TTR | 500 mm  | 220 / 380 / 440 V | 2 HP     | 1750 RPM | 155 m <sup>3</sup> /min | 26 mmca | 90 dBA | 60 Hz      | 42,0 Kg      |
| E60 - MTR | 600 mm  | 127 / 220 V       | 3 HP     | 1750 RPM | 255 m <sup>3</sup> /min | 42 mmca | 94 dBA | 60 Hz      | 53,0 Kg      |
| E60 - TTR | 600 mm  | 220 / 380 / 440 V | 3 HP     | 1730 RPM | 255 m <sup>3</sup> /min | 42 mmca | 94 dBA | 60 Hz      | 51,5 Kg      |

T - TRIFÁSICO M - MONOFÁSICO

Figura 12 - Catálogo Exaustores Radiais

Fonte: Ventisilva (2016)

### 2.1.5.1 Exemplo de cálculo da quantidade de exaustores

Baseado nos conceitos tratados, um exemplo faz-se necessário para melhor compreensão do conteúdo. Assim:

“Quantos exaustores devem ser instalados em uma cabine de soldagem de arco voltaico com dimensões de 10 x 20 x 3 (Largura, comprimento e altura em metros)? ”

$$L=10\text{m}; C=20\text{m}; H=3\text{m}$$

$$V = 10 * 20 * 3$$

$$V = 600\text{m}^3$$

Observando a Tabela 4, para a soldagem de arco voltaico, o número de trocas de ar é igual a  $T = 22/\text{h}$ . Desse modo, utilizando a equação (4):

$$T = \frac{Q}{V}$$

$$Q = T * V \rightarrow 600 * 22 \rightarrow Q = 13200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tendo a vazão necessária, determina-se a quantidade de exaustores:

Exaustor de 300mm – **E30MTR** -  $Q=2760\text{m}^3/\text{h}$ :

Qtd de Exaustores =  $13200/2760$

Qtd de Exaustores = 4,8 ou seja **5 peças**

Exaustor de 500mm – **E50MTR** -  $Q= 9300 \text{ m}^3/\text{h}$ :

Qtd de Exaustores =  $13200/9300$

Qtd de Exaustores = 1,41 ou seja **2 peças**

Exaustor de 600mm – **E60MTR** -  $Q= 15300 \text{ m}^3/\text{h}$ :

Qtd de Exaustores =  $13200/15300$

Qtd de Exaustores = 0,86 ou seja **1 peça**

Dessa maneira, baseando-se nas instalações do local e nas restrições técnicas que houver, escolhe-se o modelo e número de exaustores mais adequado.

Para otimizar as trocas de ar é importante que o exaustor seja instalado o mais próximo possível da fonte geradora de umidade e também o mais alto possível, além

de instalar grades de ventilação para promover a entrada de ar e contribuir com o efeito chaminé (VENTOKIT, 2017).

Para Chiarello (2006), o efeito chaminé é o fluxo de ar que entra ou sai em um ambiente através da diferença de pressão do interior para meio exterior. Essa diferença pode ser causada pela ação do vento ou pela variação da densidade do ar. Esta última, acontece pela diferença de temperatura entre os meios ou também, da combinação dos dois efeitos.

A Figura 13 exemplifica melhor o comportamento do efeito chaminé em um ambiente qualquer.



**Figura 13 – Ilustração do efeito chaminé em um quarto.**

**Fonte: Ventokit (2017).**

Na figura 13, a seta indica o fluxo natural do ar em um ambiente através do efeito chaminé, a parte azul representa o ar frio enquanto a parte vermelha ilustra o ar quente.

Com o aumento da temperatura, acumula-se ar quente na parte superior do local. Com a instalação de aberturas de ventilação na parte inferior e superior do espaço, o ar frio entra por baixo favorecendo o fluxo do ar quente para cima. (VENTOKIT, 2017).

Ao se aplicar um sistema de ventilação em uma indústria, deve-se levar em consideração o processo de fabricação do produto analisando as condições das ferramentas (máquinas e equipamentos) buscando se ter a melhor eficiência da ventilação. A modernização das indústrias, através da automatização ou mecanização dos processos, contribui para o aumento da produção e a melhora do ambiente de trabalho no aspecto do controle dos contaminantes emitidos (VAZ JUNIOR, 2015).

## **2.2 Arranjo físico – leiaute**

Neste tópico apresenta-se a definição de leiaute, os tipos existentes, os processos de fabricação, fatores que influenciam na escolha do leiaute apropriado e como aplica-lo.

### **2.2.1 Definição**

A palavra leiaute é o termo aportuguesado de *layout* o qual tem origem da língua inglesa e é amplamente usada no meio profissional. (PIRES DA ROSA *et al.*, 2014). Para Slack *et al.* (2015) leiaute é a maneira segundo a qual os recursos transformados – materiais, informações e clientes – fluem pela operação, resultando na aparência da área fabril através da disposição de homem, máquina e equipamento.

Araújo (2010) comenta que o leiaute é o equilíbrio entre pessoas, máquinas, equipamentos e materiais. Estes quatro recursos são determinados pelos processos e viabilizados pelo planejamento do leiaute.

De acordo com Krajewski *et al.* (2009), o conceito de arranjo físico é amplo pois envolve outras decisões tais como: posicionamento das máquinas, utilidades, estações de trabalho, centros de atividades econômicas, áreas de atendimento ao cliente, áreas de armazenamento de materiais, padrões de fluxo de materiais e todas as áreas de circulação de pessoas.

Para Kamaruddin *et al.*, (2013), o estudo do arranjo físico tem resultado direto na eficiência das organizações, sendo utilizado como ferramenta para diminuição do desperdício de tempo, reduzindo custos.

Olivério (1985 apud Kátia de Oliveira, 2006) cita situações em que um estudo do arranjo físico, faz-se necessário:

**A. Mudança no projeto do produto ou inclusão de novos:** Com as exigências do mercado, as empresas precisam se adequar as novas necessidades. Isso implica na redução do ciclo de vida econômica de um produto e na necessidade de readequações da planta para alterar ou introduzir novos produtos na linha de produção;

**B. Melhoria das condições de trabalho e redução de acidentes:** O local de trabalho deve ser seguro para as pessoas que ali trabalham. Isso pode demandar uma alteração visando preservar a integridade física e a saúde do operador;

**C. Variações na demanda do produto:** O estágio em que se encontra o produto no seu ciclo de vida econômico, os concorrentes e as variações do poder de compra dos clientes podem mudar a demanda por um produto. Como consequência, pode ocorrer alteração da participação desse produto na gama de produtos feitos por uma fábrica. Isso surte efeitos sobre uma determinada linha de produção fazendo aumentar ou diminuir sua produção necessitando um rearranjo da linha produtiva;

**D. Substituição de equipamento:** Com a constante mudança da tecnologia apresentando equipamentos mais eficientes e seguros, assim como imposições legais são fatores que podem requerer uma mudança de leiaute;

**E. Mudanças no processo produtivo:** As novas etapas de manufatura originadas de novas tecnologias e controles da produção são dois exemplos que regem as etapas dos processos produtivos podendo interferir no leiaute;

**F. Mudança do mercado de consumo:** A necessidade de se estar próximo ao cliente pode resultar na construção de novas instalações ou na alteração das já existentes;

**G. Introdução de novos métodos de organização e controle:** Com o fluxo intenso de informação no meio produtivo, há a necessidade de introdução de métodos de controle e organização da produção. Esses métodos incluem técnicas administrativas como a utilização de kanban<sup>3</sup> ou a coleta eletrônica de

---

<sup>3</sup>Simbologia visual usada na indústria para registrar ações. Fonte: (Indústria Hoje, 2016)

informações que, em muitos casos, exigem uma readequação da planta para a receber os novos equipamentos ou para haver um fluxo apropriado da informação entre as células produtivas;

**H. Redução de custos** – A adoção de novas máquinas e equipamentos, novas formas de organizar a produção também podem implicar na necessidade de rearranjo da área fabril.

Para Oliveira (2011) o correto dimensionamento do leiaute pode contribuir para:

- Um eficiente fluxo de comunicações entre as unidades organizacionais;
- Otimização da área disponível da empresa;
- Aumento da eficiência do trabalho;
- Redução da fadiga do operador na execução do processo;
- Geração de um ambiente favorável para o trabalho aumentando a produtividade.

Em contrapartida Drira *et al.* (2007), defende que o arranjo físico é focado no posicionamento físico dos recursos de transformação. Pelo fato de ser uma complexa e longa atividade administrativa, reforça que o inadequado projeto resulta em fluxos longos e confusos, comprometendo a produtividade da empresa.

Para Araújo (2010), o mal-uso do leiaute pode causar:

- **Retardamento excessivo:** A deficiência da distribuição do espaço pode gerar um indicador de falhas no controle da produção. O gestor deve perceber na demora um indicador de que algo naquele ambiente precisa ser modificado. Sejam postos de trabalho ou deslocamentos de células inteiras.
- **Má projeção dos locais de trabalho:** Decorrente, geralmente, do fato de o projeto ter sido elaborada por pessoal não qualificado ou elaborado segundo a vontade de um grupo de pessoas destinadas a trabalhar em um determinado espaço.
- **Perda de tempo na movimentação de uma unidade a outra:** Criam enormes prejuízos por causa de lapso de tempo entre uma ou várias células das mesmas ou diferentes áreas.

A eficiência do projeto de um leiaute é de fundamental importância, pois é um processo crítico, de longa duração e que necessita de investimento de capital,

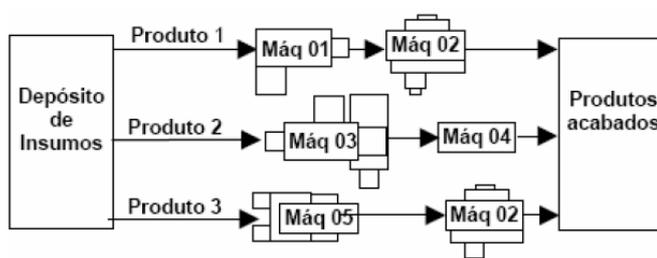
representando quase sempre em gastos elevados. Desse modo, o rearranjo físico de uma indústria é de extremo valor. Isso refletirá direta ou indiretamente o custo final do produto. (RAWBDEH e TAHBOUB (2005 apud Pires da Rosa, 2014)).

### 2.2.2 Tipos de leiaute

Kátia de Oliveira (2006) contempla que em todo o estudo de leiaute irá sempre existir uma preocupação básica; suavizar o fluxo do trabalho através do sistema, seja de pessoas ou de materiais. Entretanto, Carlo *et al.*, (2013) destacam que qualquer tipo de organização é originado de quatro tipos de arranjo físico: a) Linear; b) Funcional; c) Celular; e d) Posicional.

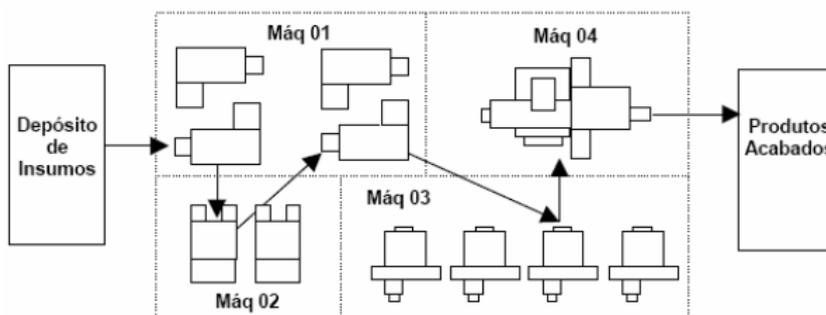
Para Torres (2001) os quatro tipos de leiaute são:

**a) Linear ou por produto:** Máquinas e equipamentos de trabalho são postos de acordo com a sequência de produção de um produto proporcionando alta produtividade. Em contrapartida, possui elevado custo fixo e pouca flexibilidade para produção de produtos diferentes. Exemplo: linha de montagem de eletrodomésticos;



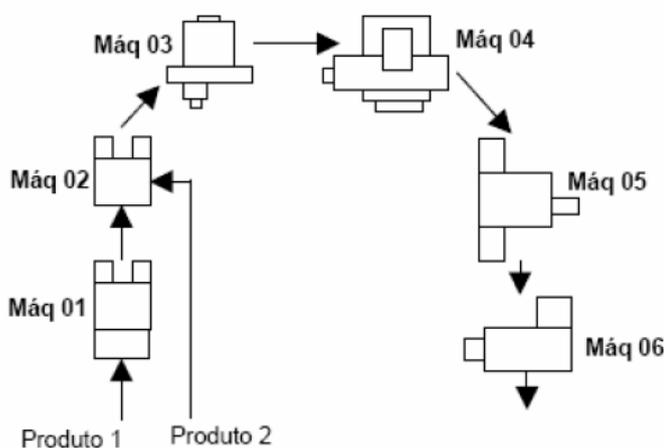
**Figura 14 - Exemplo de leiaute de linha de fluxo ou posicional**  
Fonte: Torres (2001)

**b) Job shop ou funcional:** Máquinas ou equipamentos do mesmo tipo e função são agrupados na mesma área de modo que os materiais e produtos se desloquem para os próximos processos no momento em que são necessários. Neste arranjo a produtividade é reduzida mas apresenta menor custo de implementação e maior flexibilidade. Este arranjo possibilita atender demandas inesperadas. Exemplo: a divisão das áreas de produtos em um supermercado;



**Figura 15 - Exemplo de arranjo *Job shop* ou funcional**  
**Fonte: Torres (2001)**

**c) Disposição celular:** Este tipo de arranjo combina as vantagens do arranjo funcional e linear. Máquinas, equipamentos, processo e mão-de-obra se encontram em uma área específica (célula) para a fabricação completa de um produto. Para Torres (2001), o fato de a celular concentrar todos os recursos necessários, ela pode se organizar através do produto ou do processo que ela faz. Restringir o fluxo de um produto em uma região reduz os efeitos negativos de fluxos intensos através de grandes distâncias. Exemplo: fabricação de componentes de computadores;



**Figura 16 - Exemplo de arranjo celular**  
**Fonte: Torres (2001)**

**d) Posicional ou por posição fixa:** O produto permanece estático e os recursos vão até ele para sua transformação. Exemplo: Construção de um imóvel;

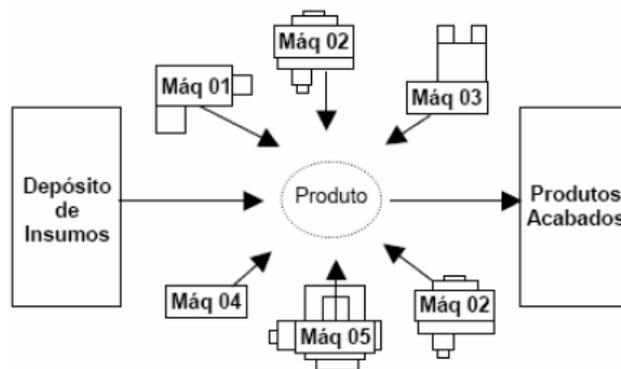


Figura 17 - Exemplo de posicional  
Fonte: Torres (2001)

### 2.2.3 Tipos de Processos de Fabricação

Consoante ao Tiberti (2003), a escolha do leiaute tem relação fundamental com o tipo de processo feito buscando a combinação mais adequada para implementação.

Melo (2010) explica que a fabricação é o processo de conversão. Nesta ideia, entradas são convertidas em saídas através da repetição de um processo. Portanto, um conceito adequado do sistema de manufatura garante a sistematização das operações de produção. Para Pinto *et al.* (2007), os processos de fabricação são divididos em quatro modelos:

- 1) **Produção por projeto:** É o tipo de processo em que o produto tem uma elevado grau de customização sendo cada etapa de processo diferente do para cada produto.
- 2) **Produção por encomenda (*jobbing production*):** Uma ou poucas unidades dos produtos são fabricadas de acordo com e as necessidades do cliente. Os custos são fixados antes do início da fabricação.
- 3) **Produção em lotes (*batch production*):** Quantidades limitadas de um produto são fabricadas na mesma área. Diferentes produtos são produzidos, porém, após o fim de produção de um lote.
- 4) **Processo em massa ou fluxo (*mass or flow production*):** Também denominado como linha de fluxo (*flow line*), a produção é conduzida em grupos de estações posicionadas de acordo com uma sequência de operações. Uma grande quantidade do mesmo produto é fabricada e estocada para venda. Um

novo produto necessitará uma linha de produção diferente pois cada linha pode produzir apenas um tipo de produto.

**5) Processo de contínuo (*process production*):** A produção é conduzida por um tempo indefinido sendo o tipo de produto com uma economia de escala<sup>4</sup>. Este tipo de processo utiliza várias produções em linha numa mesma planta, fabricando um produto diferente, ou subprodutos de um produto final.

#### 2.2.4 Escolha de leiaute

Baseado nos tipos de leiaute e nos processos de fabricação, Reaes (2015) sugere uma escolha de arranjo físico levando em conta o tipo de manufatura. O Quadro 2 ilustra estas relações:

**Quadro 2 - Relação entre tipos de processo e tipos de básicos de arranjo físico**

| Tipos de Processo de Manufatura | Tipos Básicos de Arranjo Físico | Tipos de Processo de Serviço |
|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Processo por Projeto            | Arranjo Físico Posicional       | Serviços Profissionais       |
| Processo Tipo <i>Jobbing</i>    |                                 |                              |
| Processo Tipo <i>Batch</i>      | Arranjo Físico por Processo     | Loja de Serviços             |
| Processo em Massa               | Arranjo Físico Celular          | Serviços de Massa            |
| Processo Contínuo               | Arranjo Físico por Produto      |                              |

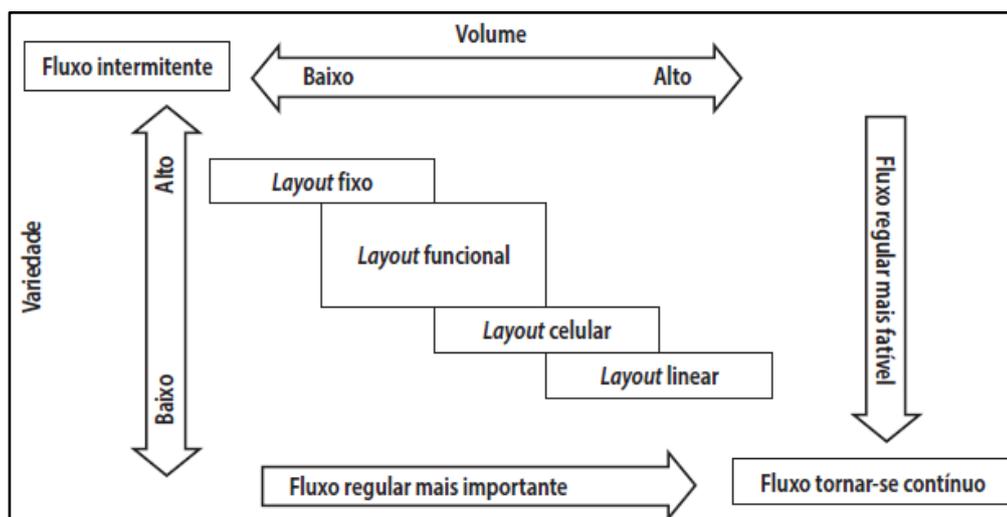
Fonte: Reaes (2015).

No quadro anterior percebe-se que não existe um modelo de arranjo único para cada tipo de manufatura. Dependendo do tipo de produto feito e da quantidade necessária, pode ser indicado até dois modelos de leiaute.

Slack *et al.* (2015) também complementam a melhor escolha de leiaute relacionando as características desejadas (variedade de produtos e volume) com cada modelo de leiaute. A Figura 18 ilustra a tendência de escolha do arranjo físico baseado na variedade e do volume de produto desejados.

---

<sup>4</sup> Fatores que conduzem à redução do custo médio de produção de um determinado bem à medida que a quantidade produzida aumenta. Fonte: Portal Gestão (2016).



**Figura 18 - Variedade e Quantidade determinando o tipo de layout.**  
**Fonte: Slack, et al. 2015.**

O planejamento do leiaute deve-se sempre buscar a melhor associação de equipamentos, sejam eles de movimentação, armazenagem ou produtivos, possibilitando o uso adequado da mão de obra, maximizando os fatores produtivos (LAHMAR e BENJAAFAR (2005) apud PIRES DA ROSA *et al.*, 2014).

### 2.2.5 Implementação de leiaute

Para Borba *et al.* (2014) existem duas categorias principais de soluções para problemas de leiaute: solução por técnicas de otimização ou por procedimentos.

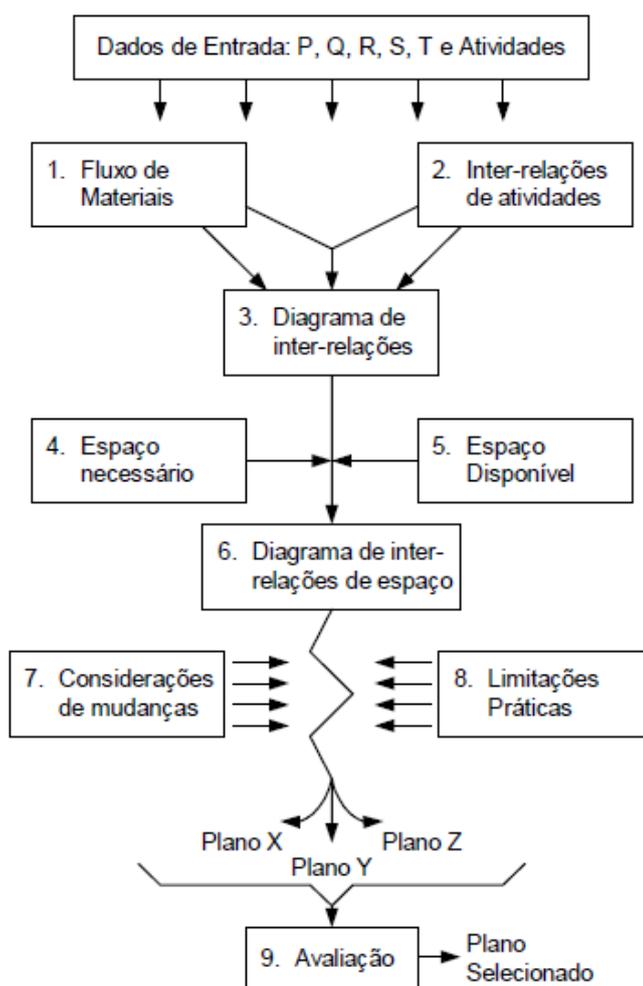
As técnicas de otimização baseiam-se em algoritmos que simplificam as limitações e funções a serem consideradas no arranjo físico visando um objetivo. Entretanto, os dados gerados frequentemente necessitam de correções significativas.

Por outro lado, a solução por procedimentos, depende da qualidade das alternativas de leiaute geradas, podendo englobar objetivos qualitativos e quantitativos. O projeto de leiaute por procedimentos é executado em várias etapas resolvidas sequencialmente.

De acordo com Shanin e Poormostafa (2011 apud Borba *et al.*, 2014), o *Systematic Layout Planning* (SLP), é o mais antigo e consagrado método para projeto de leiaute na gestão da produção. Por esse motivo será abordado esse sistema nesta proposta de projeto.

### 2.2.5.1 Planejamento sistemático de leiaute – *Systematic Layout Planning* (SLP)

Segundo Neumann e Milani (2009) o SLP ajuda o engenheiro no que fazer ao longo do projeto de um arranjo físico resultando em economia de tempo e esforço. O SLP segue algumas etapas, conforme Figura 19:



**Figura 19 - Etapas da SLP.**

Fonte: Tiberti (2003).

O Processo inicia com o estudo dos dados de entrada: (P) produto, (Q) quantidades, (R) rotas, (T) tempos, (S) serviços e atividades de produção. A seguir, todos os fluxos de materiais são agrupados e representados com ferramentas de análise de fluxo de processos como, por exemplo: Mapofluxograma, Diagrama “De-Para” entre outros.

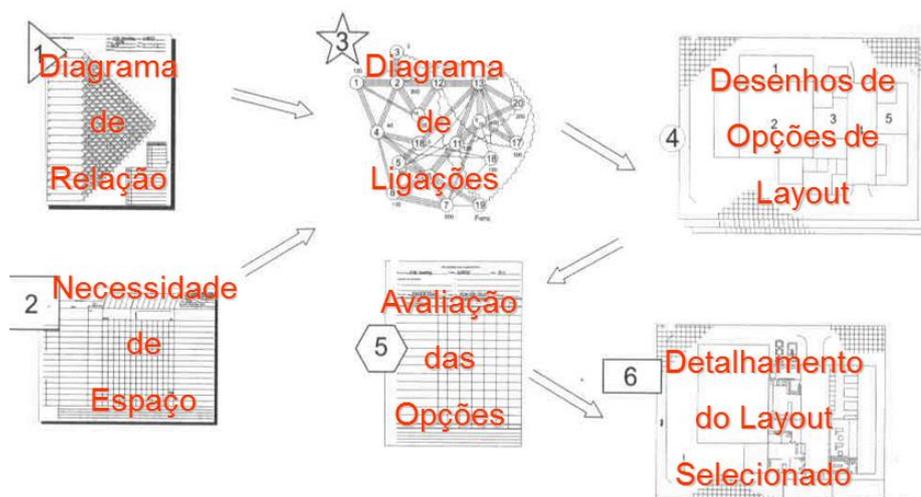
Após a verificação das atividades relacionadas, dados qualitativos que justificam a proximidade devem ser também estudados. O diagrama de inter-relações ilustra essas posições indicando quais as áreas devem ficar próximas levando em conta as interações que cada uma tem.

Os passos seguintes verificam o espaço necessário e o espaço disponível, estipulando a quantidade de espaço a ser reservado para cada setor. Essas informações são adicionadas no diagrama anterior formando o diagrama de relações de espaço.

Consideração de mudanças e limitações práticas como segurança, custos e restrições técnicas, devem ser previstas antes da formação do leiaute em blocos. Levando isso em conta, geram-se alternativas utilizando toda área espacial (Plano X, Y e Z) para serem avaliadas escolhendo um novo modelo de arranjo. Como consequência Muther e Wheeler (2000) elaboraram o SLP Simplificado que é uma metodologia de fácil compreensão e aplicação.

### 2.2.5.2 SLP simplificado

Muther e Wheeler (2000) dividem o SLP Simplificado nos passos advir da Figura 20:



**Figura 20 - SLP simplificado**  
Fonte: Reaes (2015).

Os detalhes de execução de cada operação serão abordados no capítulo 04 – Desenvolvimento. As seis fases sistematizam o processo de projeto do leiaute e serão expostos a diante:

**Diagrama de relações** – A etapa inicial onde são identificadas todas as funções e características das instalações assim como a avaliação das interligações entre elas. O diagrama de relações é a ferramenta que ilustra essa integração:



Figura 21 - Exemplo de diagrama de relações  
Fonte: Reaes (2015).

O seu preenchimento é indicado abaixo:

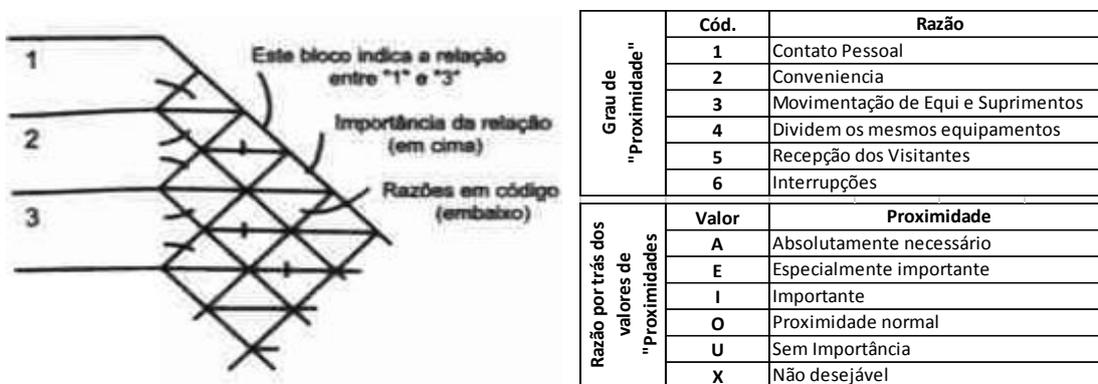


Figura 22 - Exemplo de como preencher o diagrama de relações  
Fonte: Muther e Wheeler (2000).

1. **Espaços necessários** – Nesta fase determina-se a quantidade de espaço que cada área precisa através das características físicas e das necessidades de configuração. Este estágio pode ser feito através da folha das áreas e características das atividades de Muther e Wheeler (2000).

FOLHA DAS ÁREAS E CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES

Green Engineering  
Projeto Layout do Escritório  
Por R.M. Com Sr. Green  
Data 2-11 Pág. de  
Requisitos Necessários para a  
Forma ou Configuração da Área (Espaço)

| Nº | Atividade          | Área em Metros | Características Físicas Necessárias                 |                 | Importância Relativa das Características | Anote os Requisitos Necessários para a Forma ou Configuração e Consequentemente as Razões |
|----|--------------------|----------------|---|-----------------|--|---|
|    |                    |                | Área a Unidade e a Quantidade Necessária de Cada Um | Área e Dimensão |  |   |
|    |                    | 500            |   |                 |  |   |
| 1  | Sr. Green          | 125            | 9   |                 |  | E Escritório Privado Aprox. Quadrado  |
| 2  | Áreas Escritório   | 120            | 9   |                 |  | I Espaço Semi-Privado   |
| 3  | Secretaria         | 65             | 9   |                 |  |   |
| 4  | Área de Entrada    | 50             | 9   |                 |  |   |
| 5  | Arquivos (5 unid.) | 40             | 9   |                 |  |   |
| 6  | Copiadora          | 20             | 9   |                 |  |   |
| 7  | Almoxarifado       | 80             | 9   |                 |  |   |

Referências:  
1. Escrivania, Mesa, Vitrine, Ditafone, Arquivo, 3 Cadeiras  
2. Mesas, estante de livros, 2 Cadeiras  
3. Escrivania com Mesa Retrátil para Máquina de Escrever, Ditafone, Armário, Cadeira  
4. Mesa, Estante, 2 Estantes para Estoque

Figura 23 - Exemplo de folha das áreas e características das atividades  
Fonte: Reaes (2015).

2. **Diagrama de ligações** – O produto final desta fase é uma visualização das relações melhor distribuída. Todo este processo é feito baseado no desenho de pares de atividades e nas classificações das relações sendo a combinação das fases 1 e 2.

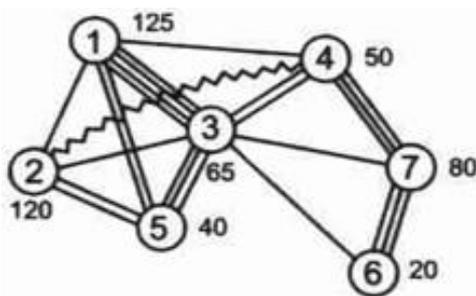


Figura 24 - Exemplo de diagrama de ligações  
Fonte: Reaes (2015).

**Desenhos de opções de leiaute** – Tendo como base o diagrama de relações, formam-se os blocos dentro da área disponível integrando todos os processos. Para auxílio na implementação de um novo leiaute, Lin e Sharp (1999 apud Neumann e Milani, 2009) sugerem a subdivisão do arranjo físico em três categorias:

- i) Segundo utilização dos recursos (mão de obra, equipamentos, espaço e energia);
- ii) Gerenciamento e controle para visualização das matérias, movimentação e perdas;
- iii) Eficiência das operações (manufatura, armazenamento, recebimento e expedição).



Figura 25 - Leiautes em blocos

Fonte: Reaes (2015).

**3. Avaliação das opções** – Nesta etapa é feito o estudo do leiaute baseado nos objetivos específicos traçados. O estudo deve levar em conta vários fatores que podem ser decisivos na melhor escolha de arranjo. Muther e Wheeler (2000) apresentam a folha de avaliação das opções para este processo.

| FATOR/CONSIDERAÇÃO                     | PESO | PESOS E CLASSIFICAÇÕES |      |   |   |   | OBS |
|--|------|------------------------|------|---|---|---|-----|
|  |      | A                      | B    | C | D | E |     |
| 1. Flexibilidade                       | 8    | E 24                   | I 16 |   |   |   |     |
| 2. Conveniência do Pessoal             | 10   | E 30                   | I 20 |   |   |   |     |
| 3. Rompimento, Interrupção             | 6    | E 18                   | O 6  |   |   |   |     |
| 4. Custo da Divisórias e da Instalação | 6    | I 12                   | I 12 |   |   |   |     |
| 5. Melhor Disposição no Espaço         | 4    | I 8                    | O 4  |   |   |   |     |
| 6. Uso de Iluminação Natural           | 5    | E 15                   | I 10 |   |   |   |     |
| 7. Movimentação de Eqpt. e Suprimentos | 5    | E 15                   | E 15 |   |   |   |     |
| 8. Recepção                            | 3    | E 9                    | O 3  |   |   |   |     |
| 9.                                     |      |                        |      |   |   |   |     |
| 10.                                    |      |                        |      |   |   |   |     |
| 11.                                    |      |                        |      |   |   |   |     |
| 12.                                    |      |                        |      |   |   |   |     |
| 13.                                    |      |                        |      |   |   |   |     |
| 14.                                    |      |                        |      |   |   |   |     |
| TOTAL                                  |      | 131                    | 86   |   |   |   |     |

Figura 26 - Folha de avaliação das opções

Fonte: Reaes (2015).

4. **Detalhamento do leiaute selecionado** – Com a escolha da melhor opção deve-se detalhar cada parte dos equipamentos, máquinas e as principais linhas de utilidades (Eletricidade, rede de ar comprimido, água, entre outros). Exemplo a seguir.

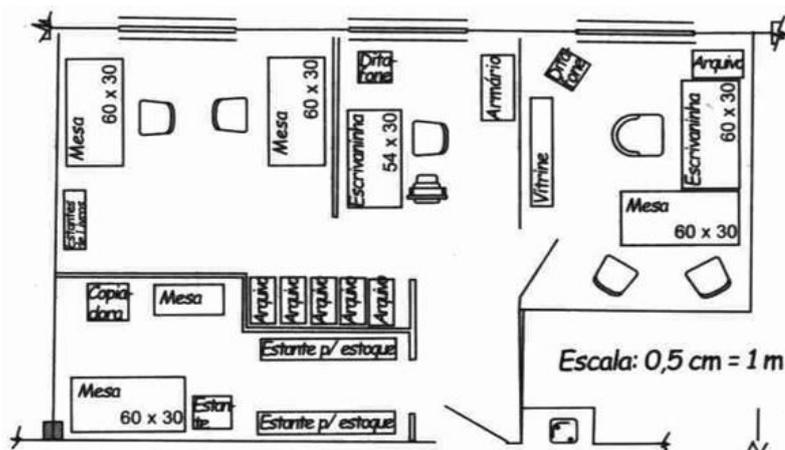


Figura 27 - Leiaute detalhado  
Fonte: Reaes (2015).

O SLP simplificado segue os mesmos estágios do SLP, apenas o faz de uma forma pautada, clareando aos projetistas com menos experiência o sequenciamento dos passos, evidenciando as saídas de cada um (MUTHER e WHEELER, 2000).

### 2.3 Organização do posto de trabalho

Utilizar-se de programas de qualidade é uma estratégia usada nas empresas buscando agregar valor em seus produtos através da qualidade. Para atingir esse objetivo, a metodologia manufatura de classe mundial utiliza como um dos seus pilares a organização do posto de trabalho, visando a melhor eficiência e produtividade do processo produtivo. A intenção é que as ferramentas, materiais e dispositivos estejam sempre ao alcance do operador para que ele se movimente o menos possível, eliminando perdas improdutivas de mão de obra e maior qualidade no produto com o uso de dispositivos a prova de erros. Além disso, visa melhor ergonomia e segurança no trabalho. A manufatura classe mundial, indica a implementação de um programa de cinco sentidos, conhecido como 5S. Esta

metodologia pode ser aplicada para a organização e otimização dos postos de trabalho, que é o espaço físico onde se realiza uma atividade trabalhista.

### 2.3.1 Definição 5S

Segundo Hirano (1994) e Falconi (2004), a nomenclatura 5S significa o nome de cada um dos cinco sentidos em japonês: *seiri* (seleção), *seiton* (ordenação), *seiso* (limpeza), *seiketsu* (padronização) e *shitsuke* (disciplina).

Para Silva (1994), o *seiri* (primeiro s) significa arrumação, organização, utilização, seleção ou classificação e pode ser definido simplificado como separação. Sua essência é identificar quais materiais são importantes para as atividades desenvolvidas e descartar aqueles desnecessários para empresa, evitando o acúmulo (LAPA, 1998).

Após a conclusão do primeiro S, inicia-se o *seiton* (HIRANO, 1994). De acordo com Delgadillo, *et. al* (2006), o segundo sentido consiste em organizar os itens necessários, identificando-os e organizando-os em locais definidos classificando-os por tipo e categoria de tal maneira que facilite sua localização.

A terceira etapa, *seiso*, consiste em eliminar a sujeira, inclusive buscando a sua origem (RIBEIRO, 1994). Segundo Nakata (2000), removendo-se a sujeira tudo se torna visível, facilitando a inspeção.

Para Ribeiro (1994), o quarto 's' (*seiketsu*) consiste em padronizar normas, hábitos e procedimentos para que as etapas anteriores sejam respeitadas permanentemente.

O último s, *shitsuke*, tem como objetivo a criação de uma disciplina para manter todos os outros sentidos. Segundo Ribeiro (1994), ser disciplinado é cumprir rigorosamente as normas e procedimentos estabelecidos anteriormente. Quando se atinge o *shitsuke*, pode-se considerar que se chegou a uma cultura de bons hábitos e manutenção dentro da empresa. Porém, é importante alertar-se quanto a dificuldade de se sustentar estes bons hábitos uma vez que é difícil mudar comportamentos arraigados e existe uma tendência natural de retornar à zona de conforto e aos velhos hábitos (BAYO-MORIONES *et al.* 2010).

Osada (1992) destaca que a grande virtude da metodologia 5S está na mudança de comportamento dos funcionários envolvidos e a busca por um ambiente

de trabalho agradável. De maneira geral os conceitos abordados são vistos na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Conceitos 5S

| Nome<br>(Japonês) | Nome<br>(Português) | Conceito                              | Objetivo   |
|-------------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| <i>Seiri</i>      | Seleção             | Filtrar o necessário do desnecessário | Abrir espaço para aquilo que é útil ao trabalho            |
| <i>Seiton</i>     | Ordenação           | Organizar cada item no seu lugar      | Organizar a área de trabalho de forma eficaz               |
| <i>Seisoh</i>     | Limpeza             | Limpar e cuidar                       | Melhorar o nível de limpeza                                |
| <i>Seiketsu</i>   | Padronização        | Criar normas e regras                 | Criar regras claras para a manutenção dos itens anteriores |
| <i>Shitsuke</i>   | Disciplina          | Todos respeitam o programa            | Incentivar melhoria  |

Fonte: Os autores (2016).

### 2.3.2 Aplicação

O manual da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2005) faz recomendações para a implementação do programa 5S em seis etapas:

- **Etapa 1:** Equipe de implantação. Esse time deve ser formado por pelo menos três pessoas de diferentes setores da empresa e um membro da alta administração. A equipe tem como objetivo conduzir e orientar a implementação, esclarecer eventuais dúvidas e realizar acompanhamentos.
- **Etapa 2:** Planejamento. A equipe de implantação deve elaborar um cronograma, determinar as ações que serão feitas para implementar o programa e distribuir as atividades e responsabilidades entre os funcionários, que devem se comprometer com os prazos propostos no cronograma.

- **Etapa 3:** Fotos e registros. Consiste em registrar através de fotos a situação da organização atual em todos os setores, principalmente nos locais em que se percebe a necessidade de melhorias. Baseando-se nos registros, a equipe deve avaliar as falhas, sugerir melhorias e definir as ações.
- **Etapa 4:** Reunião. A equipe de implantação deve convocar uma reunião com todos os funcionários para compartilhar dados, mostrar compromisso e dar início à conscientização do pessoal, mostrando a importância do programa para a qualidade no trabalho. Outro objetivo da reunião é explicar os objetivos da atividade, mostrando os benefícios e vantagens da metodologia 5S.
- **Etapa 5:** Implantação. Após a reunião, dá-se início à implantação, dividindo as responsabilidades entre os setores e seus respectivos prazos.
- **Etapa 6:** Acompanhamento. A equipe deve fazer o acompanhamento com base no cronograma, verificando os pontos positivos e negativos e mantendo o pessoal motivado mostrando os resultados. O acompanhamento deve ser constante.

ANVISA (2005) recomenda em seu manual, treinamentos periódicos dos funcionários, inclusive da equipe de implantação que deve verificar os resultados, as melhorias e aquilo que ainda pode ser feito para se atingir os objetivos traçados.

### **2.3.3 Benefícios do 5S**

A implantação do programa 5S pode trazer diversos benefícios para a empresa e seus funcionários e esses resultados podem variar de caso a caso. No geral, a metodologia tem como objetivo a melhoria da produtividade e do desempenho. Peterson e Smith (1998) mostram dois exemplos de resultados que o programa 5S trouxe em duas empresas diferentes:

#### **A. Centro de suporte da HP**

- Melhorou qualidade da comunicação;
- Reduziu tempo de treinamento para novos funcionários;
- Diminuiu número de reclamações;
- Reduziu o tempo de atendimento

## B. Boeing

- Aumento da produtividade;
- Melhorou a segurança nas operações;
- Melhor nível de qualidade na produção

Os próximos tópicos, 2.4 Viabilidade econômica e 2.5 Estudo de tempos farão uma revisão de assuntos de ferramentas de avaliação de resultados sendo no pertinentes a esta monografia.

### 2.4 Viabilidade econômica

Heizer e Render (2016) acreditam que as mudanças envolvendo leiaute apresentam dificuldade na execução, sendo a principal delas a disponibilidade de recursos já que quase sempre não há quantia suficiente para executar a mudança. Para contornar este problema o mais indicado é um estudo de viabilidade econômica do projeto.

Neves (2010) explica que estudo financeiro é a comparação entre os fluxos de caixa e o investimento de uma proposta de uma empresa. De maneira complementar, Leite (1994) acredita que as decisões de execução de projeto são tomadas através de previsões de vendas e custos dos produtos originados pelo uso dos ativos<sup>5</sup>. Porém, Neves (2010) suporta que geralmente esse tipo de previsão é subjetiva, podendo ter um caráter pessimista ou otimista, comprometendo o estudo. Para eliminar o risco da subjetividade, o ideal é conduzir a análise financeira através de métodos de análise econômica.

Dentre várias metodologias, o método *payback* é o mais simples e geralmente o primeiro a ser aplicado para tomada de decisão (NEVES, 2010). Para Alves (2014) *payback*, em português “retorno”, é o tempo necessário para que o ganho acumulado se iguale ao valor do investimento feito, sendo o período medido em meses ou anos.

Matematicamente *payback* é:

$$Payback = \frac{Investimento}{Ganho\ em\ um\ período\ produtivo} \quad (5)$$

---

<sup>5</sup> Todos os bens e direitos que uma instituição possui e que tenham valor financeiro. Fonte: Pacievitch (2017).

Para Buarque (1984) o método do retorno possui vantagens e desvantagens. A sua principal desvantagem é a não consideração da valorização ou desvalorização do dinheiro, considerando o lucro de forma homogênea ao longo do tempo de produção. Como vantagem, além da fácil aplicação, este método permite avaliar em quanto tempo haverá o retorno do negócio, facilitando escolhas de investimento.

O *payback* tem ênfase no curto prazo e no rápido retorno do capital, aspecto esse de grande importância principalmente para pequenas empresas. (Ross *et al.* 2002).

## **2.5 Estudo de tempos**

Neste item apresenta-se a definição e algumas forma de realizar o estudo de tempos na indústria.

### **2.5.1 Definição**

Segundo Chiavenato (2001), Frederick Taylor revolucionou a administração industrial com sua preocupação em eliminar o desperdício e aumentar os níveis de produtividade aplicando métodos e técnicas de engenharia industrial.

As principais contribuições de Taylor foram:

1. Desenvolver para cada elemento do trabalho individual uma ciência que substitua os métodos empíricos.
2. Selecionar, treinar, ensinar e aperfeiçoar o trabalhador. No passado, cada trabalhador escolhia seu próprio trabalho e treinava a si mesmo como podia.
3. Cooperar com os trabalhadores para articular todo o trabalho com os princípios da ciência que foi desenvolvida.
4. Manter divisão igualitária de trabalho e responsabilidades entre a direção e o operário. No passado, praticamente todo o trabalho e boa parte das responsabilidades ficavam para o trabalhador.

Para Peroni (1985 *apud* Perboni, 2007), o estudo de tempos e métodos traz dados reais e busca o auto nível de produtividade. Com esse levantamento técnico buscam-se melhorias no processo produtivo e melhorar o desempenho dos trabalhadores e organização geral.

Segundo Barnes (2008), os tempos são estudados e cronometrados para eliminar ociosidades, racionalizando a fadiga do operador. Além disso, também são estudados os materiais, ferramentas e equipamentos usados na produção visando padronizar os métodos de trabalho, analisando as melhores formas de aplica-los e determinar os tempos necessários para realizar as tarefas de forma eficiente.

Conforme Slack, *et al.* (2015), Taylor constituiu três etapas para a obtenção dos tempos básicos dos elementos de trabalho:

- Observar e medir o tempo necessário para a realização de cada atividade.
- Ajustar cada tempo observado.
- Calcular a média dos tempos ajustados para obter-se o tempo básico.

O resultado dessa análise é o tempo que uma pessoa treinada leva para realizar sua tarefa em ritmo normal, chamado de tempo padrão. Isso, engloba fatores como a velocidade do operador, o rendimento em porcentagem, fadiga do operador e suas necessidades pessoais.

### **2.5.2 Cronoanálise**

Segundo Oliveira (2009), cronoanálise é cronometrar e analisar o tempo que o operador leva para realizar uma operação, deixando uma margem para necessidades fisiológicas.

A cronometragem evidencia três pontos importantes para uma amostragem de tempos:

- Quantidade de medições necessárias para uma análise confiável.
- Real capacidade do operador.
- Avaliar a tolerância, em porcentagem, para cada operação.

Para Toledo Jr e Kuratomi (1977), a “cronometria é o cálculo, o ato mecânico de se chegar ao tempo padrão. Cronoanálise é a tabulação, é a arte de utilização do tempo padrão, visando a melhoria do trabalho”. Além disso, a cronoanálise é tida como a base para a racionalização da produção, do leiaute, do maquinário e do recurso humano. A Tabela 5 mostra a importância da cronoanálise em setores diferentes:

Tabela 5 - Importância da Cronoanálise

| Industria   | Profissional  | Vida Prática   |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Engenharia de Produtos (viabilidade econômica)</li> <li>• Engenharia de Projetos (Processos)</li> <li>• Planejamento (Previsões)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfação Profissional</li> <li>• Visão geral das coisas</li> <li>• Mudanças constantes</li> <li>• Aperfeiçoamentos constantes</li> <li>• Contatos de alto nível</li> <li>• Nível salarial mais alto</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguça o senso analítico</li> <li>• Cada contradição é uma nova experiência adquirida</li> <li>• Aviva o raciocínio</li> <li>• Pondera antes de decisões</li> <li>• Rapidez nas decisões</li> </ul>                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção (leiaute, carga máquina e carga mão de obra).</li> <li>• Programação (Programas de produção)</li> <li>• Administração (controle)</li> <li>• Financeiro (Custos)</li> <li>• Gerencial (Detalhes técnico administrativos)</li> <li>• Organização geral</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiança e segurança de decisões</li> <li>• Objetividade</li> <li>• Possibilidades imprevisíveis</li> <li>• Saber o que é importante</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsões</li> <li>• Confiança e segurança</li> <li>• Saber o que é que lhe convém</li> <li>• Saber que quem pode melhor lhe aconselhar será você mesmo</li> <li>• Consequentemente, novo padrão de vida</li> </ul> |

Fonte: Toledo Jr e Kuratomi, (1977).

### 2.5.2.1 Registro das informações da operação

Deve-se fazer um resumo da operação, verificando as operações anteriores e posteriores para estabelecer o início e fim da cronometragem. Além disso, é importante criar um esquema da operação que servirá como base para a sequência de operação e facilitará a cronometragem.

### 2.5.2.2 Divisão da operação em elementos

Define-se um elemento, que consiste em uma subdivisão da operação que tenha início e fim bem definidos, permitindo que seja descrito e medido com precisão.

Para essa divisão, indica-se a separação dos conjuntos de movimentos em pequenos subgrupos, realizando a cronoanálise com tempos definidos por atividade. Isso, permite identificar movimentos inúteis, elementos importantes e desnecessários, que não agregam valor. Também, garante a completa visualização do processo. Um exemplo dessa divisão é mostrado na Tabela 6 a seguir.

**Tabela 6 - Elementos de uma operação**

| <b>Etapa</b> | <b>Elemento</b>  |
|--------------|--|
| <b>1</b>     | Pegar o componente A e posicioná-lo sobre a bancada de montagem.   |
| <b>2</b>     | Pegar dois parafusos M6 e fixa-los no ponto A, conforme indicação. |
| <b>3</b>     | Pegar o componente B e posicioná-lo conforme orientação.           |
| <b>4</b>     | Pegar dois parafusos M4 e fixar o componente B no componente A.    |
| <b>5</b>     | Pegar produto montado e posicioná-lo na embalagem.                 |
| <b>6</b>     | Fechar embalagem e posicioná-la sob palete.                        |

Fonte: Os autores (2016).

### **2.5.2.3 Observação e registro do tempo gasto**

O tempo real de operação é medido com o auxílio do cronômetro. Existem duas formas de se realizar o registro:

- **Leitura contínua:** o cronômetro é disparado no início do primeiro elemento e se mantém ligado durante todo o processo, ao final de cada elemento são registrados seus respectivos tempos.
- **Leitura repetitiva:** o cronômetro é disparado no início de cada elemento e zerado antes do início do elemento seguinte. Os tempos são registrados ao final de cada elemento.

### **2.5.2.4 Determinar tolerâncias**

Tolerâncias são interrupções como:

- Tolerância pessoal: o trabalhador tem direito a um tempo para suas necessidades pessoais. Para uma jornada de trabalho de 8 horas, esse tempo representa cerca de 2% a 5% por dia.
- Tolerância para fadiga: relaciona-se com a energia gasta pelo operador por meio do esforço realizado em suas atividades ao longo da jornada de trabalho.
- Tolerância de espera: são divididas entre evitáveis e inevitáveis. As evitáveis são aquelas esperas realizadas de forma intencional pelo operador e não são consideradas para o cálculo do tempo padrão. Enquanto as inevitáveis são as esperas causadas por interrupções dos supervisores, quebras de ferramentas ou máquinas, entre outros.

#### **2.5.2.5 Determinação tempo padrão**

O tempo padrão permite analisar a capacidade produtiva de um determinado processo considerando todos os aspectos que podem impactar o tempo necessário para a produção.

A determinação do tempo padrão deve ser feita considerando condições normais de trabalho e um operador apto e treinado, com habilidade e esforço médio durante todas as horas de serviço. Esse é o tempo referencial que será adotado no treinamento de novos funcionários.

O tempo padrão é calculado como a soma do tempo normalizado com as tolerâncias definidas na operação.

#### **2.5.3 Tempo Sintético**

Segundo Martins e Laugeni (2006), o tempo sintético é mais vantajoso que o tempo cronometrado pois permite que se calcule o tempo padrão para um trabalho antes dele ser iniciado. Para isso, existem vários sistemas, como por exemplo: *work-factor* (fator de trabalho), o sistema MTM (*Methods-Time Measurement*- Métodos e Medida de Tempos) e o sistema utilizado na empresa montadora, chamado de *Desing Standard Time*.

O sistema mais comum é o MTM que utiliza tabelas de tempos elementares padrão desenvolvidas pelo conselho de engenharia de métodos em 1948, nos Estados Unidos. De acordo com Peinado e Graeml (2007), esse sistema identifica

os micros movimentos do trabalho e para cada um foi determinado tempos tabelados em função da distância e da dificuldade do movimento. Somando-se todos os tempos de cada micro movimento, obtêm-se o tempo padrão da operação.

A unidade de tempo para cada micro movimento é o TMU (*Time Measurement Unit*), no qual um TMU equivale a 0,0006 minutos ou 0,00001 horas. O método utiliza sete quadros, classificando-as conforme o movimento:

**Quadro 3 - Dados de alcançar**

| <b>DADOS DE ALCANÇAR:</b> alcançar é o elemento básico usado quando a finalidade principal é transportar a mão ou o dedo a um destino. |       |      |      |        |      |
|--|-------|------|------|--------|------|
| Distância  |       | TMU  |      |        |      |
| pol.   | cm.   | A    | B    | C ou D | E    |
| 1  | 2,54  | 2,5  | 2,5  | 3,6    | 2,4  |
| 2  | 5,08  | 4,0  | 4,0  | 5,9    | 3,8  |
| 3  | 7,62  | 5,3  | 5,3  | 7,3    | 5,3  |
| 4  | 7,62  | 6,1  | 6,4  | 8,4    | 6,8  |
| 5  | 12,7  | 6,5  | 7,8  | 9,4    | 7,4  |
| 6  | 15,24 | 7,0  | 8,6  | 10,1   | 8,0  |
| 7  | 17,78 | 7,4  | 9,3  | 10,8   | 8,7  |
| 8  | 20,32 | 7,9  | 10,1 | 11,5   | 9,3  |
| 9  | 22,86 | 8,3  | 10,8 | 12,2   | 9,9  |
| 10   | 25,40 | 8,7  | 11,5 | 12,9   | 10,5 |
| 16   | 40,64 | 11,4 | 15,8 | 17,0   | 14,2 |
| 20   | 50,80 | 13,1 | 18,6 | 19,8   | 16,7 |
| 24   | 60,96 | 14,9 | 21,5 | 22,5   | 19,2 |
| 30   | 76,20 | 17,5 | 25,8 | 26,7   | 22,9 |

**Caso A:** alcançar um objeto que está em posição fixa, ou um objeto na outra mão ou sobre o qual a mão descansa.  
**Caso B:** alcançar um objeto cuja posição pode variar ligeiramente em cada ciclo.  
**Caso C:** alcançar um objeto que está dentro de um grupo de objetos.  
**Caso D:** alcançar um objeto muito pequeno ou quando se exige precisão no agarrar.  
**Caso E:** alcançar um objeto em posição não definida.

Fonte: Martins & Laugeni, 2006

Quadro 4 - Dados de movimentar

| <b>DADOS DE MOVIMENTAR:</b> movimentar é o elemento básico usado quando a finalidade principal é o transporte do objeto a um destino. |       |      |      |      |
|---|-------|------|------|------|
| Distância   |       | TMU  |      |      |
| pol.  | cm.   | A    | B    | C    |
| 1   | 2,54  | 2,5  | 2,9  | 3,4  |
| 2   | 5,08  | 3,6  | 4,6  | 5,2  |
| 3   | 7,62  | 4,9  | 5,7  | 6,7  |
| 4   | 7,62  | 6,1  | 6,9  | 8,0  |
| 5   | 12,7  | 7,3  | 8,0  | 9,2  |
| 6   | 15,24 | 8,1  | 8,9  | 10,3 |
| 7   | 17,78 | 8,9  | 9,7  | 11,1 |
| 8   | 20,32 | 9,7  | 10,6 | 11,8 |
| 9   | 22,86 | 10,5 | 11,5 | 12,7 |
| 10  | 25,40 | 11,3 | 12,2 | 13,5 |
| 16  | 40,64 | 16,0 | 15,8 | 18,7 |
| 20  | 50,80 | 19,2 | 18,2 | 22,1 |
| 24  | 60,96 | 22,4 | 20,6 | 25,5 |
| 30  | 76,20 | 27,1 | 24,3 | 30,7 |

**Caso A:** movimentar objeto para outra mão ou de encontro a um batente.

**Caso B:** movimentar objeto para localização aproximada ou indefinida

**Caso C:** movimentar objeto para localização exata

Tabela válida para movimentar objetos com, no máximo, 1.134 gramas.

Fonte: Martins & Laugeni, 2006

Quadro 5 - Dados de agarrar

| <b>DADOS DE AGARRAR:</b> agarrar é o elemento básico quando a finalidade é assegurar controle suficiente de um ou mais objetos com os dedos ou a mão para a execução do próximo passo |      |  |
|---|------|--|
| Caso  | TMU  |  |
| 1A  | 2,0  | Objetos facilmente agarrados   |
| 1B  | 3,5  | Objetos muito pequenos   |
| 1C1   | 7,3  | Objetos cilíndricos: diâmetro superior a ½ pol (1,27 cm)                           |
| 1C2   | 8,7  | Objetos cilíndricos: diâmetro de ¼ a ½ pol (0,64 cm a 1,27 cm)                     |
| 1C3   | 10,8 | Objetos cilíndricos: diâmetro inferior a ¼ pol (0,64 cm)                           |
| 2 e 3   | 5,6  | Reagarrar, agarrar e transferir  |
| 4A  | 7,3  | Objetos misturados com outros maiores que 1"x 1"x 1" (é necessário procurar)       |
| 4B  | 9,1  | Objetos misturados com outros de ¼ x ¼ x 1/8 a 1"x 1" x 1" (é necessário procurar) |
| 4C  | 12,9 | Objetos misturados com menores que ¼ x ¼ x 1/8 (é necessário procurar)             |
| 5   | 0    | Contato, escorregar e enganchar  |

Fonte: Martins & Laugeni, 2006

Quadro 6 - Dados de posicionar

| <b>DADOS DE POSICIONAR:</b> significa alinhar, orientar e montar um objeto com outro objeto. Para distância máxima de 1 pol (2,54 cm) |          |                |                  |
|---|----------|----------------|------------------|
| Classe de ajuste  | Simetria | TMU            |                  |
|   |          | Fácil manuseio | Difícil manuseio |
| 1. Frouxo   | S        | 5,6            | 11,2             |
|   | SS       | 9,1            | 14,7             |
|   | SN       | 10,4           | 16,0             |
| 2. Justo  | S        | 16,2           | 21,8             |
|   | SS       | 19,7           | 25,3             |
|   | SN       | 21,0           | 26,6             |
| 3. Exato  | S        | 43,0           | 48,6             |
|   | SS       | 46,5           | 52,1             |
|   | SN       | 17,8           | 53,4             |

Fonte: Martins & Laugeni, 2006

Quadro 7 - Dados de desmontar

| <b>DADOS DE DESMONTAR:</b> significa quebrar o contato entre dois objetos. Inclui o movimento involuntário resultante da quebra da resistência. |                |                  |
|---|----------------|------------------|
| Classe de ajuste  | TMU            |                  |
|   | Fácil manuseio | Difícil manuseio |
| 1. Frouxo   | 4,0            | 5,7              |
| 2. Justo  | 7,5            | 11,8             |
| 3. Exato  | 22,9           | 34,7             |

Fonte: Martins & Laugeni, 2006

Quadro 8 - Dados de Girar

| <b>DADOS DE GIRAR:</b> compreende o movimento de rotação da mão, pulso e antebraço, tendo como eixo o próprio antebraço. A mão pode estar vazia ou carregada |                                |      |      |      |      |      |      |      |
|--|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Peso   | Tempo em TMU para grau de giro |      |      |      |      |      |      |      |
|  | 30°                            | 45°  | 60°  | 75°  | 90°  | 120° | 150° | 180° |
| 1. Menor que 0,9 kg  | 2,8                            | 3,5  | 4,1  | 4,8  | 5,4  | 6,8  | 8,1  | 9,4  |
| 2. Entre 0,9 e 4,5 kg  | 4,4                            | 5,5  | 6,5  | 7,5  | 8,5  | 10,6 | 12,7 | 14,8 |
| 3. Entre 4,5 e 15,87 kg  | 8,4                            | 10,5 | 12,3 | 14,4 | 16,2 | 20,4 | 24,3 | 28,2 |

Fonte: Martins & Laugeni, 2006

Quadro 9 - Dados de soltar

| <b>DADOS DE SOLTAR:</b> significa abandonar o controle exercido pelos dedos ou mãos sobre um objeto |     |   |
|---|-----|---|
| Caso  | TMU | Descrição   |
| 1   | 2,0 | Soltar abrindo os dedos ou a mão  |
| 2   | 0,0 | Soltar de contato (o soltar se inicia e termina no instante em que o próximo alcançar tem início) |

Fonte: Martins & Laugeni, 2006

Também pode-se considerar o tempo para os olhos:

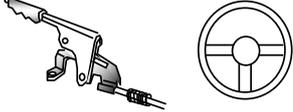
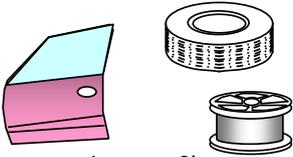
Quadro 10 - Dados de tempo para os olhos

|  |
|--|
| <p><b>DADOS PARA OS OLHOS:</b> na maioria das vezes, o tempo de deslocamento e focalização dos olhos não afeta o tempo da operação. Entretanto, quando os olhos dirigem os movimentos das mãos ou do corpo, este tempo tem que ser levado em consideração, sendo:</p>  |
| <p>Tempo de focalização dos olhos: Valor máximo = 7,3 TMU</p> <p>Tempo de movimentação dos olhos:<br/>           onde: <math>T</math> = distância dos pontos entre os quais os olhos se movimentam<br/> <math>D</math> = Distância perpendicular dos olhos à linha de movimentação <math>T</math><br/>           valor máximo = 20,0 TMU</p> |

Fonte: Martins & Laugeni, 2006

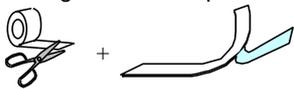
A indústria A, utiliza uma tabela própria chamada de *Desing Standard Time - DST*. Essa tabela é utilizada em todas as sedes da empresa montadora pelo mundo. Nela, cada micro movimento possui um tempo tabelado, de forma semelhante ao sistema MTM. A seguir pode-se ver alguns trechos dessa planilha nos Quadros 11 e 12 os quais não serão divulgados de forma completa por questões de confidencialidade. A unidade de medida utilizada para este método é o minuto.

Quadro 11 - Dados DST para coletar e posicionar

| Dimensão dos componentes  | Coletar   | Posicionar |
|---|-----------|------------|
| Partes pequenas <10cm<br>  | 0,02/peça | 0,03/peça  |
| Partes médias 10cm - 100cm<br>                                       | 0,05/peça | 0,04/peça  |
| Partes grandes > 100cm<br><br>> 1 m e > 8kg<br>Uma peça de cada vez. | 0,10/peça | 0,07/peça  |

Fontes: Empresa montadora

Quadro 12 - Dados DST de atividades

| Procedimento  | Pegar | Retirar | Cortar | Colar | Instalar | Total                |
|---|-------|---------|--------|-------|----------|----------------------|
| Etiquetagem<br>                | 0,02  | 0,02    | -      | 0,03  | -        | 0.07/peça            |
| Colagem de Faixas<br>          | -     | -       | -      | -     | 0,40     | 0.40/m               |
| Clipagem<br>                   | -     | -       | -      | -     | 0,01     | 0,01/peça            |
| Colagem de fita dupla face<br> | 0,03  |         |        | 0,07  | -        | (0,03 + 0,07)<br>x m |

Fonte: Empresa montadora

Com isso, o estudo de tempo é importante para se desenvolver o método mais adequado e de menor custo, para a padronizando a operação, para determinar o tempo que uma pessoa treinada leva para realizar uma tarefa e orientar o treinamento de novos funcionários (BARNES, 2008).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho.

#### 3.1 Descrição da Metodologia

A pesquisa foi focada na apresentação de propostas de soluções das não conformidades da empresa fornecedora levando em conta as peças fornecidas para a empresa montadora. O tempo de aplicação das propostas e a etapa de execução deste projeto não foram abordados neste trabalho, pois envolvem outros fatores além dos objetivos traçados, como por exemplo o impacto das mudanças em outros produtos e a visibilidade de oportunidades futuras os quais necessitam uma análise profunda dos negócios da empresa fornecedora.

O desenvolvimento das propostas de soluções levou em conta o estado atual dos elementos, a implementação das metodologias vistas nas revisões bibliográficas e apresentação dos resultados baseado em cálculos, análises, sugestões dos autores, de professores e de profissionais. Cada etapa de desenvolvimento é ilustrada a seguir.

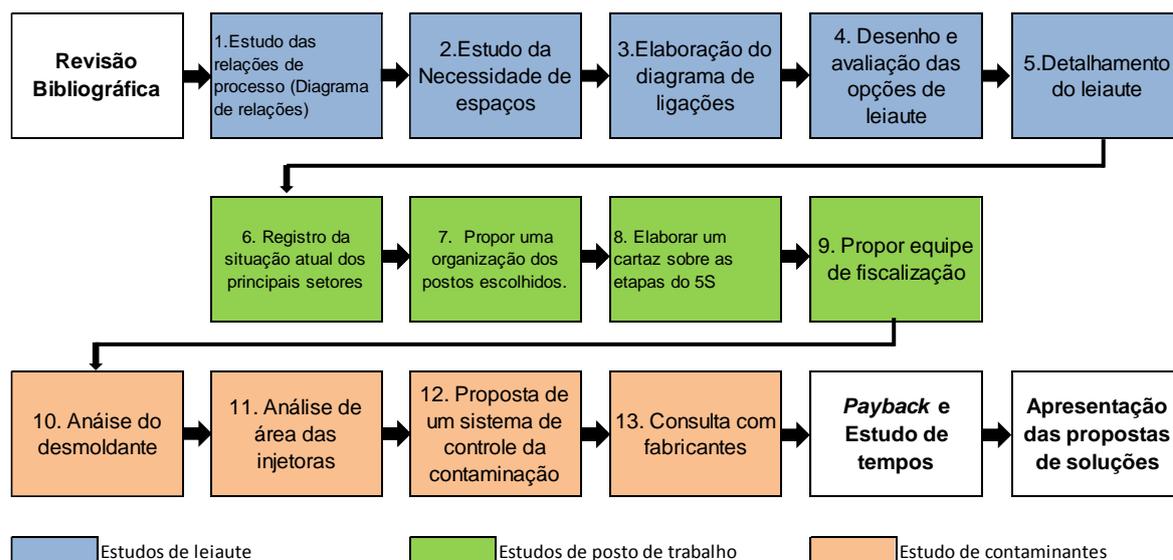


Figura 28 - Etapas da metodologia

Fonte: Os autores

Genericamente, este projeto foi dividido em três passos de acordo com os objetivos traçados; Estudos de leiaute, estudos de posto de trabalho e estudo dos contaminantes. Cada etapa seguindo uma metodologia descrita no capítulo 2.

### **3.1.1 Proposta de leiaute**

O estudo do leiaute foi baseado no SLP Simplificado, por ser a metodologia mais antiga e consagrada no campo da engenharia da produção. Além disso, esta metodologia é de fácil implementação sem a necessidade de grande experiência em projetos de leiautes. A etapa inicial foi a identificação das funções e características da empresa fornecedora e interligações entre elas. Em seguida foi estipulada a quantidade de espaço necessária de acordo com máquinas e os equipamentos. Com isso, foram montadas as relações e classificações dos pares de atividades elaborando o diagrama de relações. O produto final desta fase foi a visualização das relações dos processos e sua melhor distribuição.

Depois de feito o diagrama de relações, foram desenhadas opções de leiaute buscando a solução das não conformidades. Com os desenhos em mãos, foram feitos os estudos das alternativas através de critérios dos autores, dos profissionais e de professores focados na solução dos problemas.

### **3.1.2 Proposta de Posto de trabalho**

Baseando-se na metodologia 5S descrita no item 2.3.1, por ser amplamente usada, versátil e válida tanto para ambientes comerciais quanto industriais, foram analisados os principais postos de trabalho de cada processo. Pelo fato de a empresa fornecedora estar em outro estado a aplicação do programa 5S se deu através de uma forma diferente, desenvolvida pelos autores para contornar a questão da distância. Primeiramente foram registrados através de fotos a situação atual dos postos. Em seguida, analisando as imagens, foi proposta uma organização dos postos de tal forma que ficassem com espaço suficiente para a operação, com os materiais próximos ao funcionário e em locais de fácil acesso, possibilitando a realização da tarefa com a menor movimentação possível.

Por fim, foi proposto um cartaz informativo sobre o programa 5S e uma equipe que deverá ser responsável pela fiscalização, orientação e exigir que seus funcionários mantenham o padrão estabelecido.

### 3.1.3 Proposta para controle de contaminantes

Neste tópico foram verificadas as características do desmoldantes procurando entender o seu comportamento. Este estudo serviu para destacar critérios importantes para a proposição de um sistema de controle da contaminação. Após a mudança do leiaute, a disposição dos moldes e injetoras mudou. Essa mudança foi avaliada para verificar se o processo de aplicação do desmoldante não interferiu em processos ou produtos próximos.

Após a análise do tipo de desmoldante e da área de injeção, foi feito o estudo de um sistema para controle dos contaminantes referente ao uso do desmoldaste considerando os tópicos anteriores desta etapa. Após ser definido o sistema, foi feita a consulta com fabricantes a respeito do custo de implementação desta mudança.

Com as propostas de melhorias em mãos, cada etapa foi detalhada levando em conta suas vantagens de implementação. Esta análise é abordada no capítulo 4 do deste trabalho.

## 3.2 *Payback* e estudo de tempos

Para avaliar os resultados, objetivo desta monografia, foram adotadas as seguintes metodologias:

- A proposta de leiaute foi verificada tendo como referência o custo de implementação e o retorno financeiro (*payback*) da proposta. Primeiramente, optou-se por avaliar o leiaute com base na redução do tempo de produção do aerokit devido as mudanças levantadas. Esse critério seria o mais lógico, uma vez que a não conformidade atribuída ao leiaute está relacionada com o tempo. Porém, como a implementação não faz parte deste trabalho, não foi possível obter o tempo total de fabricação da proposta e, conseqüentemente, não foi possível compará-lo com o tempo atual, que também não foi fornecido por questões de confidencialidade. Para contornar esses problemas e apresentar os benefícios das propostas ao leitor e a empresa fornecedora, optou-se pelo cálculo do retorno financeiro.
- A organização dos postos de trabalho foi avaliada baseando-se em comparações entre os tempos padrões atuais de processos e os tempos

padrões estimados, considerando as propostas à serem implementadas. O tempo padrão atual foi fornecido pela empresa fornecedora, enquanto o tempo padrão da proposta foi calculado com base nas tabelas de tempos padrões do sistema MTM e as tabelas DST fornecidos pela empresa montadora.

- Para o problema dos contaminantes, a implementação de um sistema de exaustão apropriado deve eliminar a não-conformidade. Para isso, foi feita uma verificação visual das peças visando uma redução significativa da mesma.

### **3.3 Produtos do Projeto**

O produto deste projeto foi uma sugestão para empresa fornecedora de um novo leiaute, uma proposta de organização dos principais postos de trabalho e uma sugestão de sistema de exaustão para o processo de aplicação de desmoldante.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é abordado o desenvolvimento das metodologias contemplado pelas revisões bibliográficas.

### 4.1 Considerações iniciais

Antes da aplicação da metodologia descrita analisou-se as informações sobre a empresa fornecedora. A disposição atual das máquinas e recursos estão ilustrados na Figura 28.

O estudo do leiaute teve como foco toda a área da empresa fornecedora, o qual possui 2040 m<sup>2</sup> sendo 1340 m<sup>2</sup> de área interna. É possível notar que as áreas na cor roxa, são destinadas a fabricação de outros produtos não automotivos. Esta região foi considerada na análise do leiaute, uma vez que precisa ficar dentro do galpão. Entretanto, um estudo detalhado não foi feito pois não é o objetivo deste trabalho.

As áreas da lavadora de peças (área em azul), depósito J, matrizaria<sup>6</sup> (MAT), serralheria (SER), caixa d'água, depósito de químico, jato<sup>7</sup> e ferramentaria se localizam na parte externa da empresa. A lavadora e a caixa d'água possuem tubulações e drenos instalados, sendo bastante onerosa a sua realocação. Mover a cabine de pintura e seus agregados, indicados na cor verde, requerem um tempo considerável de desmontagem e montagem, dessa forma também não são indicados para movimentação.

Por último, o galpão da empresa fornecedora é alugado sendo que mudanças estruturais do prédio não são recomendadas sendo o caso do escritório e dos banheiros os quais são feitos em alvenaria.

Para facilitar no estudo e avaliação das propostas, marcou-se as áreas que são geradoras de contaminantes com um ponto vermelho. Na Figura 28 nota-se que essas áreas se encontram próximas a cabine de pintura, ilustrando como o leiaute também tem influência na não conformidade de contaminação na pintura.

---

<sup>6</sup> Setor destinado a fabricação de moldes para injeção. Fonte: Empresa fornecedora (2016).

<sup>7</sup> Área reservada ao jateamento, processo do qual se dá um tipo de acabamento final em peças não fazendo parte da fabricação do aerokit. Fonte: Empresa fornecedora (2016).

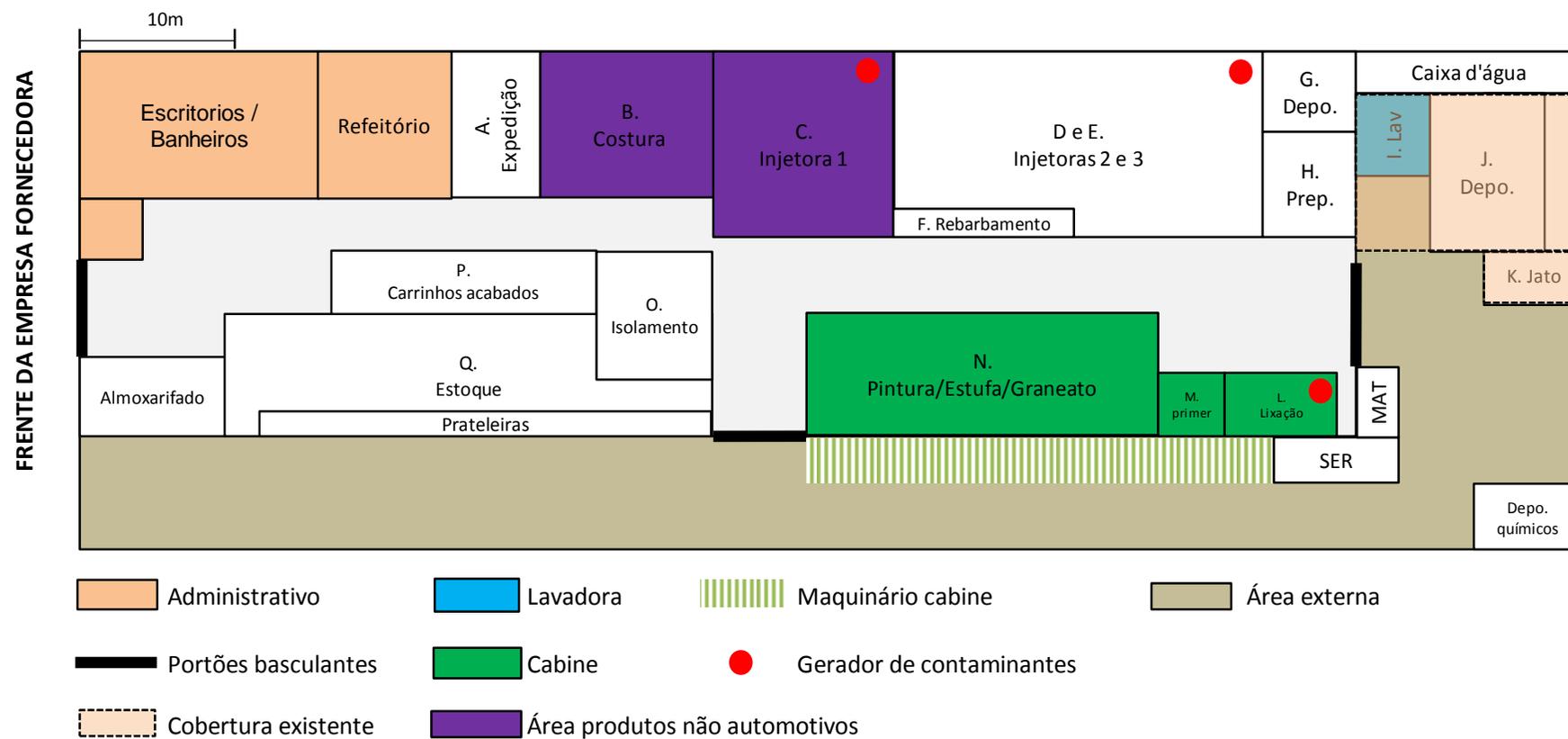
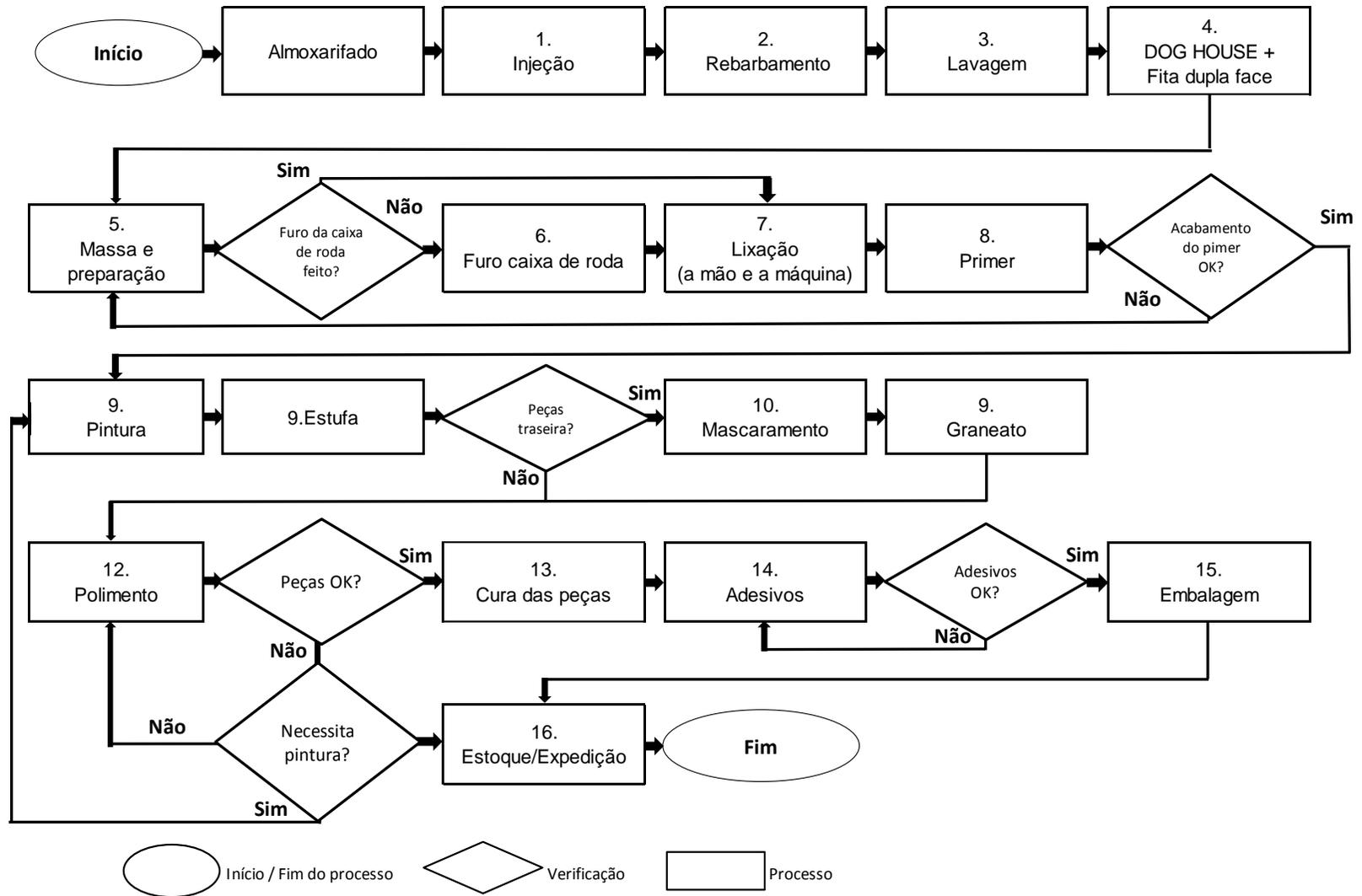


Figura 29 – Leiaute Atual da empresa fornecedora.

Fonte: Elaborado pela Empresa fornecedora. Detalhado pelos autores (2017).



**Figura 30 – Fluxograma de fabricação do aerokit**

Fonte: Empresa montadora (2017).

## 4.2 Fluxograma de produção

Em paralelo ao estudo do leiaute, pode-se observar o fluxograma de produção do aerokit, mostrado na Figura 30, baseando-se nas etapas de processo. A numeração do fluxograma segue uma ordem para facilitar o entendimento do processo com relação a disposição no leiaute.

Cada processo é descrito a seguir:

1. **Injeção** – Processo no qual é aplicado o desmoldante e posteriormente injeção de PU, moldando no formato desejado.
2. **Rebarbamento** – Remoção das rebarbas de PU das peças injetadas.
3. **Lavagem** – Remoção por completa de desmoldante da peça.
4. **Colagem dos *Dog house* (DH) e fita dupla face (DF)** – Para que o conjunto fixe fisicamente no carro é necessário que eles sejam anexados com cliques. Esses cliques são suportados por peças plásticas comumente chamados na indústria de *dog houses*. Além desses cliques, é necessário a aplicação de fita dupla face o qual tem a função de promover melhores aderências entre as peças em contato. O resultado desta etapa é ilustrado pela Figura 30.

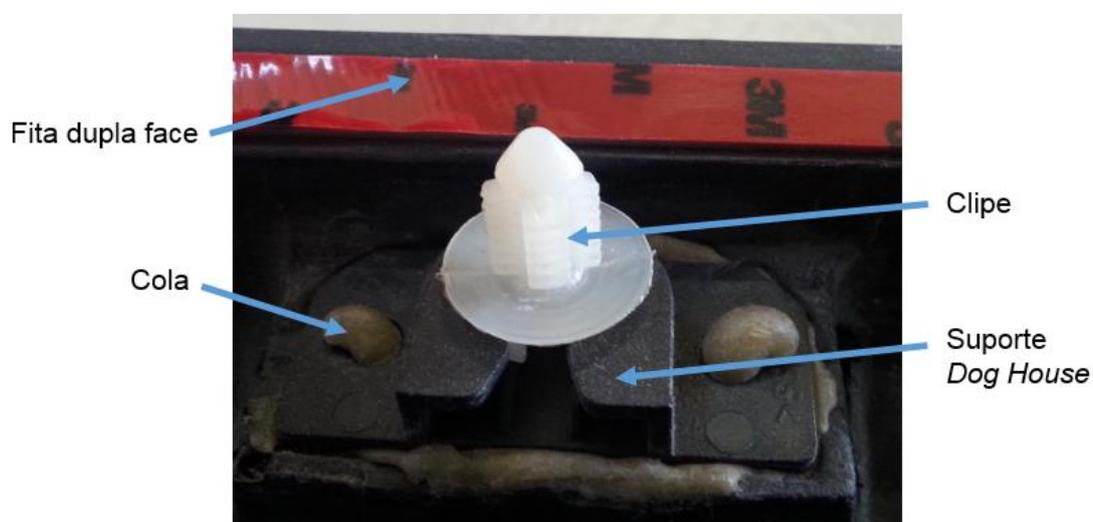


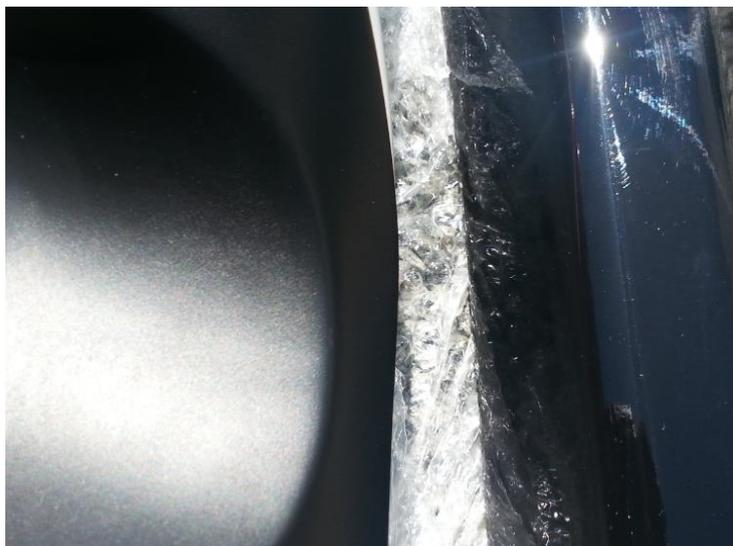
Figura 31 – Produto final da etapa 4.

Fonte: Os autores (2017).

5. **Massa e preparação** – Etapa na qual é aplicada massa no aerokit para cobrir eventuais imperfeições, preparando para a lixação.

6. **Furação** – Para montar o aerokit no veículo, é necessário fazer furos de modo a utilizar as mesmas furações e parafusos do automóvel.
7. **Lixação** – Etapa para remover o excesso de massa da superfície e preparar o aerokit para pintura.
8. **Primer** – Aplicação de agente químico para melhor aderência da pintura.
9. **Pintura/Estufa/Graneato** – A pintura é a aplicação de acabamento colorido de acordo com a solicitação do cliente. Este processo é feito dentro de uma cabine de pintura, assim como a secagem na estufa e o graneato.

O graneato é uma pintura com uma tinta mais espessa se comparada com as tintas automotivas convencionais, o que dá um acabamento levemente enrugado. A Figura 31 a seguir compara uma peça com graneato (peça esquerda) e outra pintada na cor preta (direita).



**Figura 32 - Graneato x pintado.**  
**Fonte: Os autores (2017).**

Na foto , a mancha branca a esquerda é apenas o reflexo do sol em uma superfície rugosa e o ponto branco a direita é o reflexo do sol em uma superfície lisa.

10. **Mascaramento** - Nota-se que todas as peças do aerokit seguem o fluxo exceto a peça traseira, o qual vai para o mascaramento e posteriormente o graneato. O mascaramento é o processo de envelopar a peça deixando exposta somente a área que precisará de um acabamento diferente. Esse processo ocorre

depois da secagem da tinta base, sendo o mascaramento feito fora da cabine de pintura.

12. **Polimento** – Dar brilho as peças pintadas que necessitarem.
13. **Cura das peças** – Área destinada ao “descanso” das peças para secagem completa da tinta e da cola a temperatura ambiente.
14. **Adesivos** – Se necessário, a colagem de adesivos é feita para complementar o design do aerokit.
15. **Embalagem** – Envolver as peças em plástico, encaixotar para posterior envio para os clientes.

Com a introdução das características da empresa fornecedora é possível dar início as etapas de aplicação da metodologia.

### 4.3 Estudo de leiaute

Neste tópico foram elaboradas novas propostas de leiaute, seguindo a metodologia do SLP simplificado. O primeiro passo desse método é a elaboração do diagrama de relações.

#### 4.3.1 Diagrama de relações

Como revisado no capítulo 2.2.5.2 a aplicação do diagrama de relações leva em conta dois fatores importantes: razões de proximidade e grau de proximidade. A Figura 31 mostra todas as relações da empresa fornecedora baseando-se nas condições de proximidade.

Neste diagrama foi incluído todos os processos e setores da fábrica para elaborar a proposta de novo leiaute. Algumas atividades foram aglomeradas devido ao uso da mesma estrutura, como é o caso da câmara de pintura, a área de costura, a área logística e a área administrativa (escritórios, banheiros e refeitório).

A costura e a injetora 1 precisam ficar juntas pois produzem outros produtos da empresa fornecedora. O setor logístico (Estoque/almojarifado e Expedição/Recebimento) se manterão juntas por compartilhar a mesma estrutura de armazenamento. Já a área administrativa deve ficar junta como descrito no item 4.1.

Desse modo, teve-se 16 itens para serem estudados, totalizando 120 interações. Para distinguir atividades importantes o SLP simplificado propõe o uso da tabela da razão de proximidade. A razão de proximidade julga quais são as

prioridades em ordem decrescente de importância para a nova mudança de acordo com os objetivos da reorganização do leiaute. No caso da empresa fornecedora, os objetivos foram:

**1° – Possibilidade de contaminação**

**2° – Movimento de material;**

**3° – Comodidade.**

A escolha do critério de possibilidade de contaminação levou em conta os resíduos gerados de uma etapa que podem interferir com os outros processos. Este parâmetro buscou identificar todos os potenciais riscos que influenciavam na não conformidade de contaminação na pintura. Enquanto a de movimento de material almejou direcionar e suavizar o fluxo de fabricação, minimizando o deslocamento das peças dentro da área fabril e também eliminando a não conformidade de atraso na entrega. Por último, o critério de comodidade focou minimizar distância entre etapas relacionadas.

Escolhido os critérios, determinou-se o grau de proximidade das 120 relações. Os graus avaliaram a proximidade entre setores de acordo com suas características. Para este trabalho foi levado em conta quatro atribuições:

**A – Absolutamente necessário;**

**O – Proximidade normal;**

**U – Sem importância;**

**X – Não desejável.**

O grau “A” foi definido para etapas que precisam ficar próximas de modo minimizar os deslocamentos do processo. A nota “O” é atribuída para funções as quais era desejável estarem próximas, mas caso não fosse possível, não haveria impacto significativo na produção. Exemplo: O estudo da proximidade do almoxarifado com as outras áreas.

O grau “U” foi atribuído a etapas que não interferem com outros processos. A atribuição “X” serviu para destacar os processos que geram potenciais resíduos causadores de não conformidade ou podem ser tóxicos para pessoas se o resíduo for exposto a áreas de higiene e alimentação.

Um pouco diferente do que foi abordado na metodologia, todas as etapas do SLP simplificado foram digitalizadas. O objetivo em não fazer manualmente todo o

processo foi a busca da organização e clareza ao mostrar os resultados. Apesar da decisão por esta mudança, manteve-se fiel as características de cada etapa. Assim, obteve-se o diagrama de relações mostrado abaixo na Figura 33:

| DIAGRAMA DE RELAÇÕES |                         | Injeção | Rebarbamento | Lavagem | DH+DF  | Massa e prep. | Furação | Lixação | Primer | Pintura | Mascaramento | Costura / Inji | Polimento | Cura peças (48hrs) | Adesivos | Embalagem | Est/Almox Rec/Exp | Administrativo |
|----------------------|-------------------------|---------|--------------|---------|--------|---------------|---------|---------|--------|---------|--------------|----------------|-----------|--------------------|----------|-----------|-------------------|----------------|
| ID                   | Nome da UP              | 1       | 2            | 3       | 4      | 5             | 6       | 7       | 8      | 9       | 10           | 11             | 12        | 13                 | 14       | 15        | 16                | 17             |
| 1                    | Injeção                 |         | A<br>2       | X<br>1  | X<br>1 | X<br>1        | U<br>1  | X<br>1  | X<br>1 | X<br>1  | X<br>1       |                | U<br>1    | U<br>1             | U<br>1   | U<br>1    | O<br>3            | X<br>1         |
| 2                    | Rebarbamento            |         |              | A<br>2  | U<br>1 | U<br>1        | U<br>1  | U<br>1  | U<br>1 | U<br>1  | U<br>1       |                | U<br>1    | U<br>1             | U<br>1   | U<br>1    | O<br>3            | U<br>1         |
| 3                    | Lavagem                 |         |              |         | A<br>2 | U<br>1        | X<br>1  | X<br>1  | U<br>1 | U<br>1  | U<br>1       |                | U<br>1    | U<br>1             | U<br>1   | U<br>1    | O<br>3            | X<br>1         |
| 4                    | Dog House+ Dupla face   |         |              |         |        | A<br>2        | U<br>1  | X<br>1  | X<br>1 | U<br>1  | X<br>1       |                | U<br>1    | U<br>1             | U<br>1   | U<br>1    | O<br>3            | U<br>1         |
| 5                    | Massa e preparação      |         |              |         |        |               | A<br>2  | U<br>1  | X<br>1 | X<br>1  | U<br>1       |                | U<br>1    | U<br>1             | U<br>1   | U<br>1    | O<br>3            | U<br>1         |
| 6                    | Furação                 |         |              |         |        |               |         | A<br>2  | U<br>1 | U<br>1  | U<br>1       |                | U<br>1    | U<br>1             | U<br>1   | U<br>1    | O<br>3            | U<br>1         |
| 7                    | Lixação                 |         |              |         |        |               |         |         | A<br>1 | X<br>1  | X<br>1       |                | X<br>1    | X<br>1             | X<br>1   | X<br>1    | O<br>3            | X<br>1         |
| 8                    | Aplicação Primer        |         |              |         |        |               |         |         |        | A<br>2  | X<br>1       |                | X<br>1    | X<br>1             | X<br>1   | X<br>1    | O<br>3            | U<br>1         |
| 9                    | Pintura/Estufa/Graneato |         |              |         |        |               |         |         |        |         | A<br>2       |                | A<br>1    | X<br>1             | X<br>1   | X<br>1    | X<br>1            | X<br>1         |
| 10                   | Mascaramento            |         |              |         |        |               |         |         |        |         |              |                | U<br>1    | U<br>1             | U<br>1   | U<br>1    | O<br>3            | U<br>1         |
| 11                   | Costura/Injetora 1      |         |              |         |        |               |         |         |        |         |              |                |           |                    |          |           |                   |                |
| 12                   | Polimento               |         |              |         |        |               |         |         |        |         |              |                |           | A<br>2             | U<br>1   | U<br>1    | O<br>3            | U<br>1         |
| 13                   | Cura peças (48hrs)      |         |              |         |        |               |         |         |        |         |              |                |           |                    | A<br>2   | U<br>1    | O<br>3            | U<br>1         |
| 14                   | Adesivos                |         |              |         |        |               |         |         |        |         |              |                |           |                    |          | A<br>2    | O<br>3            | U<br>1         |
| 15                   | Embalagem               |         |              |         |        |               |         |         |        |         |              |                |           |                    |          |           | A<br>2            | O<br>3         |
| 16                   | Est/Almox/ Rec/Exp      |         |              |         |        |               |         |         |        |         |              |                |           |                    |          |           |                   | O<br>2         |
| 17                   | Administrativo          |         |              |         |        |               |         |         |        |         |              |                |           |                    |          |           |                   |                |

| Valores de proximidade | cod | Razão                         |
|------------------------|-----|-------------------------------|
|                        | 1   | Possibilidade de contaminação |
|                        | 2   | Movimento de material         |
|                        | 3   | Conveniência                  |

| Grau de proximidade  | Valor         | Proximidade              | Nº  |
|----------------------|---------------|--------------------------|-----|
|                      | A             | Absolutamente Necessário | 14  |
|                      | E             | Especialmente Importante | -   |
|                      | I             | Importante               | -   |
|                      | O             | Proximidade Normal       | 14  |
|                      | U             | Sem Importância          | 60  |
| X                    | Não Desejável | 32                       |     |
| Total = N x (N-1)/ 2 |               |                          | 120 |

Figura 33 – Diagrama de relações empresa fornecedora.

Fonte: Os autores (2017).

Nota-se que para a atividade 11 não foi feita a análise das relações justamente por não ser o objetivo deste trabalho. Porém, a sua área precisou ser considerada no estudo do leiaute.

#### **4.3.2 Necessidade de espaços**

Com o diagrama de relações pronto, o próximo passo do SLP simplificado foi o preenchimento da folha das áreas e características das atividades, conforme pode ser observado no Quadro 13.

Para cada um dos 16 itens do diagrama de relações verificou-se a necessidade de espaço para desenvolver a atividade. Nota-se que há setas para cima e para baixo as quais indicam que uma ou mais atividades são feitas em uma mesma área.

Em paralelo, para cada característica física necessária, foi justificado o motivo desta solicitação conforme pode ser observado na última coluna do quadro.

As atividades 4, 5 e 6 foram agrupadas de modo a serem feitas em na mesma área por serem atividades simples. No mesmo conceito, as tarefas 14 e 15 também podem ser feitas na mesma bancada.

Quadro 13 – Relações de espaços da empresa fornecedora.

| FOLHA DAS ÁREAS E<br>CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES |                                   |        | Características Físicas Necessárias                   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
|---|-----------------------------------|--------|---|--------------|--------------------------|-------------------|-------------------------|--|-------|---------------|--------------------|--------------------------------|---------------------|--|
| n°  | Nome                              | Área   |   | Altura livre | Carga admissível no teto | Carga Max do Piso | Espaço Mínimo da Coluna | Água e Dreno   | Vapor | Ar Comprimito | Fundações ou poços | Perigo de Incendio ou Explosão | Ventilação Especial | Anote os Requisitos Necessários para a Forma ou configuração e consequentemente as Razões. |
|   |                                   | em:    | m <sup>2</sup>  |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
|   |                                   | Total  | Anote a unidade e a quantidade necessária de cada um. |              |                          |                   |                         | Importancia Relativa das Características   |       |               |                    |                                |                     |  |
|   |                                   | 1106,3 |   |              |                          |                   |                         | A Absolutamente Necessario<br>E Especialmente Importante<br>I Importante<br>O Importancia Normal<br>-- Não Exegido |       |               |                    |                                |                     |  |
| 1   | Desmoldante/Injetas 2 e 3         | 165,3  |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                | I                   | Ventilação devido a temperatura do desmoldante 70°C  |
| 2   | Rebarbamento                      | 14,7   |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 3   | Lavagem                           | 28,0   |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 4   | Dog house+DF                      | 27,3   |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 5   | Massa e Prep                      | ↑      |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 6   | Furo cx roda                      | ↑      |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 7   | Lixação                           | 20,1   |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                | A                   | Evitar que a residuos da lixação atinja outras peças                                       |
| 8   | Aplicação primer                  | 12,3   |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 9   | Pintura/Estufa/Graneato           | 123,2  |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                | A                   | Câmara de pintura  |
| 10  | Mascaramento                      | 20,1   |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 11  | Costura/Inj 1                     | 171,9  |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                | I                   | Ventilação devido a temperatura do desmoldante 70C   |
| 12  | Polimento                         | 52,9   |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 13  | Cura peças (48hrs)                | 131,7  |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 14  | Adesivos                          | 52,9   |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 15  | Embalagem                         | ↑      |   |              |                          |                   |                         |  |       |               |                    |                                |                     |  |
| 16  | Estoque/Almox Rec/Exp             | 131,7  | A   |              | I                        |                   |                         |  |       |               |                    |                                | A                   | Uso de prateleiras e mezanino  |
| 17  | Escritorios/ Banheiros/Refeitório | 154,2  |   |              |                          |                   |                         | A  |       |               |                    |                                |                     | Encanamento para torneira e pia  |

Fonte: Os autores (2017).

### 4.3.3 Diagrama de ligações

Com a tabela de necessidade de espaço preenchida, o passo seguinte foi a construção do diagrama de ligações. O diagrama auxilia visualmente como deve dispor os setores e os processos na busca das melhores opções de leiaute. A Figura 33 mostra este diagrama.

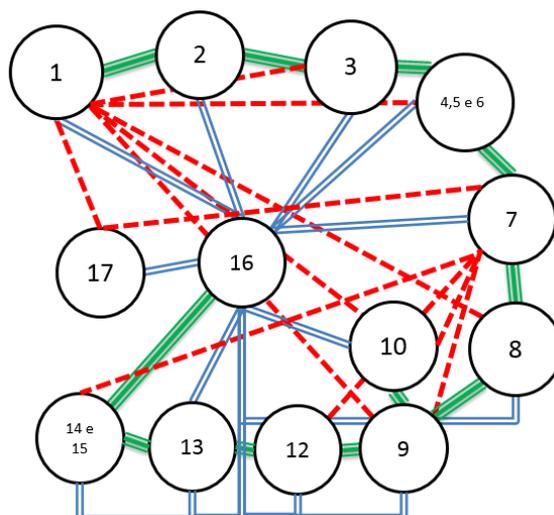
Para ajudar a elaboração do diagrama de ligações, montou-se todos os itens do diagrama usando o Microsoft Excel. O motivo da escolha por este programa foi a facilidade de adicionar e alterar formas geométricas de acordo com as necessidades. Assim, para cada grau teve-se uma linha usada conforme mostrado a seguir na Tabela 7:

**Tabela 7 – Grau de proximidade ilustrada**

| Grau de proximidade          | Quantidade | Linha Excel usada   |
|------------------------------|------------|---|
| A - Absolutamente necessário | 14         |  |
| O – Proximidade normal       | 14         |  |
| U – Sem importância          | 60         | -   |
| X – Não desejável            | 32         |  |

**Fonte: Os autores (2017).**

Como os graus “U” representam quase a metade das indicações, optou-se em não os mostrar no diagrama procurando ter uma visão mais clara das relações. A próxima figura ilustra esse diagrama.



**Figura 34 – Diagrama de ligações da empresa fornecedora.**  
**Fonte: Os autores (2017).**

Como as atividades 4, 5, 6, 14 e 15 estão agrupadas, as relações nestes casos foram englobadas, logo a quantidade de ligações A, O e X são menores do que consta no diagrama de relações.

#### 4.3.4 Elaboração das propostas

Com o diagrama de relações feito, foi possível a elaboração das propostas de leiaute. As figuras 34, 37 e 39 mostram as 3 opções projetadas. Cada uma das propostas com um foco específico:

**Opção A – Fluxo:** Proposta focada no melhoramento do fluxo do processo produtivo. Esta alternativa propôs uma solução ao controle de contaminantes através do isolamento das injetoras e com o uso de um apropriado sistema de ventilação. A vantagem desta opção foi o aproveitamento do leiaute atual da empresa de modo que o fluxo produtivo não se cruzasse, formando um “U”. A imagem advir mostra essa opção.



Outro recurso para auxiliar no controle dos contaminantes é a instalação de cortinas de ar. Esses equipamentos direcionam o ar de forma laminar evitando, além da entrada de poeiras, a troca de calor entre ambientes entre outras características. A Figura 36 ilustra o funcionamento e os benefícios desse tipo de equipamento.



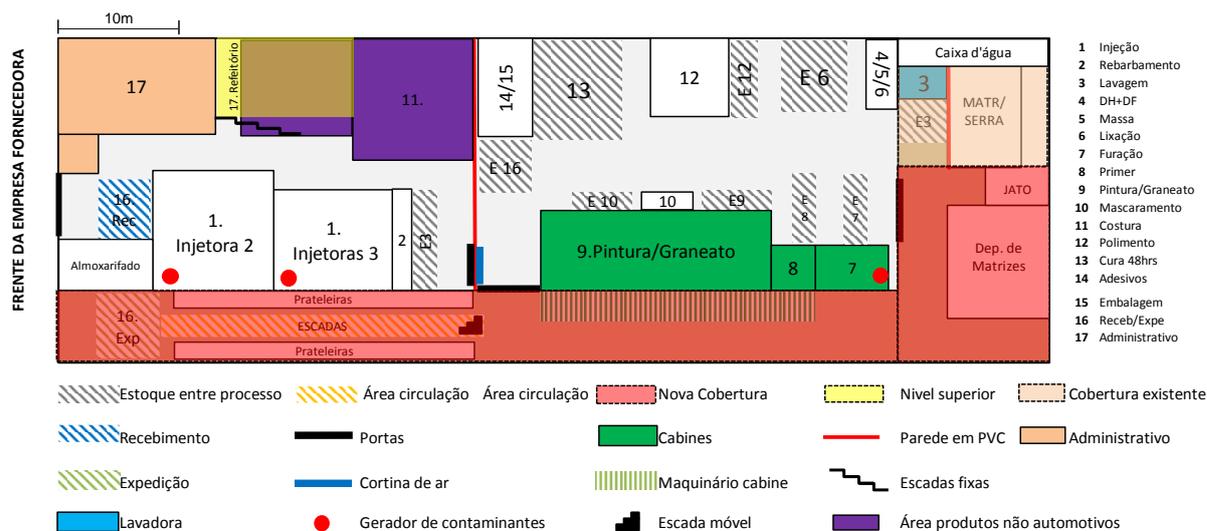
**Figura 37 – Funcionamento da cortina de ar.**  
**Fonte: Refrigas (2017).**

**Opção B – Área total:** Baseado no *know-how*<sup>9</sup> e *benchmarking*<sup>10</sup> dos profissionais da empresa montadora. Foi proposto um leiaute de modo a separar as injetoras das demais áreas da fábrica. Segundo estes profissionais, essa medida é comum em fábricas que tem os padrões de qualidade mais rígidos.

Como esta opção usava toda a área da empresa fornecedora, fez-se necessário a construção de uma estrutura em alvenaria a mais na parte externa. O principal ponto desta proposta foi o isolamento de contaminantes e o aumento da área produtiva aproveitando a área externa do galpão. Essas características podem ser vistas na próxima imagem.

<sup>9</sup> Em português: “Saber como”. Sigla usada no meio profissional para adjetivar profissionais ou empresas que dominam um processo produtivo. Fonte: Significados (2017).

<sup>10</sup> Processo de comparação de produtos, serviços entre empresas do mesmo segmento. Fonte: Significados (2017)



**Figura 38 - Proposta com foco no uso da área total.**

Fonte: Os autores/Empresa montadora (2017).

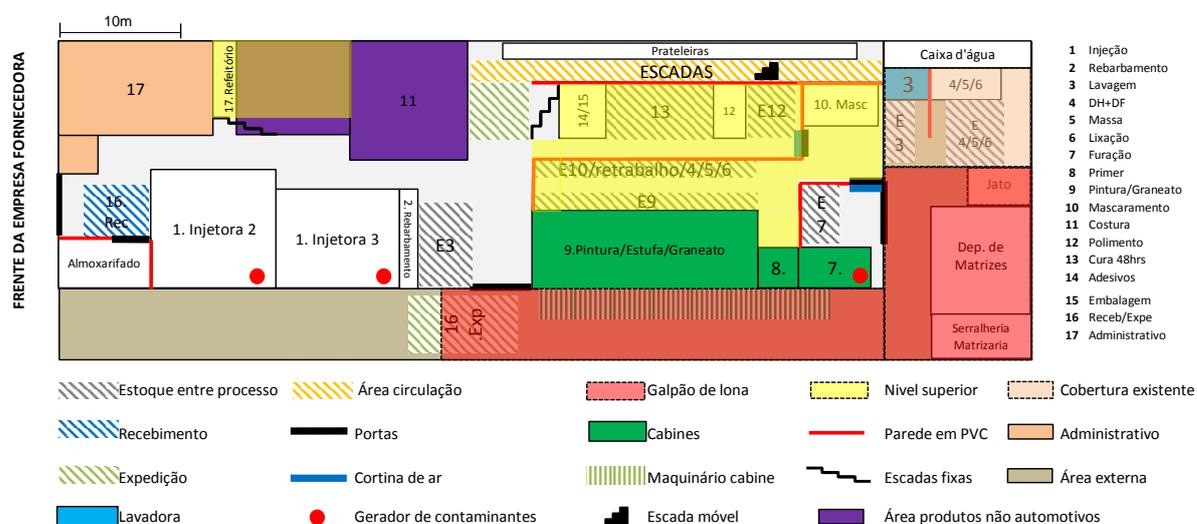
Nesta proposta além da construção em alvenaria na parte externa, pensou-se na elevação do refeitório através da construção de um nível superior (área em amarela) de modo a otimizar a área produtiva. A imagem a seguir ilustra um modelo de elevação comumente chamado de mezanino.



**Figura 39 – Mezanino com estrutura de aço.**

Fonte: Embal (2017).

**Opção C – Isolamento da pintura:** Proposta focada no isolamento da cabine de pintura das demais áreas. Neste rearranjo seria necessário o projeto de um sistema de ventilação para evitar desconforto térmico e remover odores de produtos aplicados no processo de pintura. O ponto positivo desta opção era a otimização da área acima da pintura através da construção de um mezanino. Esta área poderia servir como depósito ou área produtiva, além do aproveitando da altura do galpão conforme ilustrado abaixo.



**Figura 40 - Proposta com foco no isolamento da pintura.**

Fonte: Os autores / Empresa montadora (2017).

#### 4.3.5 Avaliação das propostas

Com as propostas em mãos, aplicou-se a penúltima etapa do SLP simplificado, preenchimento da folha de avaliação das propostas. Para a escolha da melhor proposta, foi necessário estabelecer alguns parâmetros de avaliação e peso para os critérios.

Os parâmetros de avaliação foram atribuídos de acordo com conceitos de engenharia normalmente usados no meio empresarial em conjunto com os objetivos deste trabalho. Desta maneira, os critérios foram:

**1- Controle dos contaminantes.** Como 40% das não conformidades são causadas por problema de contaminação na pintura, este critério de avaliação foi levado em conta na escolha da melhor proposta, sendo atribuído o maior peso.

**2- Menor custo:** Um dos pilares de qualquer projeto de engenharia é o custo. Embora as propostas de leiaute gerem soluções eficientes, o custo de implementação é um fator crucial a ser considerado. Desse modo o peso desse critério foi igual ao critério anterior.

**3- Aproveitamento da área fabril –** Esse critério avaliava a otimização tanto do uso da área superficial quanto da altura do galpão da empresa fornecedora. O peso atribuído foi intermediário pois não era uma condição crítica como os critérios anteriores.

**4- Eficiência de movimento –** Esse quesito levou em conta a suavidade do fluxo de peças durante a fabricação. Embora a atual movimentação de peças na empresa fornecedora gere não conformidades de atraso de entrega, ela representa 15% dos problemas, logo foi atribuído um peso intermediário a este parâmetro.

**5- Aproveitamento do leiaute anterior –** Na busca do menor tempo de implementação, essa opção necessitou que se avaliasse o maior aproveitamento do leiaute atual da empresa fornecedora. Como este quesito não era uma condição crítica ou intermediária, foi dada o menor peso a este critério.

Em paralelo aos pontos de avaliação definiram-se as notas para cada avaliação:

**A – Quase perfeito –** Nota atribuída para condições que atendessem completamente o ponto avaliado. Neste trabalho definiu-se a nota A com o valor 4.

**I – Resultados importantes –** Pontuação fornecida às opções que gerassem resultados importantes, mas não atendessem completamente o quesito desejado. Como essa nota considerava o resultado gerado como relevante, a nota atribuída teve valor 3.

**O – Resultados normais –** Valor dado quando a condição não sofreu alteração se comparado ao leiaute atual da empresa fornecedora, tendo valor igual a 2.

**U – Resultados sem importância –** Escore atribuído a parâmetros que em comparação a outras opções fossem desvantajosos – Valor 1.

O Quadro 14 avalia as 3 opções de acordo com os pontos de avaliação. As notas foram atribuídas pelos autores deste trabalho em conjunto com os profissionais da empresa montadora.

**Quadro 14 – Avaliação dos leiautes**Fabrica/Área **Empresa P**Projeto: **Mudança de leiaute**Data: **mar/17**

Descrição das alternativas

|    |                                      |    |   |
|----|--------------------------------------|----|---|
| A. | <b>Foco no fluxo</b>                 | D. | - |
| B. | <b>Foco no uso da área total</b>     | E. | - |
| C. | <b>Foco no isolamento da pintura</b> | F. | - |

Peso atribuído por: **Autores**Class e calc por: **Empresa A / Autores**

|                | Fator / Consideração               | W.T. | A         | B         | C         | D | OBS |
|----------------|------------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|---|-----|
| 1              | Controle de contaminantes          | 8    | I<br>24   | A<br>32   | A<br>32   |   |     |
| 2              | Menor custo                        | 8    | A<br>32   | U<br>8    | I<br>24   |   |     |
| 3              | Aproveitamento da área fabril      | 4    | O<br>8    | A<br>16   | A<br>16   |   |     |
| 4              | Eficiência de movimento            | 4    | A<br>16   | I<br>12   | I<br>12   |   |     |
| 5              | Aproveitamento do leiaute anterior | 2    | A<br>8    | O<br>4    | I<br>6    |   |     |
| 6              |                                    |      |           |           |           |   |     |
| 7              |                                    |      |           |           |           |   |     |
| 8              |                                    |      |           |           |           |   |     |
| 9              |                                    |      |           |           |           |   |     |
| 10             |                                    |      |           |           |           |   |     |
| <b>TOTAIS:</b> |                                    |      | <b>88</b> | <b>72</b> | <b>90</b> |   |     |

OBS

A - Quase perfeito (4)

O - Resultados normais (2)

I - Resultados importantes (3)

U - Resultado sem importancia (1)

**Fonte: Os autores (2017).**

Baseando-se na avaliação das propostas, nota-se que a opção A tinha as melhores opções em menor custo, eficiência de movimento e aproveitamento do leiaute anterior. Enquanto isso, a opção B era uma boa alternativa em controle dos contaminantes e aproveitamento da área fabril, porém o custo de implementação tornava a opção não tão vantajosa. Por fim, a opção C era uma ótima alternativa para controle dos contaminantes e aproveitamento da área fabril, também apresentando um bom resultado nos outros critérios de avaliação.

Dessa maneira somando-se as notas atribuídas, concluiu-se que a opção C era a melhor alternativa de leiaute para a empresa fornecedora.

#### **4.3.6 Detalhamento da proposta**

Feita a escolha do leiaute, a próxima etapa é o detalhamento da proposta. Entretanto, esta parte só pode ser realizada após o estudo e proposta de alterações dos postos de trabalho com a aplicação da metodologia 5S e das soluções obtidas para o controle de contaminantes.

### **4.4 Estudo dos postos de trabalho**

Após a escolha do leiaute que melhor atendeu os requisitos e tendo a área de cada processo definida, passou-se para a etapa de organização dos postos de trabalho. Neste tópico, estudou-se os processos que apresentavam mais problemas e procurou-se organizá-los de forma a otimizar a produção. Conforme já abordado anteriormente, optou-se pela metodologia 5S para a organização dos postos.

#### **4.4.1 Registro da situação atual dos principais setores**

A primeira parte do desenvolvimento foi o registro fotográfico dos postos na situação atual. Essas fotos foram usadas não só para exemplificar a situação atual da empresa, mas também como base para realizar as propostas de melhorias, uma vez que, a empresa fornecedora fica em outro estado e não era viável para os autores novos deslocamentos, permanência e despesas de estadia necessários para a realização desse estudo de forma presencial.

Com relação à escolha de quais postos seriam estudados, optou-se por aqueles que apresentam os piores cenários ou não possuem uma área bem definida.

#### **4.4.2 Proposta de organização dos postos**

Obtidas as fotos, fez-se a análise dos postos escolhidos. Cada posto foi organizado seguindo as etapas do 5S abordadas no capítulo anterior.

No primeiro passo, seleção e descarte de materiais, optou-se por seguir as seguintes recomendações:

- Materiais usados diariamente devem ficar no posto de trabalho.
- Materiais usados semanalmente devem ser armazenados próximos ao posto de trabalho, dentro da área do processo.
- Materiais usados mensalmente, trimestralmente ou semestralmente devem ficar armazenados no depósito.
- Materiais sem uso devem ser descartados

Já para a segunda etapa, que se refere à ordenação, escolheu-se desenvolver o leiaute específico para cada processo selecionado, definindo um padrão de organização e disposição do posto de trabalho que deverá ser seguido.

Para as demais etapas do 5S (limpeza, padronização e disciplina) foi desenvolvido um cartaz com instruções a serem seguidos por todos os funcionários no cumprimento de cada etapa.

Conforme abordado anteriormente, no leiaute atual alguns processos não possuem uma área específica. Com o novo leiaute, todos os processos passaram a ter um posto de trabalho exclusivo. Com isso, fez-se necessário o desenvolvimento de uma proposta de posto de trabalho para cada um deles. Em outros casos, já existiam áreas destinadas à cada etapa, porém não estavam de acordo com as diretrizes da metodologia 5S. Além disso, desenvolveu-se um padrão para uma nova área, o mezanino.

Para o desenvolvimento das propostas de posto de trabalho dos casos citados acima, utilizou-se a área destinada à cada etapa no novo leiaute e projetou-se o posto preocupando-se em definir claramente a área de cada item mantendo um fluxo lógico, em deixar espaço suficiente para a realização do trabalho e para a circulação de pessoas e materiais.

#### **4.4.2.1 Postos de trabalho com áreas não definidas**

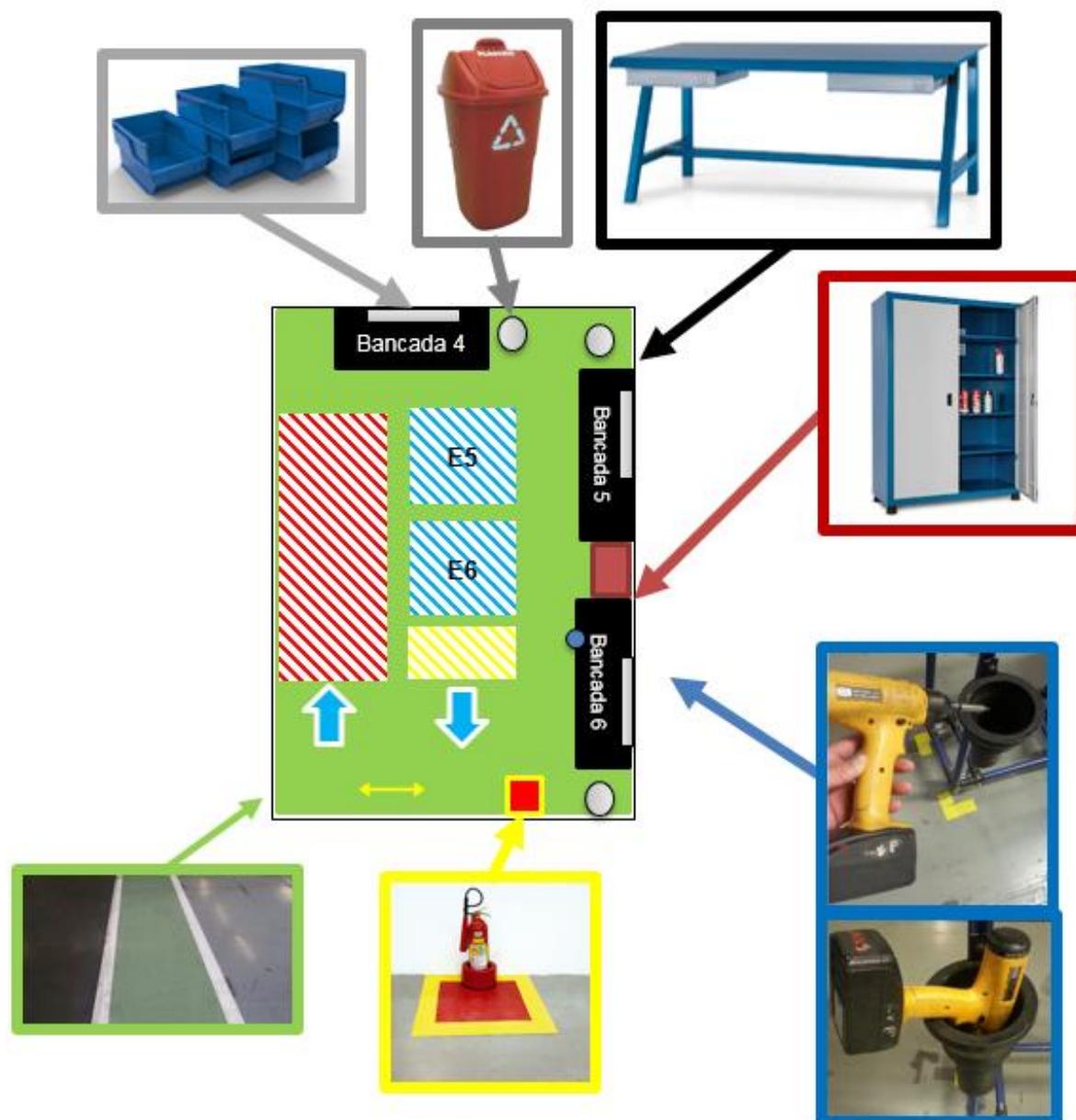
Conforme destacado anteriormente, na disposição atual da empresa fornecedora, alguns processos não possuem um posto de trabalho exclusivo e definido. O processo de aplicação de massa, por exemplo, acaba sendo feito em qualquer superfície disponível, como pode-se observar na Figura 40 a seguir.



**Figura 41 – Processo de aplicação de massa em uma peça.**  
**Fonte: Empresa Fornecedora (2017).**

Nesta foto, observa-se o operador realizando a operação em uma mesa ao lado de peças já injetadas que estão em espera para a pintura. Pode-se observar claramente que não existe uma delimitação do posto, local para armazenar a peça acabada e não possui espaço suficiente, pois caso ele gire a peça, pode acabar batendo em outras ao redor.

Esse mesmo cenário é observado nas etapas de furação, aplicação de *dog houses* (DH), fita dupla face (DF) e clips. Como são atividades relativamente simples decidiu-se por juntá-las em uma mesma área. A proposta para os três processos citados pode ser observada na Figura 41, sendo a bancada 4 para a aplicação do DH e da DF, a bancada 5 para aplicação de massa e a bancada 6 para a furação.



| Legenda |  |
|---------|--|
|         | Armário para EPI e objetos pessoais        |
|         | Porta ferramentas e acessórios do processo |
|         | Área para extintor de incêndio             |
|         | Lixeira                                    |
|         | Área de circulação                         |
|         | Movimentação de material                   |
|         | Movimentação de pessoas                    |
|         | Área de espera de peças prontas            |
|         | Área de espera de peças a fazer            |
|         | Bancada                                    |
|         | Porta furadeira                            |

Figura 42 - Proposta de organização dos postos 4 ,5 e 6

Fonte: Os autores (2017).

Nesta proposta as peças chegam e são dispostas na área hachurada em vermelho para que o operador da bancada 4 retire-a e realize a aplicação da fita dupla face. Com o processo acabado, ele coloca a peça na área E5, hachurada em azul, que é a área de espera para a operação 5.

O operador da bancada 5 retira a peça da sua área de espera e faz a aplicação da massa. Após a conclusão dessa etapa, a peça passa para a área E6 e aguarda o processo de furação na bancada 6.

Quando os furos estiverem prontos o operador posiciona a peça na área hachurada em amarelo, indicando que a peça já está finalizada e pronta para o próximo processo. Para facilitar o trabalho dos operadores, colocaram-se caixas organizadoras sobre as bancadas e um suporte para a furadeira na bancada da furação. Além disso, sugere-se o uso de armário de metal para armazenar EPIs<sup>11</sup>, ferramentas e consumíveis do processo. Adicionou-se também lixeiras para melhor limpeza dos postos e área para extintor de incêndio para homologação junto aos bombeiros.

#### **4.4.2.2 Postos de trabalho com áreas definida, mas não organizadas**

Outro caso existente no atual leiaute diz respeito às etapas do processo que já possuem uma área específica, porém não estão devidamente organizadas. Um bom exemplo disso é a área de injeção conforme ilustram as imagens das Figuras 43 e 44 a seguir:

---

<sup>11</sup> Equipamento de proteção individual.



**Figura 43 - Área de injeção de poliuretano**  
Fonte: Empresa Fornecedora (2016).



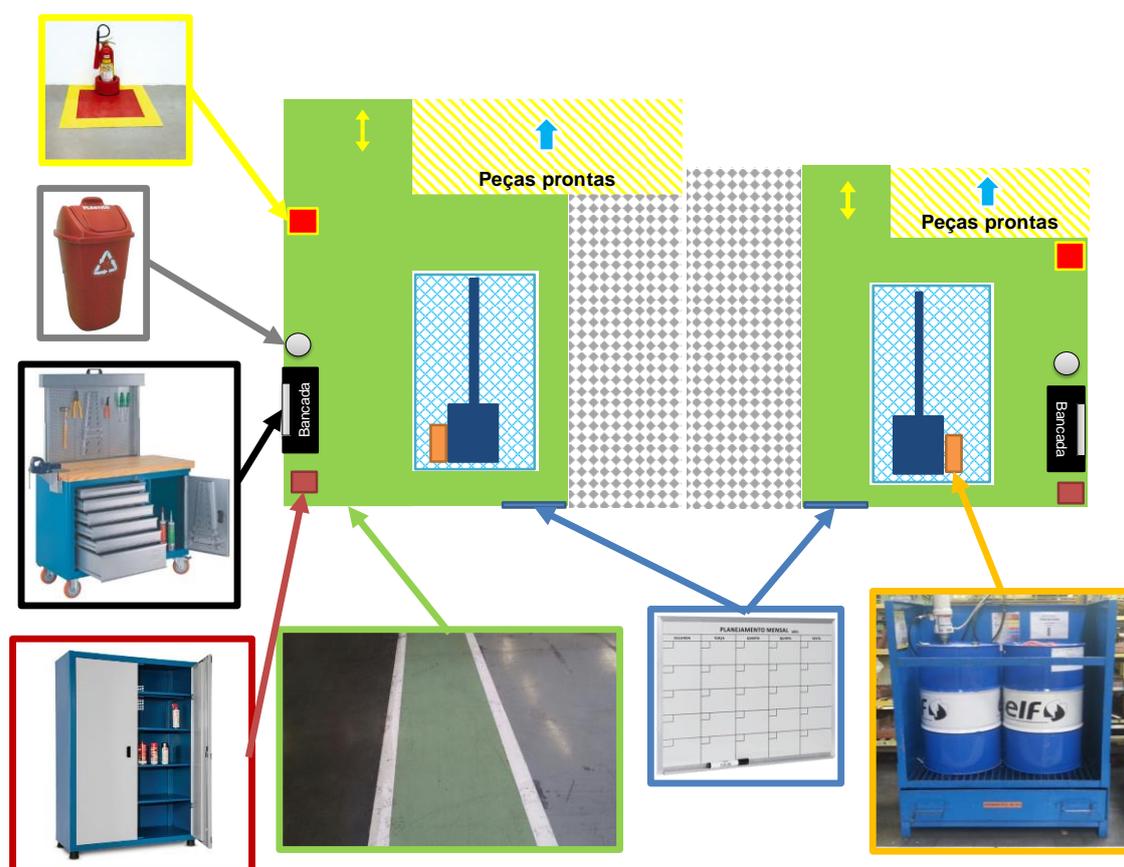
**Figura 44 - Área de injeção de poliuretano**  
Fonte: Empresa Fornecedora (2016).

Pode-se ver que não existe uma organização nesta etapa. Os barris de matéria prima não possuem um local de armazenamento apropriado e são usados como bancada, como observa-se na Figura 43 com os barris azul e vermelho. Na Figura 44 se verifica que não existe demarcação da área de operação da injetora, área de circulação ou área para armazenamento de moldes em espera. Além disso, o posto de trabalho não possui uma bancada ou quadro de ferramentas para a correta disposição do ferramental.

Na proposta para o processo de injeção, a injetora terá uma área de operação delimitada para evitar o fluxo de pessoas, como pode-se ver destacado na área em azul claro (Figura 45). Com o processo concluído, as peças injetadas deverão ser posicionadas na área amarela para serem levadas para o rebarbamento.

Os moldes que não estão em uso ficarão organizados na área cinza. Enquanto os barris de matéria prima que estão em uso terão um suporte próprio, conforme pode-se observar na Figura 45 na foto emoldurada em laranja. Dessa maneira, os barris ficarão confinados, ficando mais seguros e não sendo usados como apoio para ferramentas.

As bancadas propostas terão porta ferramentas para ajudar na organização das mesmas. Além disso, a área contará com armários para armazenar EPIs e consumíveis, lixeiras para cada bancada, área para extintor de incêndio e quadros organizacionais.



| Legenda |                                |  |  |
|---------|--------------------------------|--|--|
|         | Injetora                       |  | Área de operação da injetora               |
|         | Bancada                        |  | Área de espera de peças a fazer            |
|         | Área para barril               |  | Área de espera de peças prontas            |
|         | Área de circulação             |  | Quadro organizacional                      |
|         | Lixeira                        |  | Armário para EPI e outros utensílios.      |
|         | Área de espera dos moldes      |  | Porta ferramentas e acessórios do processo |
|         | Área para extintor de incêndio |  | Movimentação de material                   |
|         |                                |  | Movimentação de pessoas                    |

Figura 45 - Proposta de organização da injeção

Fonte: Os autores (2017).

No processo de rebarbamento a situação é semelhante apesar de não ser tão grave quanto ao de injeção. Pode-se observar este cenário através das fotos das Figuras 46 e 47 a seguir.



**Figura 46 - Posto de trabalho do rebarbamento**  
**Fonte: Empresa montadora (2016).**

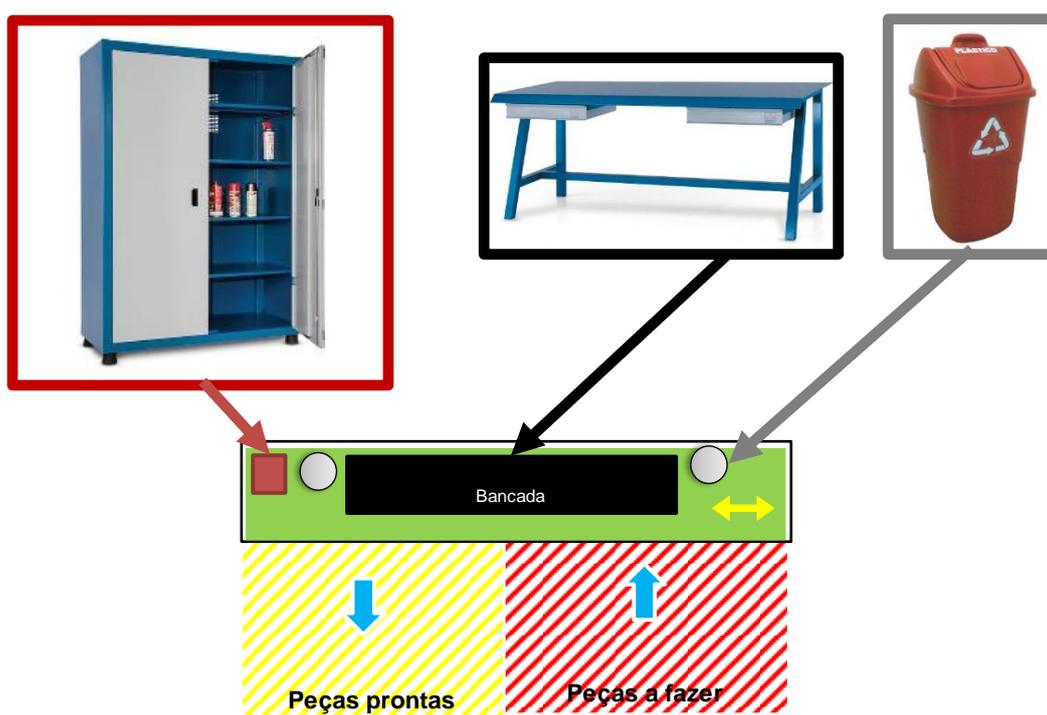


**Figura 47 - Posto de trabalho do rebarbamento**  
**Fonte: Empresa montadora (2016).**

Nessa etapa, o posto possui uma bancada ampla, mas toda a rebarba retirada da peça é jogada no chão e com o tempo isso vai se acumulando, indo contra a

terceira etapa do 5S que se refere à limpeza do posto de trabalho. Além disso, falta um local adequado para dispor as ferramentas utilizadas nesse processo.

A proposta para o rebarbamento, ilustrada na Figura 478 a seguir, consiste em uma área de espera para peças vindas da injeção (área vermelha) e outra para peças já finalizadas (área amarela). Também possui uma bancada ampla conforme modelo atual, duas lixeiras para ajudar na limpeza das rebarbas e um armário de metal.



| Legenda |                                       |  |                                 |
|---------|---------------------------------------|--|---------------------------------|
|         | Armário para EPI e outros utensílios. |  | Área de espera de peças a fazer |
|         | Bancada                               |  | Área de espera de peças prontas |
|         | Área de circulação                    |  | Movimentação de material        |
|         | Lixeira                               |  | Movimentação de pessoas         |

**Figura 48 - Proposta de organização para o rebarbamento.**

Fonte: Os autores (2017).

Com relação a área de polimento e cura, desenvolveu-se uma nova área integrando os dois processos de forma a manter um fluxo lógico, conforme ilustrado na figura 48.

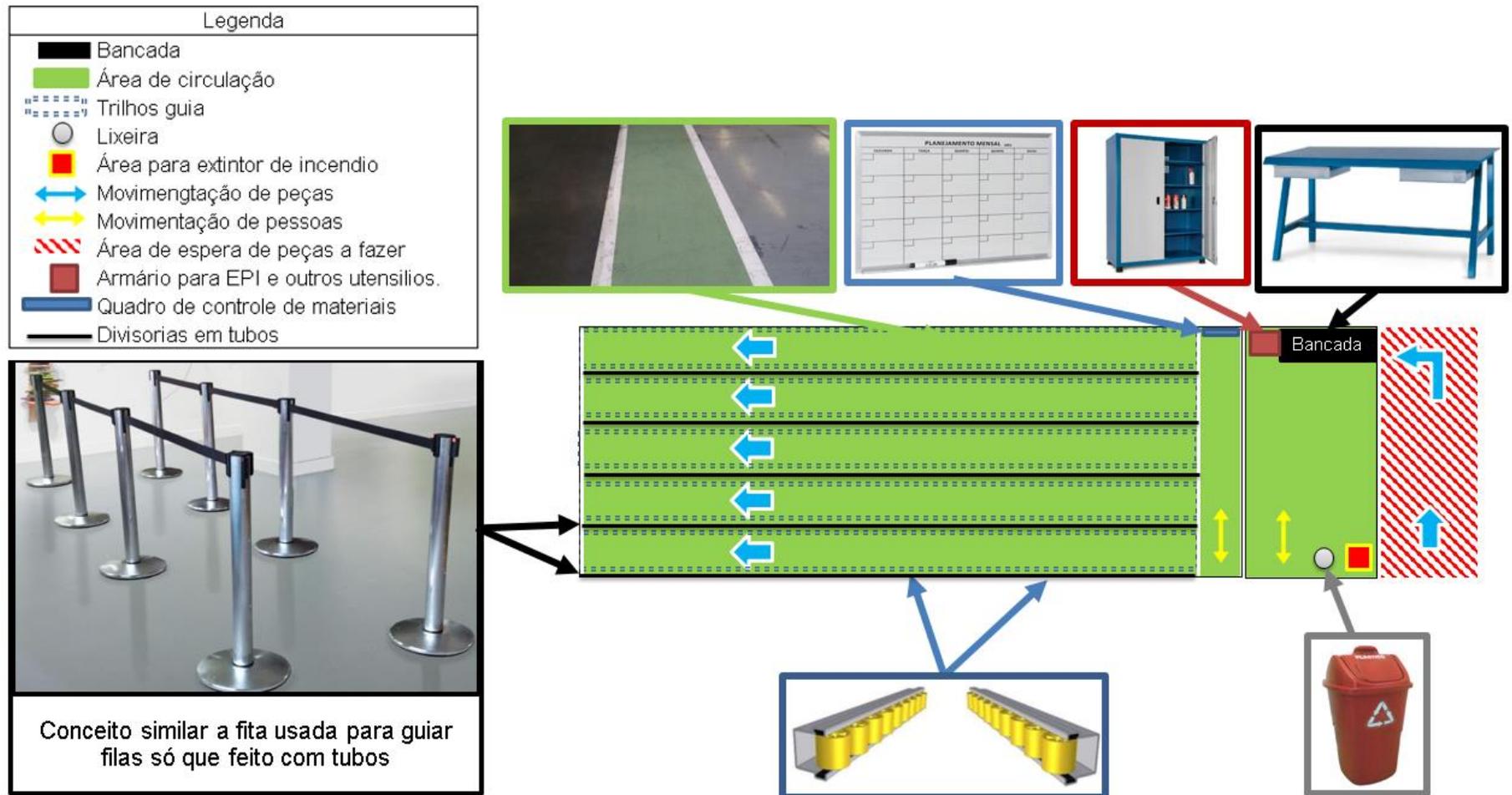


Figura 49 - Proposta de organização para polimento e cura  
 Fonte: Os autores (2017).

Nessa proposta pode-se ter dois fluxos. As peças que devem passar pelo polimento serão dispostas na área vermelha e seguirão o fluxo indicado pela seta azul no sentido anti-horário. Elas serão polidas na bancada e quando finalizadas serão colocadas em um dos corredores com trilhos para serem curadas. As peças que não precisam de polimento, vão direto para a cura, sem passar pela área do polimento.

Na cura, as peças são dispostas em carrinhos e estes serão posicionados dentro dos corredores, entrando pela direita, respeitando o fluxo indicado pelas setas azuis. Quando um novo carrinho entrar no corredor, ele vai empurrar aquele à sua frente nesse mesmo sentido e os trilhos com rodízios nas laterais, conforme indicado também na Figura 49, vão garantir que os carrinhos sigam em linha reta até a saída na esquerda sem causar danos ao carro e às peças.

Somado a isso, tem-se tubos de aço nas laterais como corrimãos que servem para indicar que as peças só podem ser retiradas no final do corredor. O objetivo do trilho e do corrimão é respeitar o conceito do FIFO<sup>12</sup>, de modo a serem processadas somente as primeiras peças que atingirem as 48 horas de cura.

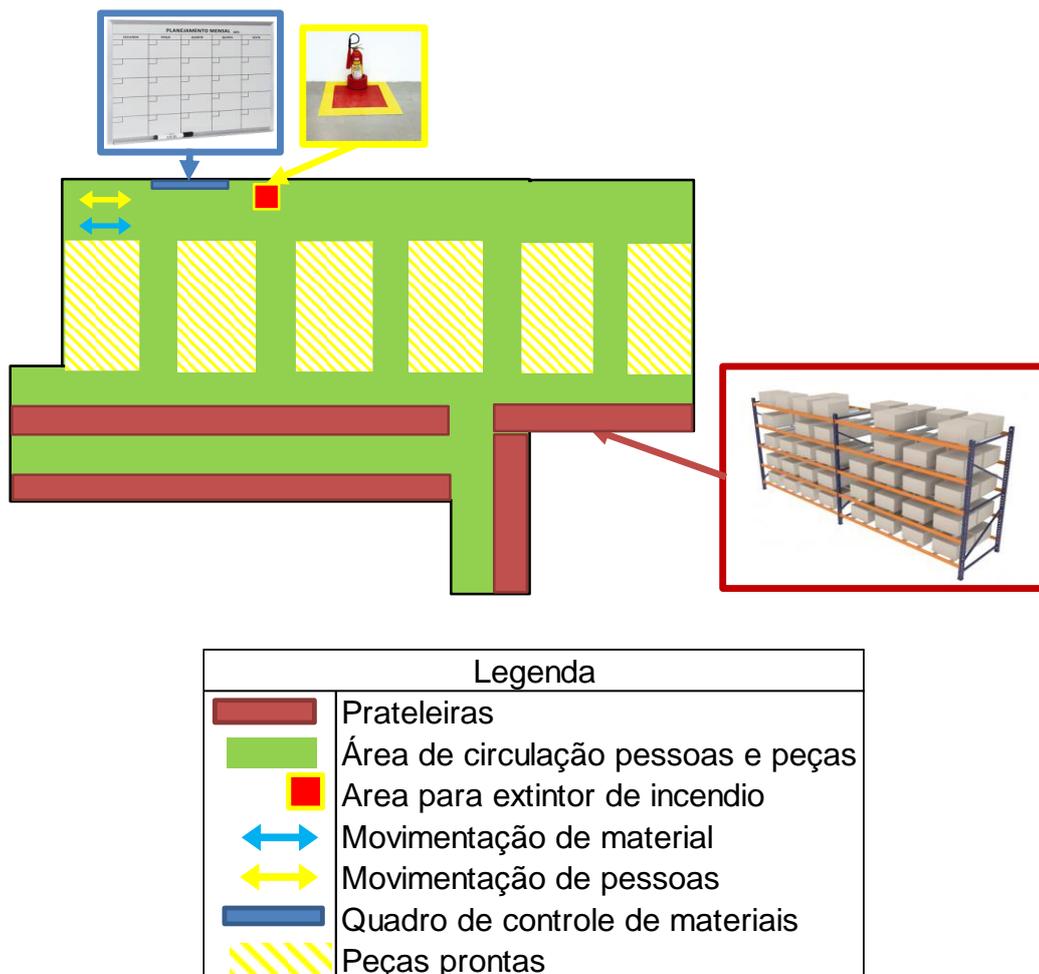
#### **4.4.3 Nova área – Mezanino área de pintura**

A proposta de novo leiaute sugere a criação de uma nova área na planta da empresa fornecedora na forma de um mezanino, conforme a Figura 50. O piso superior foi proposto como uma barreira física para isolar o piso inferior, impedindo a deposição dos contaminantes.

Além disso, visa aproveitar a área interna da fábrica e seu pé direito alto (6 metros). Como sugestão, ficou decidido que essa área será destinada à criação de um depósito de peças acabadas ou de equipamentos que não são frequentemente usados, mas que não podem ser descartados, seguindo recomendações da primeira etapa do 5S.

---

<sup>12</sup> *First in, first out*, em português primeiro a entrar, primeiro a sair. Fonte: Método PEPS (2017).



**Figura 50 - Proposta para o mezanino**

Fonte: Os autores (2017).

Conforme descrito anteriormente, a proposta consiste em fazer um depósito, aproveitando a área disponível com estantes vazadas de metal, como pode-se observar na Figura 50 na imagem com moldura em vermelho. Além disso, a área contará com um quadro organizacional, uma área destinada ao extintor de incêndio e locais para peças prontas de alta circulação. O objetivo desta área é a possibilidade de adaptação para futuros projetos ou necessidades da empresa fornecedora.

#### 4.4.4 Elaboração do cartaz 5S

Para completar os últimos três passos do 5S, foi desenvolvido um cartaz informativo em tamanho A3, conforme a Figura 51, a seguir. O cartaz tem como objetivo informar e orientar todos os funcionários com relação às ações que cada um deve ter afim de atingir os objetivos da metodologia 5S. Esse material foi desenvolvido com a ajuda de um publicitário.

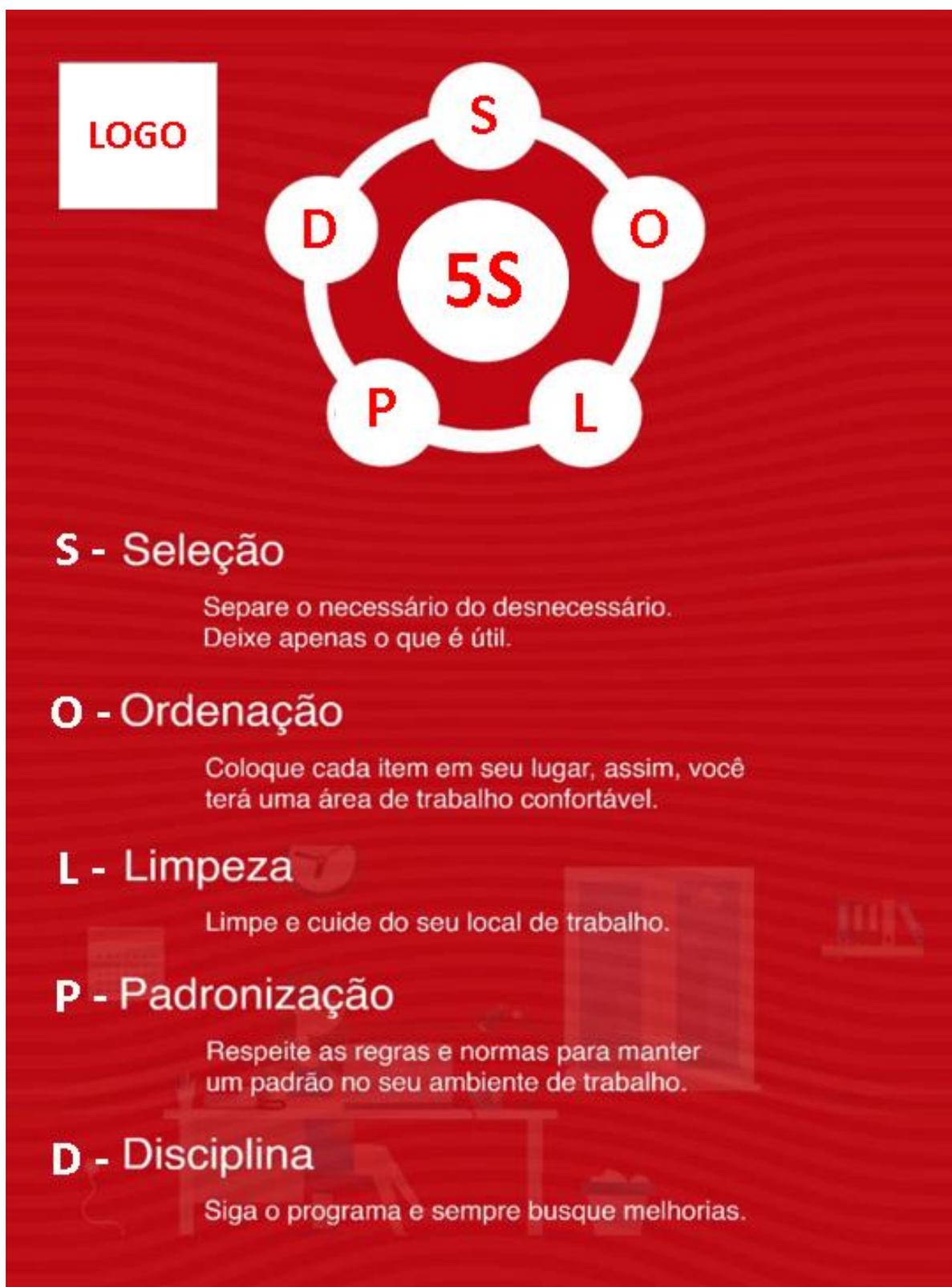


Figura 51 - Cartaz do programa 5S

Fonte: Os autores e Arthur Pedroso (2017).

O cartaz tem caráter informativo, com uma linguagem simples, direta e voltada para um público de baixa escolaridade, deixando claro quais as ações que devem ser feitas em cada etapa.

A cor vermelha foi a utilizada, pois na psicologia das cores é a cor que gera ação, mostra urgência, importância, além de chamar atenção para o cartaz. O branco foi usado pois é uma cor neutra, que gera um bom contraste.

A fonte usada foi a Helvética, pois ela possui traços suaves. Não foi necessária a utilização de fonte com serifa, já que as listras no fundo geram a sensação de linhas de texto para que o leitor não se confunda.

Foi usada uma imagem em marca d'água de um ambiente de trabalho organizado, passando a mensagem subliminar para que o leitor se comprometa a organizar seu espaço. A distância de um item para o outro é a mesma. O logo está alinhado com o início da imagem em marca d'água, o texto e o infográfico estão igualmente espaçados fazendo com que todos os elementos fiquem em sintonia.

#### **4.4.5 Equipe de fiscalização**

Quanto a responsabilidade de implantação e fiscalização do programa 5S, foi sugerida a formação de uma equipe composta por cinco funcionários de diferentes setores e níveis hierárquicos, ficando sugerido como: gerente de produção e operadores de injeção, furação, pintura e embalagem e um funcionário da administração.

A presença de um integrante de alto nível na equipe é importante pois mostrará a importância do programa 5S e a participação de funcionários de diferentes setores é fundamental para que se promova o 5S em todas as áreas da fábrica.

### **4.5 Estudo de contaminantes**

Com a organização dos postos de trabalho, foi possível dar início a última etapa do desenvolvimento: propor uma solução para a geração de contaminantes.

#### **4.5.1 Análise do desmoldante**

Antes de ser proposto um sistema de controle para o desmoldante foi necessário saber o que é este produto. Para isto, utilizou-se a Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ, que é a melhor alternativa para

conhecer um produto químico por conter diversas informações como: indicações de riscos, composição química, recomendações de uso e contramedidas.

Ciente da importância desta proposta, a empresa fornecedora repassou gentilmente a FISPQ do desmoldante usado em seu processo. Para manter a máxima confidencialidade do processo, divulgou-se somente informações vitais para elaboração das propostas.

**Quadro 15 – FISPQ desmoldante**

|  |   |
|--|---|
| <b>Fabricante</b>                        | <b>ACMOS</b>  |
| <b>Composição química</b>                | Mistura   |
| <b>Riscos relacionados</b>               | Inflamável  |
|  | Tóxico se inalado ou ingerido.  |
|  | Evitar contato com a pele   |
| <b>Necessário uso de EPI?</b>            | Sim – Máscara, luvas e avental impermeáveis   |
| <b>Limites de exposição</b>              | LT-MP <sup>13</sup> : Não disponível  |
|  | VM <sup>14</sup> : Não disponível   |
|  | TWA <sup>15</sup> : Não disponível  |
| <b>Medidas de controle de engenharia</b> | Manipular o produto em local com boa ventilação natural ou mecânica. Em ambientes abertos posicionar-se a favor do vento. |

**Fonte: Empresa Fornecedora (2016).**

O Quadro 15 reúne todas as informações pertinentes para a elaboração da proposta, como por exemplo as medidas de controle de engenharia o qual indica o uso de uma ventilação natural ou mecânica eficiente.

<sup>13</sup> Limite de tolerância por média ponderada (Fonte: Empresa Fornecedora).

<sup>14</sup> Valor máximo de exposição (Fonte: Empresa Fornecedora).

<sup>15</sup> Sigla inglesa que significa *Time Weighted Average*. Em português significa concentração média diária permitida para uma jornada de 8 horas de trabalho (Fonte: Empresa Fornecedora).

Além da proposta de leiaute propor um isolamento das áreas de pintura, elaborou-se o projeto de um sistema para reter os contaminantes na sua área de origem: as injetoras.

#### 4.5.2 Estudo da área de injeção

O estudo das áreas da injeção, além de levar em conta o posicionamento das injetoras, precisou analisar o posicionamento dos moldes.

Na empresa fornecedora, o processo de injeção é diversificado sendo que todos os produtos são feitos em dois tipos de moldes; abertos ou fechados<sup>16</sup>. Para a injeção de poliuretano nos moldes, usa-se o braço da injetora que possui articulações que permitem a movimentação até um determinado ponto.

Assim, para melhor aproveitamento, os moldes são dispostos ao redor da injetora formando um “U”. A Figura 52 ilustra esse posicionamento.



**Figura 52 – Disposição dos moldes ao redor das injetoras**

**Fonte: Empresa fornecedora (2016).**

---

<sup>16</sup> Nome dado a diferença de como o plástico é injetado sendo através do molde aberto ou por um orifício com o molde fechado. Fonte: Empresa fornecedora.

Na figura anterior as setas verdes ilustram os moldes e a seta azul o braço da injetora. Além disso, nota-se que a aplicação do desmoldante ocorre na própria área de injeção (seta amarela) não tendo uma área específica para aplicação.

Na proposta de leiaute da injeção, os moldes ficarão em volta da injetora mantendo o formato U. A intenção da manutenção deste conceito é manter a liberdade de posicionamento dos moldes como acontece atualmente.

#### **4.5.3 Análise de fatores pertinentes**

Baseando-se nas características das áreas estudadas, pensou-se em duas propostas de solução: um sistema fixo e um sistema móvel de ventilação. Para cada proposta, realizou-se a análise de dois fatores importantes: custo e benefício.

O projeto de um sistema fixo que englobe os moldes seria de alto custo, pois demandaria um sistema de coleta e filtração, além da ocupação de espaço físico dentro do galpão. Outro fator negativo deste sistema é que qualquer mudança no arranjo fabril perderá todo o investimento feito.

Pensou-se na possibilidade da construção de cabines individuais, onde o molde seria posicionado e o desmoldante seria borrifado. Após a aplicação, os moldes seriam posicionados para injeção. A desvantagem desta concepção seria a movimentação do molde até a cabine toda vez que fosse feita uma nova injeção. Outro aspecto a se considerar seria o trabalho extra que o operador teria para cada ciclo de produção.

Em contrapartida, um sistema móvel tem a flexibilidade de se mover entre as áreas da injeção e de posicioná-lo da melhor maneira possível. Caso seja feita uma nova alteração no leiaute futuramente, o maior desafio seria encontrar uma nova posição para o equipamento, não necessitando novo investimento.

Com relação aos custos, o sistema móvel possui valor inferior a metade do sistema fixo, mesmo considerando toda a complexidade e requisitos do projeto. Como o custo é um fator importante, o sistema móvel oferece a melhor relação custo x benefício para o controle dos contaminantes, além de ser mais prático operacionalmente e flexível e robusto nas mudanças e ajustes de leiaute.

#### **4.5.4 Proposta de um sistema de controle da contaminação**

Um sistema que tenha mobilidade precisa ter os mesmos componentes de um sistema fixo: mecanismo de coleta, filtração e descarga. Porém, uma das

necessidades do sistema móvel é que todos os componentes precisam ficar próximos, sendo o mais compacto possível. A liberdade de movimento (uso de rodas/rodízios) visa proporcionar um equipamento que possa ser deslocado com muita flexibilidade e facilidade, especialmente para perto dos moldes próximos das injetoras.

Além disso, esse dispositivo precisa fazer a filtragem do ar dentro do equipamento de forma a eliminar o risco de problemas ambientais e eliminar riscos de acidentes de trabalho, além de naturalmente reduzir os elementos contaminantes no ar, assim consultou-se fabricantes de sistema de ventilação para verificar possíveis soluções.

#### **4.5.5 Consulta com fabricantes**

O projeto de um sistema móvel de coleta do fluido desmoldante na fonte de sua emissão depende de tempo e conhecimento, pois envolve conceitos de máquinas de fluxo, eletrônica, materiais, química e projetos, sendo digno de um trabalho acadêmico a parte. Como este desenvolvimento técnico não é o foco deste trabalho, decidiu-se pesquisar com vários fabricantes sobre a existência de um equipamento que atenda aos requisitos desejados.

Contatando-se diferentes fornecedores, verificou-se que um sistema flexível e com boa capacidade de coleta de partículas é comumente encontrado para aplicações de Ventilação Local Exaustora (VLE) para processos de soldagem. A Figura 53 a seguir ilustra um exemplo de produto VLE existente no mercado.

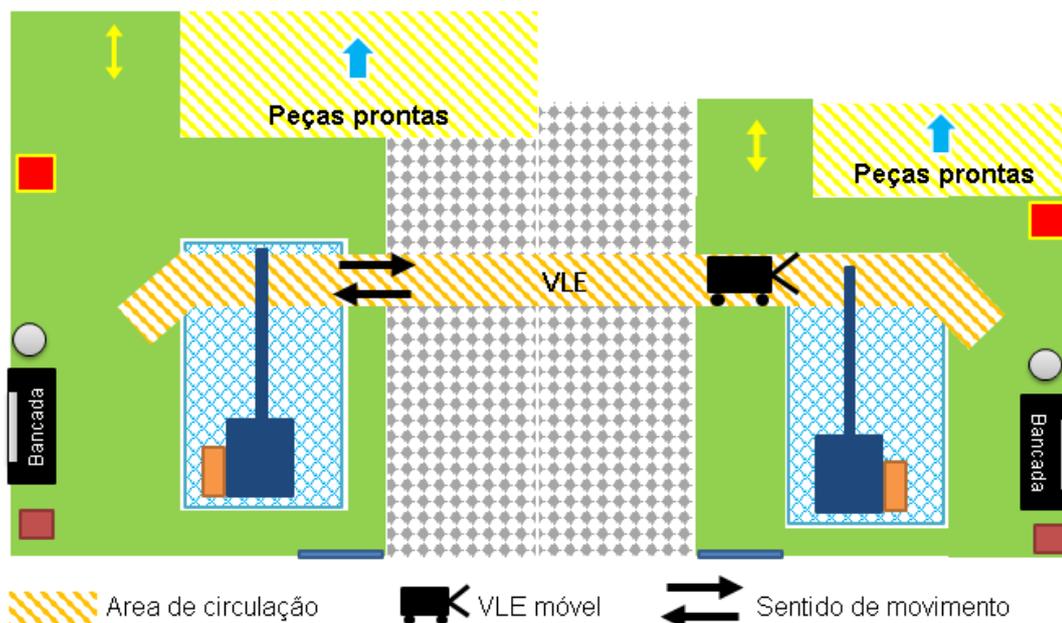


**Figura 53 – VLE móvel para soldagem - Technofiltro ecomático.**  
**Fonte: Technofan (2017).**

Conversado com um profissional de vendas da Technofan, verificou-se que este equipamento tem a vantagem da mobilidade pelo fato de possuir rodízios e dutos extratores inteligentes<sup>17</sup>, ideal para posicionar as coifas da melhor maneira para captar as partículas. A figura 54 a seguir ilustra o posicionamento deste sistema na área da injeção.

---

<sup>17</sup> Se mantém na posição colocada. Fonte: Technofan (2017).



**Figura 54 – Posicionamento do VLE móvel na área de injeção**  
**Fonte: Os autores (2017).**

Pode-se observar na figura anterior que a delimitação da área de circulação do VLE móvel entre as duas injetoras se deu para o uso de um único equipamento nas duas áreas. O sentido de movimento (linha reta), indicado pelas setas pretas, busca tornar a movimentação deste sistema o mais simples possível sem curvas acentuadas. Pelo fato deste equipamento ser elétrico, a preocupação nesta movimentação visa não haver enroscamentos do cabo elétrico em objetos próximos, como por exemplo os moldes.

Para uso na empresa fornecedora, este VLE móvel precisaria de duas mudanças: a) aterramento elétrico, pois o desmoldante é inflamável e b) os componentes do exaustor precisam ser resistentes a composição química do desmoldante de modo a evitar o desgaste prematuro do sistema.

#### 4.6 Custo de implementação

Toda e qualquer atividade dentro de uma empresa gera custos. Conforme abordado na revisão bibliográfica, a mudança de leiaute é um processo caro pois envolve, além da parada do processo produtivo, o custo de implantação. Neste tópico

será tratado de forma simplificada o valor de execução das propostas de solução. O Quadro 16 apresenta os itens mais relevantes ou de valor financeiro considerável.

O levantamento foi feito consultando sites de fornecedores ou contatando fabricantes, sendo que a maioria dos valores foram estimados. Procurou-se que a maior parte dos fornecedores estivessem localizados próximos a empresa fornecedora buscando garantir o menor custo de transporte dos produtos. Por questão de confidencialidade, os nomes desses fornecedores foram omitidos na tabela para não passar a localização da empresa em estudo. Dois fatores importantes devem ser comentados da tabela: a unidade de negócio (UN) e o fator de consideração (FC).

O UN é a forma de negociação ou mensuração do projeto a ser requisitada para um fabricante, podendo ser peça, metro quadrado, equipamento, projeto, dentro outros. O FC é um valor de correção que engloba fatores como os detalhes dos projetos ou transporte, variando entre 0% e 50%. Os fatores indicados com 50% referem-se a itens de engenharia que precisam de apoio de um fabricante para melhor exatidão e eficiência do projeto. Já fatores de 0% foram empregados para itens facilmente encontrados na mesma região da empresa fornecedora.

Quadro 16 – Custos estimados de implementação

|   | Item | Fabricante/Provedor                             | Unidade de negócio - UN.              | Custo - UN.    | Quantidade necessária | Custo estimado | Fator de consideração - FC | Custo estimado Projeto | Custo proposta        |                       |
|---|------|---|---------------------------------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Leiaute</b>                              | 1    | <b>Mezaninos (Refeitório e Estoque)</b>         | Fabricante de estruturas metálicas    | m <sup>2</sup> | R\$ 480,00            | 270            | R\$ 129.600,00             | 20%                    | R\$ 155.520,00        | <b>R\$ 360.574,51</b> |
|   | 2    | <b>Piso Mezanino - Pannel leve</b>              |                                       |                |                       |                |                            |                        |                       |                       |
|   | 3    | <b>Parede em PVC</b>                            | Fabricante de revestimentos internos. | m <sup>2</sup> | R\$ 220,00            | 181,25         | R\$ 39.875,00              | 20%                    | R\$ 47.850,00         |                       |
|   | 4    | <b>Forro lã de vidro - Refeitório</b>           | Fabricante de forros                  | m <sup>2</sup> | R\$ 33,04             | 84             | R\$ 2.775,36               | 20%                    | R\$ 3.330,43          |                       |
|   | 5    | <b>Galpão lona</b>                              | Fabricante de cobertura               | m <sup>2</sup> | R\$ 200,00            | 437            | R\$ 87.400,00              | 20%                    | R\$ 104.880,00        |                       |
|   | 6    | <b>Homologação bombeiros</b>                    | Corpo de bombeiros                    | Vistoria       | R\$ 274,08            | 1              | R\$ 274,08                 | 0%                     | R\$ 274,08            |                       |
| <b>5S</b>                                   | 7    | <b>Divisorias em plástico</b>                   | Loja de components plásticos          | Peça           | R\$ 9,00              | 15             | R\$ 135,00                 | 0%                     | R\$ 135,00            | <b>R\$ 73.645,00</b>  |
|   | 8    | <b>Prateleiras</b>                              | Fabricante de prateleiras             | Metros         | R\$ 300,00            | 60             | R\$ 18.000,00              | 0%                     | R\$ 18.000,00         |                       |
|   | 9    | <b>Armários metálicos</b>                       | Fabricante de armários metálicos      | Peça           | R\$ 5.900,00          | 5              | R\$ 29.500,00              | 0%                     | R\$ 29.500,00         |                       |
|   | 10   | <b>Quadros</b>                                  | Fabricante de Quadros                 | Peça           | R\$ 350,00            | 4              | R\$ 1.400,00               | 0%                     | R\$ 1.400,00          |                       |
|   | 11   | <b>Lixeira</b>                                  | Fabricante de components plásticos    | Peça           | R\$ 230,00            | 8              | R\$ 1.840,00               | 0%                     | R\$ 1.840,00          |                       |
|   | 12   | <b>Trilhos</b>                                  | Fabricante de trilhos                 | Metros         | R\$ 40,00             | 110            | R\$ 4.400,00               | 0%                     | R\$ 4.400,00          |                       |
|   | 13   | <b>Tinta</b>                                    | Comercio de material de construção    | Lata 18L       | R\$ 180,00            | 10             | R\$ 1.800,00               | 0%                     | R\$ 1.800,00          |                       |
|   | 14   | <b>Bancada com quadro</b>                       | Comercio de material de construção    | Peça           | R\$ 4.215,00          | 2              | R\$ 8.430,00               | 0%                     | R\$ 8.430,00          |                       |
|   | 15   | <b>Bancadas</b>                                 | Comercio de material de construção    | Peça           | R\$ 1.600,00          | 4              | R\$ 6.400,00               | 0%                     | R\$ 6.400,00          |                       |
|   | 16   | <b>Extintores</b>                               | Fornecedor de extintores              | Peça           | R\$ 290,00            | 6              | R\$ 1.740,00               | 0%                     | R\$ 1.740,00          |                       |
| <b>Contaminates / ventilação industrial</b> | 17   | <b>Exaustores axiais</b>                        | Fabricante de sistema de ventilação   | Peça           | R\$ 437,95            | 3              | R\$ 1.313,85               | 50%                    | R\$ 1.970,78          | <b>R\$ 35.224,04</b>  |
|   | 18   | <b>Grades de ar</b>                             | Comercio de material de construção    | Peça           | R\$ 50,90             | 12             | R\$ 610,80                 | 20%                    | R\$ 732,96            |                       |
|   | 19   | <b>Sistema de ventilação para as injetoras.</b> | Fabricante de sistema de ventilação   | Equipamento    | R\$ 25.000,00         | 1              | R\$ 25.000,00              | 20%                    | R\$ 30.000,00         |                       |
|   | 20   | <b>Cortina de ar - 220V/200 cm</b>              | Loja de produtos eletrôdomesticos     | Peça           | R\$ 840,10            | 2              | R\$ 1.680,20               | 50%                    | R\$ 2.520,30          |                       |
|   |      |   |                                       |                |                       |                |                            | <b>TOTAL</b>           | <b>R\$ 469.443,55</b> |                       |

Fonte: Os autores (2017).

Para melhor entendimento do quadro anterior, cada um dos custos foi descrito a seguir:

- 1- Mezaninos (refeitório e estoque):** A estimativa de custo de produção foi extraída de um fabricante de estrutura metálicas, sendo a principal referência o metro quadrado de área construída. No valor do m<sup>2</sup> já estão inclusos os valores da estrutura metálica do mezanino e a do piso em painel leve, descrito a seguir.
- 2- Piso Mezanino – Painel leve:** O piso escolhido para forrar o mezanino é composto por painéis leves, os quais são feitos de compósitos de madeira com capacidade de carga distribuída de até 300kg/m<sup>2</sup>. A Figura 55 ilustra esse painel. Como as peças da empresa fornecedora possuem grande volume e são relativamente leves, este tipo de piso é suficiente para esta aplicação.



**Figura 55 – Exemplo de painel leve**  
**Fonte: Eternit (2017).**

O FC estimado em 20% procura cobrir detalhes de projetos que o fabricante detecte somente na visita a empresa fornecedora.

- 3- Parede de PVC:** Como descrito anteriormente, as paredes de PVC foram escolhidas devido ao bom custo e benefício: baixo valor, fácil montagem e fácil limpeza.

**4- Forro lã de vidro:** O forro de lã busca o melhor isolamento térmico da área do refeitório, de modo a dar conforto térmico no horário de almoço dos operadores.

**5- Cobertura – galpão de lona:** A ideia inicial para a cobertura seria a construção de uma estrutura metálica. Por informação da empresa fornecedora, a construção deste tipo de projeto obriga mudanças no galpão para se adequar as exigências do corpo de bombeiros. Como seria bastante caro este tipo de serviço, optou-se pelo uso de galpões de lona montáveis, sendo mais prático e no mínimo 15% mais barato se comparado com estruturas fixas. As Figuras 56 e 57 a seguir ilustram um exemplo de galpão de lona.



**Figura 56 – Galpão de lona – Visão externa**  
**Fonte: Mecalux (2017).**



**Figura 57 – Galpão de lona – Visão interna**  
**Fonte: Mecalux (2017).**

Segundo a Mecalux (2017), além de serem práticos, estes galpões são revestidos com lona de alta resistência a qual tem proteção contra raios ultravioleta, antimofo e é auto extingüível em contato com fogo. O FC foi estabelecido em 20% pois foi feito um orçamento estimado do projeto com vários fabricantes.

**6- Homologação bombeiro:** Para o funcionamento legal no âmbito da lei, toda instalação industrial de grande porte necessita da homologação do corpo de bombeiros. Embora este item seja de baixo custo se comparado com os outros requisitos, ele é de extrema importância na etapa do planejamento e finalização do projeto, visto que em casos de inconformidade no aspecto legal, pode-se gerar desde advertências até embargo da fábrica.

**Itens 7 ao 16.** Os itens descritos neste intervalo são referentes a proposta de 5S. Como são produtos de fácil localização, atribuiu-se o fator de consideração de 0%.

**17- Exaustores axiais:** Na proposta de leiaute, a área da pintura será isolada dos demais setores. Para evitar problemas de desconforto térmico e eliminar eventuais odores que venham a existir, seguiu-se o conceito de VGD abordado no capítulo 2.1.3 e cálculo de exaustores do tópico 2.1.5.1 mostrando os resultados na Tabela 8.

**Tabela 8 – Número de exaustores para área de pintura**

| <b>Volume do setor (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Taxa de Renovação (Trocas por hora)</b> | <b>Exaustor</b>            | <b>Vazão (m<sup>3</sup>/h)</b> | <b>Número de exaustores</b> |
|--|--|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 465                                    | 8  | Ventisilva<br>E30M6 – 30cm | 1500                           | 3                           |

**Fonte: Autores (2017).**

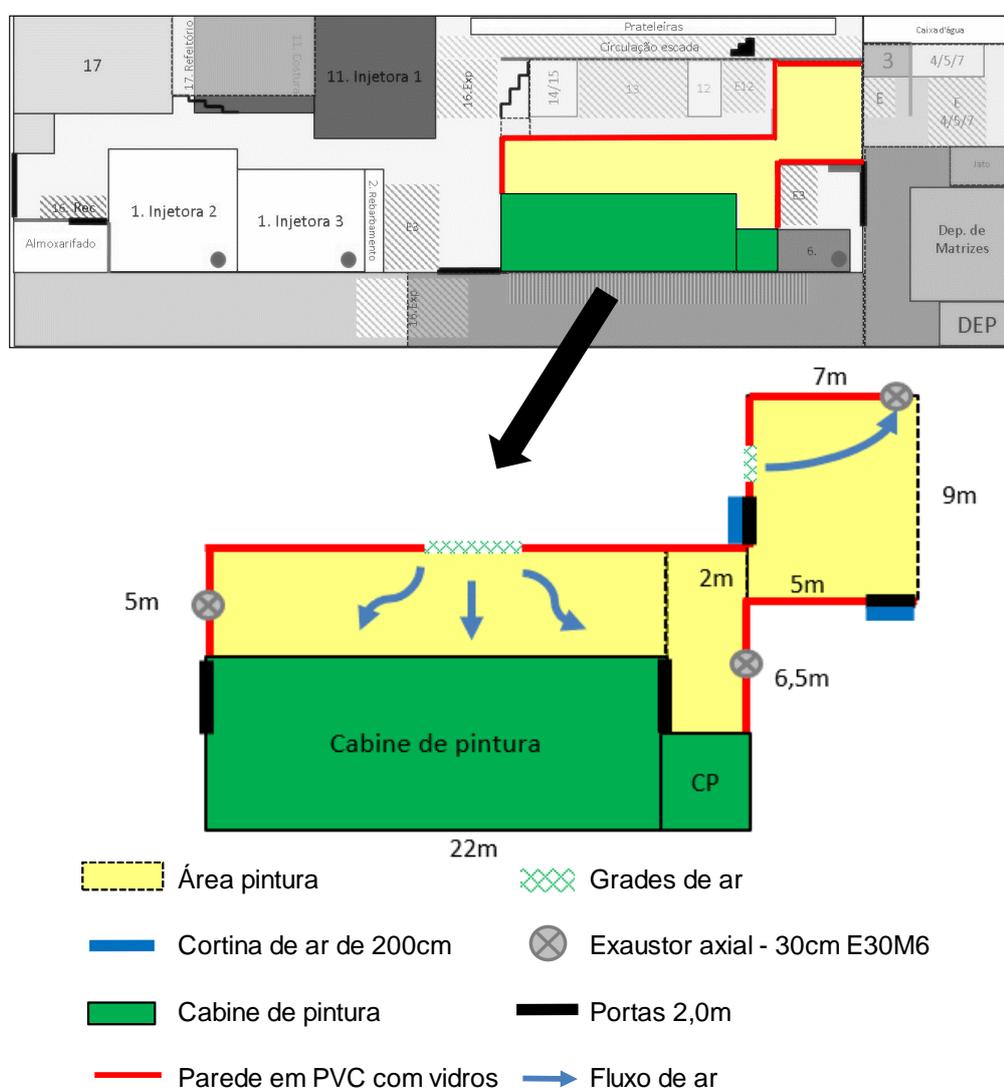
Como a área da pintura servirá como um local de espera, a tabela da ASHRAE, copiada por De Oliveira (2006), não fornece um valor exato para esta aplicação, assim buscou-se um ambiente que mais se aproximasse da aplicação deste trabalho. Observando o Anexo C, última tabela (conclusão), a aplicação mais próxima é a taxa de renovação para depósitos que varia de

2 a 15. Desse modo, decidiu-se adotar o valor 8 para não superdimensionar nem subdimensionar o sistema de exaustão.

O exaustor foi escolhido baseando-se na conciliação do menor ruído e maior vazão. Este último critério visa uma sucção eficiente de odores e de calor.

Com base nestas condições, selecionou-se o exaustor E30M6 (VENTISILVA, 2016). O Anexo D mostra em detalhes os tipos e características dos exaustores.

Para garantir a melhor remoção de calor e odores, sugeriu-se a disposição dos exaustores na forma indicada na figura 57 a seguir.



**Figura 58 – Disposição dos exaustores axiais na área da pintura**  
 Fonte: Autores (2017).

Conforme indicações vistas no referencial bibliográfico item 2.1.5.1, os exaustores devem ser instalados próximos ao teto de modo a sugar o ar quente e odores. Nota-se também que os exaustores estão posicionados de maneira espaçada na busca de se obter uma renovação de ar que abranja o máximo possível da área indicada em amarelo na Figura 57.

O FC foi definido em 50% pois leva em conta a construção de suportes afim de não sobrecarregar as paredes de PVC e o custo da ligação elétrica dos exaustores.

- 18- Grades de ar:** Na busca de conforto térmico e da remoção de odores, sugeriu-se o uso de grades de ar instaladas na parte inferior das paredes para promover o efeito chaminé. A Figura 58 a seguir mostra exemplos de grades de ventilação comercial.



**Figura 59 – Grades de ar**  
Fonte: Ventokit (2017).

- 19- Sistema de ventilação para as injetoras:** Conforme descrito no item 4.5.5, um equipamento de exaustão móvel foi a melhor opção encontrada para eliminar a não conformidade de contaminação na fonte do problema. O Technofiltro ecomático da empresa Technofan mostrou ser a proposta que melhor atende os requisitos desejados. Definiu-se o FC em 20% para cobrir

o transporte de envio do equipamento e eventuais acessórios que venha a precisar.

**20- Cortina de ar – 220V/200cm:** Conforme foi abordado na proposta de leiaute, as cortinas de ar terão a função de reter a entrada de partículas dentro da área de pintura. O comprimento de dois metros deste equipamento concilia com a largura das portas de correr. A sugestão de portas largas facilita a passagem e manobra dos carrinhos de peças. A figura 56 também ilustra a disposição das cortinas na parte externa da cabine. Em ideia similar aos exaustores, o FC de 50% leva em conta a construção de suportes para não sobrecarregar as paredes de PCV e o custo da ligação elétrica das cortinas.

Com o custo da proposta estimado, o próximo tópico aborda o retorno financeiro do investimento se as propostas forem implementadas.

#### **4.7 Payback**

Baseado no tópico 2.4 e considerando a hipótese que as propostas serão implementadas, coletou-se informações com profissionais da área de marketing, engenharia e qualidade da empresa montadora com relação aos custos. Com o levantamento de alguns dados definiu-se as condições de contorno<sup>18</sup> do retorno financeiro:

- Custo de implementação das propostas fixado em R\$ 470.000,00
- Definiu-se 20 dias úteis por mês.
- A capacidade produtiva da empresa montadora é de 12 kits por dia, totalizando 240 kits por mês.
- O valor de compra do kit para a empresa montadora é de aproximadamente R\$ 1.200,00.
- Foi considerado uma margem de lucro de 20%, totalizando R\$ 240,00 por kit. Segundo profissionais da empresa montadora este valor é uma faixa de ganho comum para empresas de pequeno porte.

---

<sup>18</sup> Condição inicial de um projeto. São definidos como pontos de partida.

- Taxa máxima de 0,42% de reprovação por mês devido a não conformidade de sujeira na pintura (1 kits/mês).
- Custos de retrabalho para empresa fornecedora feito na empresa montadora: R\$ 300,00 /kit
- Início de produção com as propostas implementadas: agosto de 2017.
- Compra de todos os kits produzidos até pelo menos até dezembro de 2019.

De maneira resumida e adotando siglas para os dados acima, tem-se:

- Custo das propostas (CPs): R\$ 470.000,00
- Produção não conforme (PNC): 1 kit/mês
- Produção conforme (PC): 240 - 1 = 239 kits/mês
- Lucro-kit da empresa fornecedora (LK): R\$ 240,00 / kit.
- Custo retrabalho (CR): R\$ 300,00 / kit
- O Ganho por mês pode ser calculado como:

$$PC * LK - PNC * CR = \frac{239 \text{ Kits}}{\text{mês}} * \frac{R\$240}{\text{Kit}} - \frac{1 \text{ Kits}}{\text{mês}} * \frac{R\$300}{\text{Kit}} = R\$57.060,00$$

Assim, o retorno financeiro (RF) estimado da empresa fornecedora pode ser calculado através do uso da equação (5) – pg.39, logo:

$$RF = \frac{\text{Investimento}}{\text{ganho por mês}} = \frac{R\$470.000,00}{R\$57.060,00} = 8,23 \text{ meses} \sim 9 \text{ meses}$$

A formula do RF, em essência, mostra em quantos meses o lucro mensal da empresa fornecedora, sem gastos consideráveis de retrabalho, pagam os investimentos feitos. Vale lembrar que as variáveis destacadas consideram um cenário em que o retorno aconteça tardiamente.

Em paralelo, com a implementação das propostas e início da produção em agosto de 2017, a empresa montadora pretende adquirir lotes dos kits até final de 2019, coincidindo com o fim de vida do veículo no qual o aerokit é montado.

Desconsiderando dois meses devido a feriados e recessos, considerando o mesmo fluxo de operações, haveriam ainda 19 meses de produção, logo o lucro somente com o aerokit será de no mínimo R\$1,1 milhões até final de 2019.

Em outras palavras, a aplicação das propostas, além de trazer o retorno financeiro do investimento, aprimorará o processo produtivo da empresa fornecedora, aumentará o lucro e melhorará a imagem da empresa, sendo esta última inestimável.

Vale ressaltar que se levou em conta apenas o retorno obtido através do aerokit, porém as mudanças propostas vão impactar positivamente em todos os demais produtos da empresa fornecedora. Com isso, o tempo de retorno do investimento deve ser ainda menor e o lucro maior do que o apresentado, uma vez que os outros produtos da empresa fornecedora não fazem parte do escopo do trabalho e não foram contabilizados.

#### **4.8 Estudo de tempos**

Como definiu-se na metodologia, as propostas de organização dos postos de trabalho seriam avaliadas com base na comparação entre o tempo atual e o da proposta. Para isso, solicitou-se os tempos de cada processo para a empresa fornecedora, porém, por questões de confidencialidade, foi fornecido apenas o tempo de processo da injeção, de 20 minutos por kit.

A partir disso, comparou-se com o valor de tempo sintético calculado, usando como base as tabelas do sistema MTM e as tabelas do DST da empresa montadora apresentadas no item 2.5.3, para os procedimentos da injeção, usando as distâncias do projeto de posto de trabalho organizado e simulando o processo respeitando cada uma das etapas da injeção. Nessa simulação, respeitaram-se as distâncias previstas na proposta do posto de trabalho, não alterando o tempo de injeção, o tempo de espera e a remoção das peças. Esses tempos foram mantidos, pois não alterou-se a injetora nem os procedimentos de espera e remoção. Dessa maneira, chegou-se ao resultado demonstrado no Quadro 17 a seguir, que descreve o cálculo do processo de injeção.

Quadro 17 – Tempo sintético do processo de injeção com 5S implementado

| <b>Tempo - Injeção</b>       |  |                          |                         |
|------------------------------|--|--------------------------|-------------------------|
| Tempo fornecido              |  | 3 kit/hora<br>20 min/kit |                         |
| Tempo teórico<br>(sintético) | Etapa                                      | Tempo [TMU]              | Tempo [min]             |
|                              | Pegar molde                                | 790                      | 0,47                    |
|                              | Posicionar molde                           | 750                      | 0,45                    |
|                              | Aplicar desmoldante                        | 700                      | 0,42                    |
|                              | Posicionar braço                           | 250                      | 0,15                    |
|                              | Injeção de PU                              | 1667                     | 1,00                    |
|                              | Tempo de espera                            | 25000                    | 15,00                   |
|                              | Remoção da peça                            | 260                      | 0,16                    |
|                              | Posicionar Peça                            | 250                      | 0,15                    |
|                              | <b>Tempo Total</b>                         | <b>29667</b>             | <b>17,80</b>            |
| Comparação                   | Tempo padrão                               | Tempo por kit<br>[min]   | Redução de<br>[min/kit] |
|                              | Tempo Atual [min/kit]                      | 20                       |                         |
|                              | Tempo da proposta (T. Sintético) [min/kit] | 17,80                    | -2,20                   |
|                              |  | Melhora de               | <b>11%</b>              |

Fonte: Os autores (2017).

O tempo teórico calculado projeta um tempo padrão de 17 minutos e 48 segundos por kit.

Dessa maneira, as melhorias deram-se principalmente no deslocamento realizado pelo operador no decorrer do processo. Isso mostra uma redução no tempo do processo de 11% com base no tempo original, reduzindo o tempo da injeção em 2 minutos e 12 segundos.

Os resultados apresentados no Quadro 17 comprovam que com uma melhor organização da área de trabalho, o processo é realizado mais rapidamente, elevando a produtividade de cada etapa de fabricação. Além disso, essa organização resulta em um trabalho mais seguro e eficiente, reduzindo os erros e os riscos de acidente.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.**

Este capítulo divide-se em duas partes: discussões do projeto e comparativo leiaute atual x proposta. O primeiro relaciona os objetivos deste trabalho com os resultados obtidos e o segundo sintetiza as principais mudanças na empresa fornecedora.

### **5.1 Discussões do projeto**

No início do trabalho levantaram-se os principais problemas na produção da empresa fornecedora. Baseado nisso, estabeleceram-se os objetivos que visavam atacar cada um dos problemas levantados: contaminação na pintura das peças, leiaute não lógico e postos de trabalho desorganizados. Contudo, antes de iniciar os estudos, fez-se necessário a realização de uma revisão bibliográfica sobre os temas de mudança do leiaute, organização através do programa 5S e ventilação industrial, os quais têm relação com cada problema. Esta revisão foi de fundamental importância para a realização de todo o trabalho.

Os estudos iniciaram com o levantamento das principais características da empresa fornecedora, como restrições de mudança no leiaute de alguns setores e a descrição do fluxo produtivo do aerokit. Feito isso, aplicaram-se os conceitos do SLP simplificado, metodologia escolhida por ser amplamente conhecida no campo da engenharia de produção e de fácil aplicação.

A aplicação do SLP simplificado iniciou-se com o estudo do diagrama de relações que verifica as relações de proximidade de vários setores da empresa fornecedora baseando-se nos critérios de possibilidade de contaminação, fluxo de material e comodidade. Concluída esta etapa, levantou-se a necessidade de espaços mínimos para cada atividade e construiu-se o diagrama de ligações de modo a auxiliar na terceira etapa do SLP simplificado, a elaboração das propostas.

Além da participação ativa dos autores na elaboração, contou-se com a ajuda dos profissionais da empresa montadora e fornecedora para avaliação das propostas. Dentre as várias sugestões elaboradas decidiu-se descrever somente as três principais (leiaute com três diferentes focos: no fluxo, no uso da área total e no isolamento da pintura). Estas propostas foram avaliadas na penúltima etapa do SLP

por cinco conceitos de engenharia normalmente usados no meio empresarial e em conjunto com os objetivos deste trabalho, isto é, controle de contaminantes, menor custo, aproveitamento da área fabril, eficiência de movimento e aproveitamento do leiaute existente.

Após essa análise, definiu-se o modelo que melhor atendia os requisitos. O leiaute escolhido possui uma área isolada para a pintura, define o fluxo das peças e o local para todas as operações. Esse assunto será melhor detalhado mais a frente, no tópico 5.2.

Com o leiaute bem definido, iniciou-se o projeto de organização dos principais postos de trabalho baseando-se na metodologia 5S. Primeiramente, fez-se o registro dos principais postos de trabalho, para que ficasse bem documentada a situação atual de cada um deles. Com as imagens e as áreas disponíveis de cada processo, iniciou-se a organização dos postos, estabelecendo o lugar de cada item e delimitando as áreas de produção e circulação. Com isso, alcançou-se as duas primeiras etapas do 5S.

Para completar a metodologia 5S, desenvolveu-se um cartaz informativo que será divulgado pela fábrica afim de orientar todos os funcionários quanto as ações necessárias para atingir o 5S e determinou-se uma equipe para fiscalizar e orientar todos os empregados quanto ao cumprimento deste programa.

Com a organização, o primeiro impacto será visual, e facilmente será percebido que o local está em melhores condições de trabalho. Também se perceberá uma melhora na questão da segurança, com as áreas de circulação e operação delimitadas, ferramentas e demais itens organizados, o trabalhador terá menor risco de acidentes.

Além disso, a ordem irá gerar uma melhor eficiência no trabalho. Com cada item em seu lugar, o processo se torna mais rápido e com menor probabilidade de erro. Portanto, o trabalhador poderá realizar seu trabalho de maneira mais fácil, segura, rápida e organizada.

A etapa seguinte, consistiu em buscar a eliminação da contaminação na pintura da peça. Além do isolamento da área de pintura, analisou-se o tipo de desmoldante, através da FISPQ, e a área da injeção para propor um melhor sistema de controle dos contaminantes. Concluiu-se que um projeto envolvendo um sistema fixo de ventilação não é aconselhável, uma vez que possui um custo elevado de implementação e,

devido ao constante deslocamento de moldes, resultariam em mais atividades para os operadores, aumentando o tempo de processo desnecessariamente. Desta forma, optou-se por um sistema que possua mobilidade.

Com a proposta em mãos, consultou-se alguns fabricantes de sistema de ventilação na busca da melhor solução. Com isso, chegou-se a uma solução usando o VLE móvel da Technofan, atacando o problema em sua raiz e conseqüentemente eliminando a não conformidade de sujeira na pintura. Como o equipamento é elétrico, foi delimitada uma área de circulação com menos curvas possível, de modo a simplificar o caminho a percorrer e evitar enroscamentos do cabo elétrico.

Com todas as sugestões de melhorias, levantou-se o custo de aplicação de cada uma delas. Consultando vários fornecedores e fabricantes, chegou-se a um custo de implementação de R\$ 470 mil. Vale ressaltar que este valor é uma estimativa, sendo considerado para efeito de orçamento de projeto. O valor real possivelmente será menor, pois em cada item atribuiu-se um fator de consideração (FC) de até 50% de modo a cobrir detalhes de projeto.

Para analisar o retorno financeiro, usou-se o método *payback*. Considerando o valor de R\$ 470 mil como investimento e ganho mensal de aproximadamente R\$ 57 mil, o investimento será recuperado em aproximadamente 9 meses, para o pior cenário, isto é, sem considerar nesse cálculo o retorno financeiro de amortização proveniente da redução de custos gerados diretamente nos demais produtos da empresa fornecedora que também se beneficiarão dessas melhorias. Além disso, a aplicação das propostas melhorará a imagem da empresa perante seus clientes, possibilitando a continuidade dos serviços já prestados e aumentando a chance de novos projetos e oportunidades. Após o *payback*, estimou-se o lucro com aerokits até o fim de vida do projeto. Dessa maneira, o fornecedor deve lucrar mais R\$ 1,1 milhões só com este projeto até final de 2019.

Para comprovar a veracidade das melhorias obtidas com as propostas, comparou-se o tempo de processo atual de injeção com o tempo do novo posto de trabalho, obtendo uma redução de 11% no tempo, diminuindo de 20 min/kit para menos de 18 min/kit. Extrapolando esse cenário, pode-se induzir uma melhora no tempo total de produção devido a melhor disposição e organização das ferramentas e dos postos de trabalho, além de um processo produtivo mais linear, sequenciado,

definido e organizado, gerando menos esperas e perdas durante a produção, além de eliminar o risco de se perder ou esquecer alguma peça entre as etapas produtivas.

## **5.2 Comparativo entre o leiaute atual e o da nova proposta**

Após estudo aprofundado dos principais problemas da empresa fornecedora e elaboração das propostas para resolvê-los, a última parte deste trabalho mostra as diferenças relevantes entre o leiaute atual e o da nova proposta de mudança.

Aplicando a última etapa do SLP simplificado, fez-se o detalhamento do leiaute, incluindo todas as melhorias. Conforme abordado no capítulo anterior, cada área foi alocada de modo a buscar a melhor relação conforme o diagrama de relações do capítulo 4.3.3.

Para sintetizar, as imagens as Figuras 60 e 61 mostram detalhadamente as propostas de mudança com todas as soluções anteriormente sugeridas. Decidiu-se mostrar as imagens no formato paisagem para dar o máximo de detalhamento das propostas.

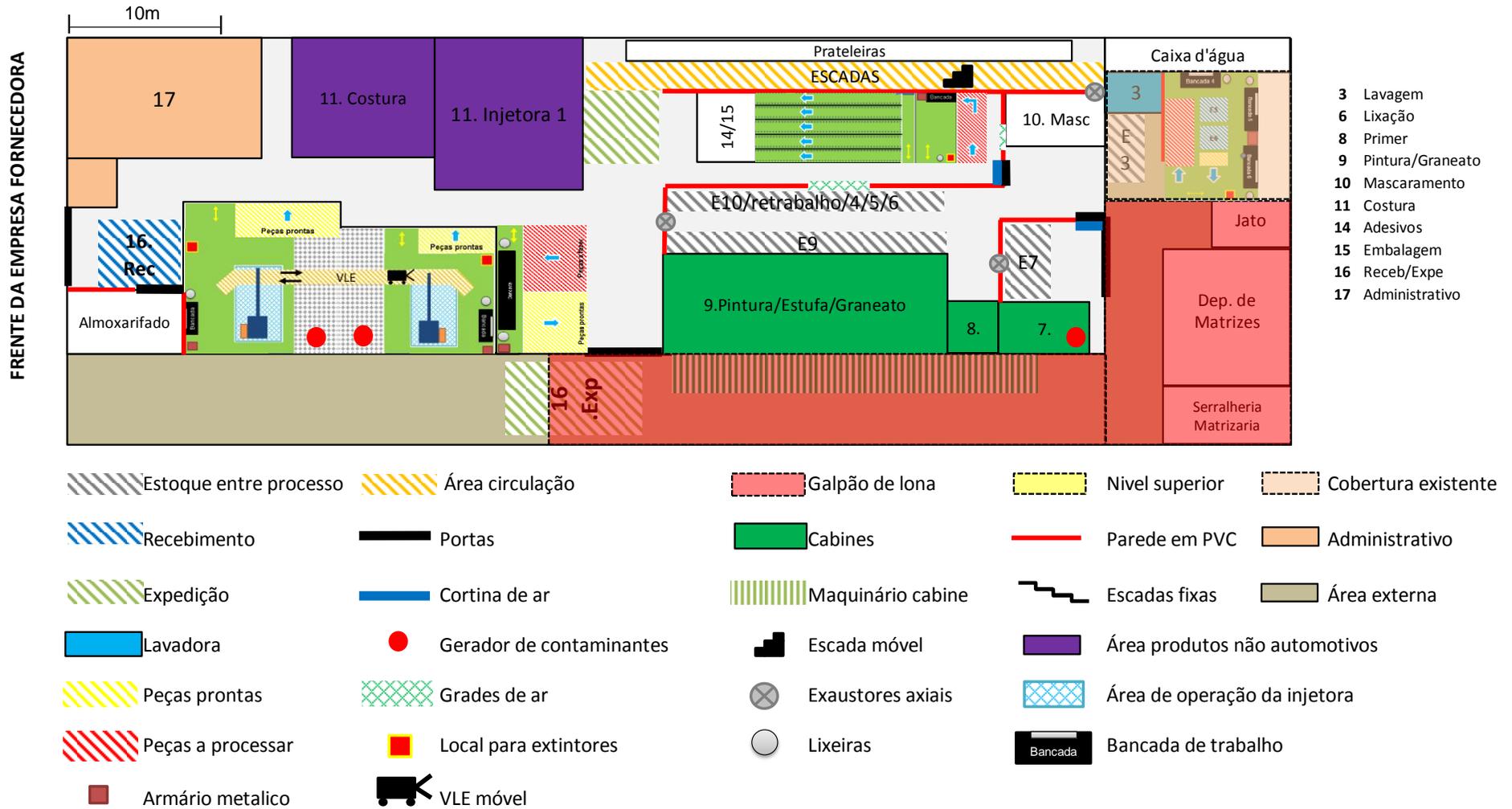


Figura 60 – Detalhamento da proposta de leiaute.  
 Fonte: Os autores (2017).

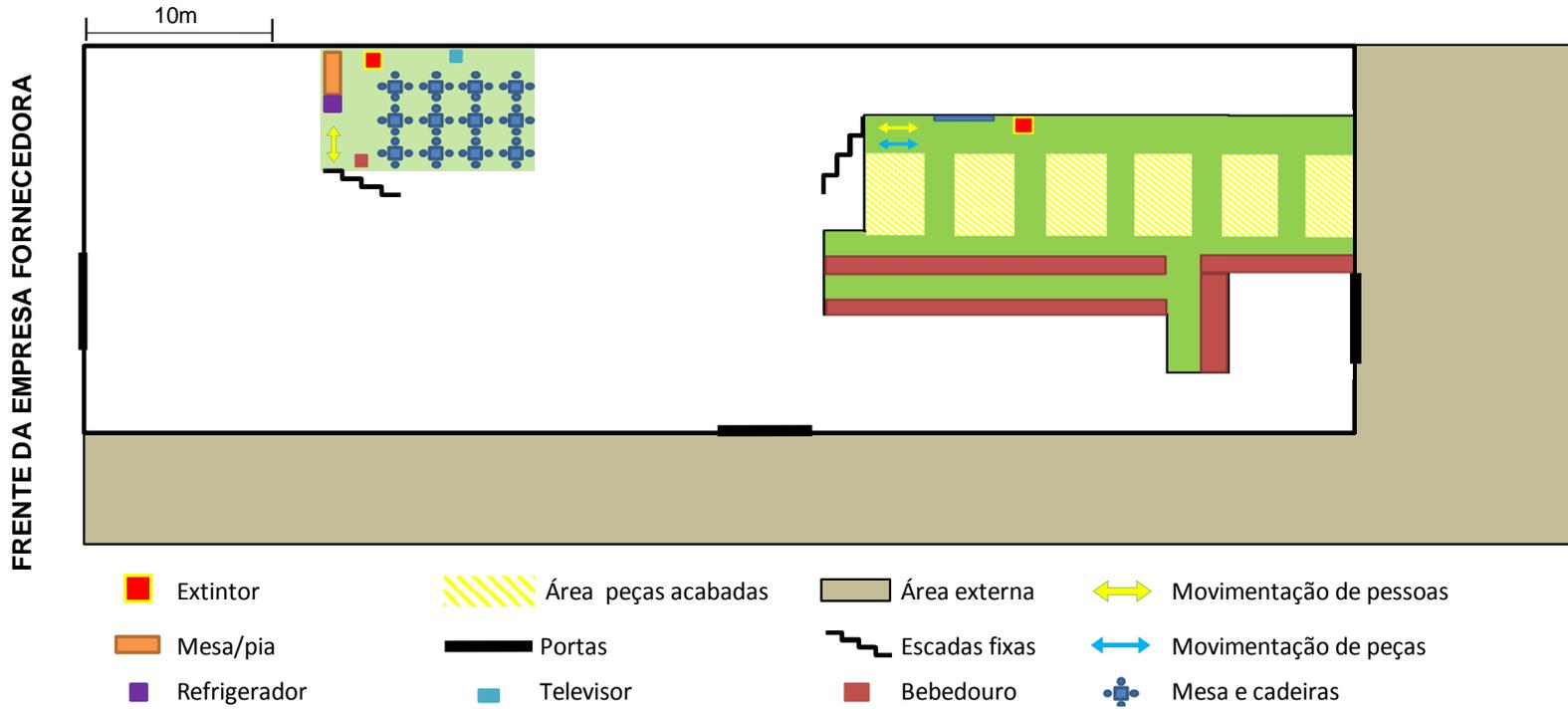
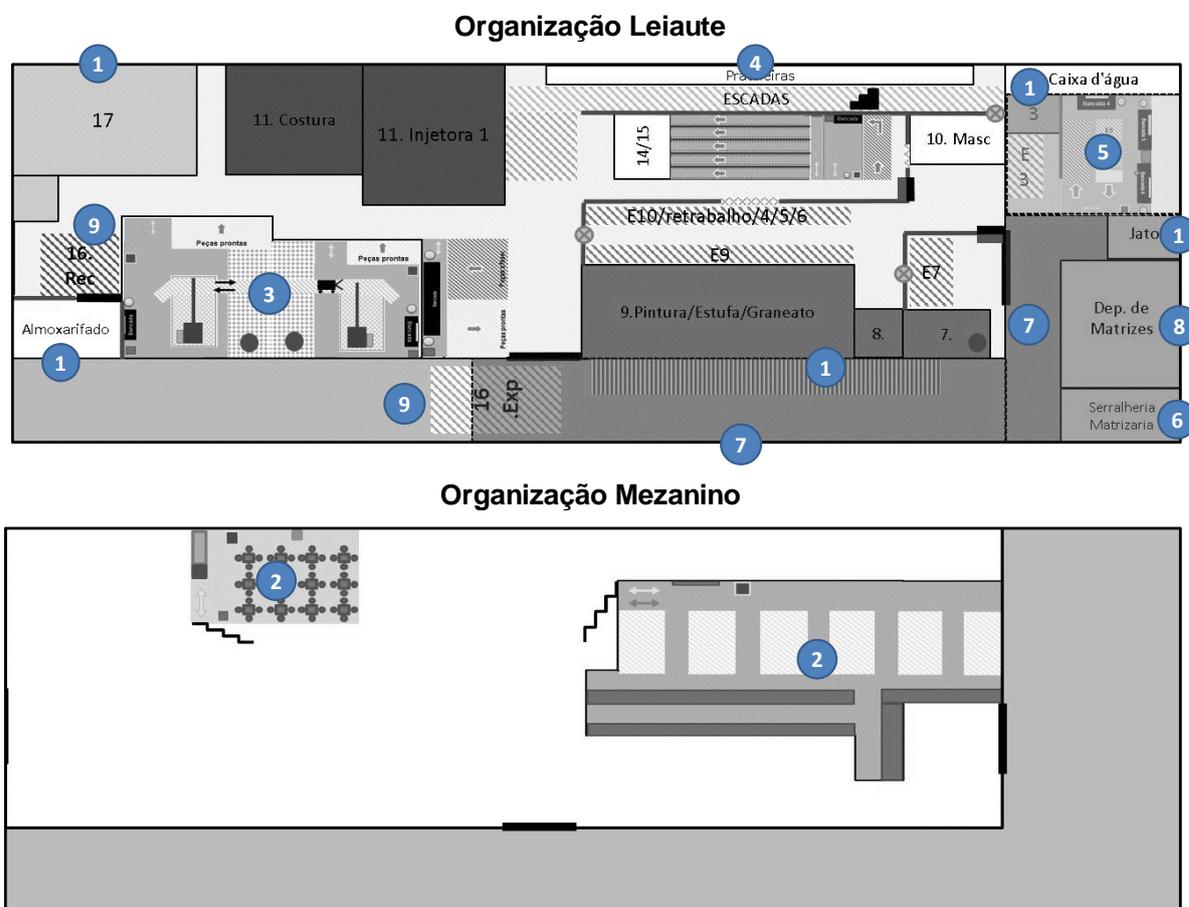


Figura 61 – Detalhamento dos mezaninos  
Fonte: Os autores (2017).

Nos leiautes das figuras 60 e 61 nota-se que, diferente da condição atual, cada etapa tem sua área definida. De modo a dar mais clareza para a proposta de leiaute, o esquema da Figura 62 descreve as principais mudanças.



**Figura 62 – Principais mudanças da proposta de leiaute.**

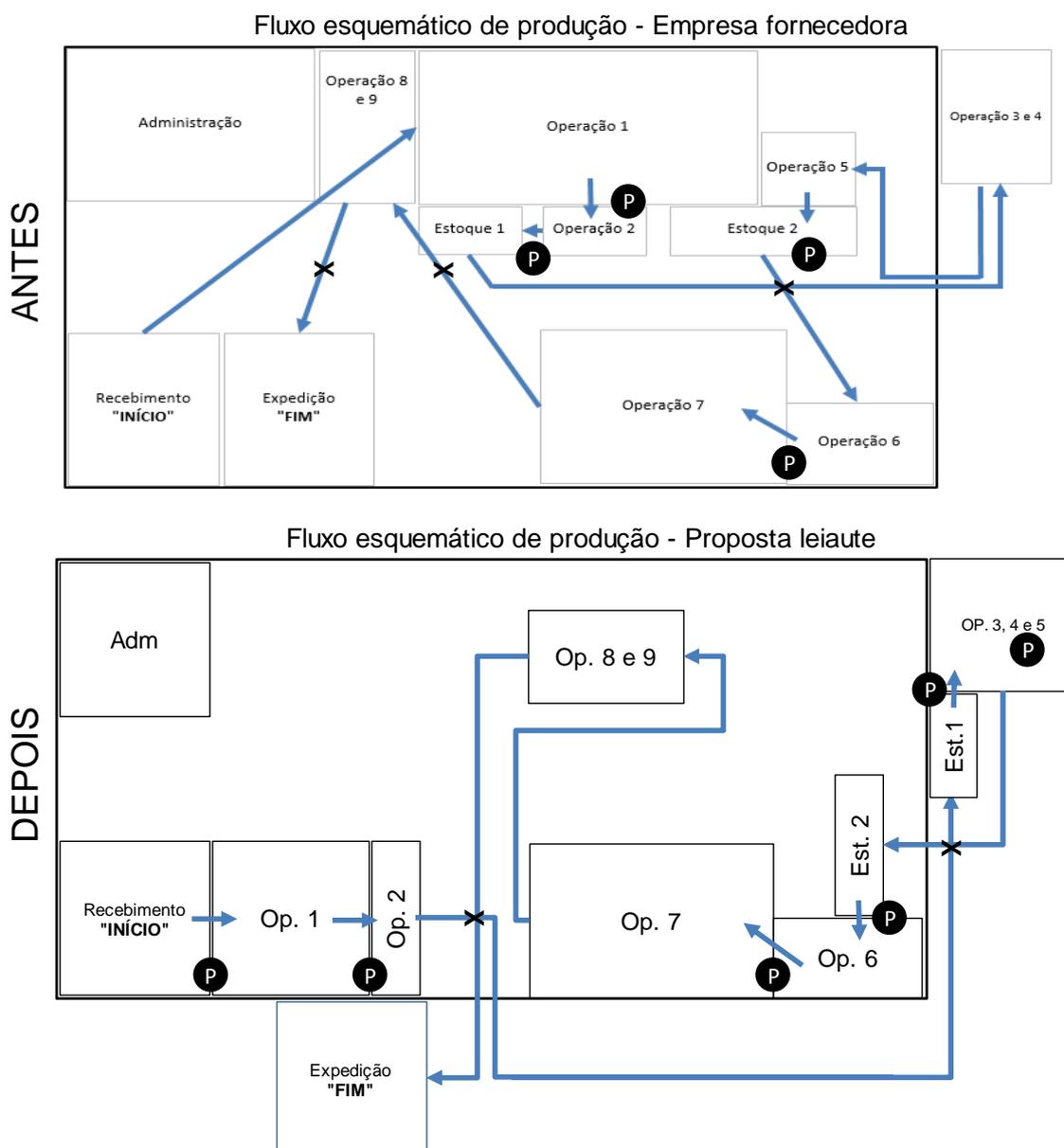
Fonte: Os autores (2017).

Como resultado das metodologias aplicadas, tem-se:

1. A área administrativa, a cabine de pintura, a lavadora, o jateamento e o almoxarifado se mantiveram no mesmo lugar.
2. Construção de dois mezaninos: um para o refeitório e o outro como depósito, ambos otimizando a área produtiva e o segundo destinado a isolar a área de pintura das demais áreas da fábrica.
3. As injetoras (2 e 3) foram movidas próximas a entrada frontal do galpão para melhorar o fluxo produtivo.

4. A prateleira de produtos acabados antes localizada perto do portão frontal foi alocada no canto direito ao fundo da fábrica, para melhor aproveitamento do espaço.
5. O depósito de matrizes virou área produtiva para as etapas 4, 5 e 6, otimizando a produção.
6. A matrizaria e a serralheira foram realocadas para outro local, ficando juntas, aproveitando os recursos empregados por estas áreas.
7. Foi sugerida a instalação de galpões de lona formando uma cobertura para aumentar a área produtiva e, assim, estar de acordo com as normas legais do Corpo de Bombeiros e da Prefeitura, uma vez que estas instalações são desmontáveis, não sendo consideradas áreas construídas.
8. No leiaute atual são dois depósitos de matrizes (Figura 29 - Áreas G e J). Na proposta há somente um depósito, para melhor aproveitamento do espaço.
9. A expedição e o recebimento foram separados, melhorando o processo de despacho de peças e entrada de matéria prima. Outra vantagem desta mudança é a obtenção do sigilo do processo, uma vez que a expedição atual, é feita na parte interna do galpão, possibilitando a visualização de todo o processo produtivo.

Para analisar o fluxo produtivo, empregou-se a figura 3 como referência de comparação com o novo fluxo. Na figura 63, juntou-se ambos os fluxos para uma melhor visualização das diferenças considerando antes e depois:



**Figura 63 – Esquema de fluxo produtivo atual x esquema novo da proposta**  
 Fonte: Os autores (2017).

Conforme pode-se observar nos esquemas da figura 62, o fluxo esquemático da proposta (DEPOIS) foi montado a partir da figura 59, aglomerando e nomeando os mesmos processos da figura 3 (ANTES) para efeito de comparação. Observando os esquemas é possível notar que a operação 1 reduziu de tamanho, pois foi considerado somente as máquinas da fabricação do aerokit. De forma similar, a administração também reduziu, pois, o refeitório, que faz parte do administrativo, foi alocado em um mezanino.

Pode-se observar que houve uma redução de cruzamentos entre processos, de três para dois, indicados por “X”. Também, verifica-se que houve o aumento da proximidade de um processo sucessor a outro, aumentando de quatro para seis, ilustrados por “P”.

Ambos os levantamentos indicam melhorias no fluxo de material dentro da fábrica, embora tenha aumentado o deslocamento e conseqüentemente, aumentando o tempo de deslocamento. Porém, isso não significará um aumento no tempo de produção, uma vez que tornaram-se mais próximos os processos sucessivos, diminuindo o tempo de espera. Além disso, o tempo de deslocamento é muito pequeno se comparado com o tempo de cada processo, que será reduzido com a implantação do 5S. Em resumo, a mudança de leiaute e o programa 5S reduzirão os tempos de processo, a desorganização, que gerava a não conformidade de atraso de entrega.

De maneira geral, as revisões bibliográficas contribuíram para a elaboração de propostas robustas de leiaute, organização dos postos de trabalho e controle dos contaminantes. Cada proposta atua em uma não conformidade, proporcionando melhorias no processo produtivo como um todo, aumentando o lucro e melhorando a imagem da empresa fornecedora.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem como objetivo fazer uma breve síntese do trabalho desenvolvido, assim como destacar as principais conclusões, contribuições e limitações do mesmo.

Como se descreveu no primeiro capítulo, este trabalho teve como objetivo desenvolver um projeto de melhorias em uma empresa fornecedora de uma grande montadora automobilística, que fabrica um conjunto aerodinâmico veicular. Com base nas informações recebidas da montadora, foram identificados os seguintes problemas de não conformidade: atraso na entrega das peças e impurezas na pintura. Partindo disso, identificaram-se as principais necessidades da empresa fornecedora: leiaute melhor definido e lógico, postos de trabalho melhor organizados e combate à contaminação na pintura. Dessa forma, traçaram-se metas para elaboração de propostas de soluções destes problemas baseado na literatura.

As referências revisadas deram suporte para elaboração da metodologia e foram de fundamental importância para o desenvolvimento do trabalho. Nesse sentido, após a revisão bibliográfica, foi elaborada uma metodologia de solução tendo como referência o planejamento sistemático de leiaute simplificado para problemas de leiaute, 5S para organização dos principais postos de trabalho e aplicação de conceitos de ventilação industrial para controle de contaminantes.

A primeira etapa do trabalho consistiu em elaborar um novo leiaute através da metodologia do SLP simplificado, escolhida por ser amplamente usada no campo da engenharia de produção. Como resultado, obteve-se um leiaute que ampliou a área produtiva, sugerindo a criação de dois mezaninos, recomendando o uso de um galpão externo e unindo processos simples, aproveitando de forma eficiente o local disponível. Um dos mezaninos, além de otimizar o espaço produtivo, isola toda a área de pintura da deposição de partículas de desmoldante. Paralelamente, no galpão externo foi realocada a expedição, retirando-a de dentro do galpão, conferindo assim uma maior privacidade e confidencialidade do processo produtivo. Por fim, unificaram-se processos simples em uma mesma área e uniram-se os depósitos de matrizes de modo a otimizar a área fabril.

Por outro lado, a proposta de leiaute definiu um novo fluxo produtivo para o aerokit. Embora o resultado tenha mostrado um aumento no deslocamento das peças

durante a produção, aumentando o tempo de deslocamento, não aumentará o tempo final de fabricação. Como se conseguiu aproximar os processos sucessivos, diminuirá o tempo de espera entre eles. Além disso, o tempo de deslocamento é muito baixo se comparado com o tempo de cada processo, sendo este reduzido com a organização dos postos de trabalho. Pode-se observar também que o fluxo produtivo ficou mais linear e com menos cruzamentos. Desta maneira, obteve-se uma redução na não conformidade de atrasos na entrega que eram causados pelo leiaute não lógico.

Com o leiaute definido, iniciou-se a organização dos principais postos de trabalho optando-se pelo uso da metodologia 5S, por ser um programa bastante usado e consagrado no meio comercial e industrial. Como a empresa fornecedora está localizada em outro estado, desenvolveu-se uma forma de aplicar o 5S a distância. Primeiramente, organizou-se e definiu-se os principais postos. Nesta fase, obteve-se postos de trabalhos organizados e definidos, delimitando áreas de circulação e de produção, organizando as bancadas, ferramentais e materiais em seu devido lugar. Dessa maneira, alcançou-se as duas primeiras etapas do 5S (seleção e organização).

Para contemplar as três etapas seguintes do 5S, desenvolveu-se um cartaz para ser divulgado pela fábrica com o objetivo de orientar os funcionários quanto as ações necessárias do 5S. Também, sugeriu-se uma equipe de fiscalização composta por funcionários de diferentes níveis e setores, que devem fiscalizar e orientar os demais empregados quanto ao cumprimento do programa.

Os ótimos resultados obtidos nesta metodologia de implantação do 5S a distância, parecem apontar para uma interessante contribuição desse trabalho como um eventual padrão e roteiro metodológico para outros projetos com essa mesma característica de necessidade de desenvolvimento remoto de melhorias em postos de trabalho.

Por fim, com a organização dos principais postos, estudou-se formas de eliminar o problema de contaminação na pintura aplicando conceitos de ventilação industrial.

Além de propor o isolamento da área de pintura através da nova proposta de leiaute, analisou-se o tipo de desmoldante e a área da injeção de modo a entender melhor as características dos contaminantes e o processo de injeção para assim buscar soluções para remover os contaminantes já na sua área de origem.

Inicialmente analisou-se um projeto fixo de um sistema de ventilação. Mas esta solução não foi apropriada, uma vez que possui um custo elevado de implementação

e resultaria em mais atividades para os operadores, aumentando o tempo de processo desnecessariamente. Desta forma, convergiu-se para uma solução usando VLE móvel no local de aplicação do desmoldante, eliminando o problema na raiz.

Com todas as sugestões de melhorias definidas, levantou-se o custo de aplicação de cada uma delas com vários fabricantes totalizando R\$ 470 mil. Este valor é uma estimativa, sendo considerado para efeito de orçamento de projeto. O investimento real da implementação será menor, pois a quantia calculada inclui fatores de correção de modo a cobrir detalhes de projetos que só são visualizados com a visita de um fabricante.

Com o valor do investimento definido, analisou-se o *payback*. Aplicando esta metodologia, verificou-se que o investimento de R\$ 470 mil será recuperado em aproximadamente 9 meses, considerando o pior cenário. Além disso, o fornecedor deve faturar mais R\$ 1,1 milhões com o aerokit até final de 2019 caso as propostas sejam implementadas e se confirmada a demanda.

De modo a complementar as sugestões, fez-se um estudo de tempo para avaliar as melhorias implementadas na área de injeção. Comparou-se o tempo atual do processo com o tempo da proposta, baseando-se nos tempos sintéticos e em simulações. Com isso, projetou-se uma diminuição de 11% no tempo do processo de injeção.

Com a organização dos postos, pode-se induzir uma melhora na eficiência no processo, pois o trabalhador poderá realizar seu trabalho de maneira mais fácil, rápida e organizada. Isso resultará em menor chance de cometer erros, menos gastos com retrabalhos e, conseqüentemente, obtendo-se a solução para a não conformidade de atraso devido ao posto de trabalho desorganizado. Resumidamente, a aplicação das propostas, além de aprimorar o processo produtivo da empresa fornecedora, trará lucro e melhorará a imagem da empresa, sendo esta última de importantíssimo valor pois garantirá a qualidade dos produtos fabricados, podendo proporcionar novas oportunidades.

Dessa maneira, conclui-se que a execução deste trabalho foi vantajosa para os autores, as empresas parceiras e os leitores. Por parte dos autores, obteve-se amplo conhecimento em diversas áreas da engenharia e ampliou-se o conhecimento profissional por lidar diretamente com ambas as empresas e também com fornecedores de diversas áreas. Além disso, este trabalho propôs uma experiência na

solução de problemas dentro dos prazos e na superação das mais diversas dificuldades encontradas.

Para a empresa fornecedora, apesar de restrições devido a questões de confidencialidade, os resultados gerados foram expressivos pois entregou-se propostas viáveis, que além de resolver os problemas identificados, garantem lucro e melhoram sua imagem perante o mercado.

Para a montadora, pode-se garantir o recebimento de produtos de qualidade, reduzindo custos com retrabalhos, sem atrasos e resolvendo plenamente os problemas de não conformidade. Por fim, para os leitores, proporcionou-se o conhecimento de um caso real na indústria brasileira que pode ser usado como base para outros casos semelhantes, apresentando uma nova metodologia de aplicação do 5S a distância.

Como sugestão de trabalhos futuros, há possibilidade de estudos na área de segurança do trabalho o qual o uso de EPIs é inadequado ou inexistente na empresa fornecedora. Na área de engenharia de projeto há necessidade de um dispositivo para as peças injetadas de modo a evitar problemas de deformidade e garantir a geometria da peça. Outra sugestão seria a quanto o desenvolvimento de uma melhor embalagem o qual resulta em problemas de qualidade devido ao inapropriado armazenamento e transporte do aerokit até a empresa fornecedora.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Fábio. IndústriaHoje. **O que é e como calcular o payback?**, 2014. Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/como-calculiar-o-payback>>. Acesso em: 19 Abril 2017.

ANVISA, Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. **O Método 5S - Manual**. Brasília: REBLAS, 2005.

ARÁUJO, Luiz César G. de **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia**. 4°. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BARNES, Ralph. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

BAYO-MORIONES, Alberto; BELLO-PINTADO, Alejandro; DE CERIO, Javier Merido. **5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance**. [S.l.]: International Journal of Quality & Reliability Management, v. 27, 2010.

BORBA, Mirna; LUNA, Mônica Maria Mendes; DA SILVA, Fernanda Antunes Batista. **Proposta de Arranjo Físico para Microempresa Baseado no Planejamento Sistemático de Layout (SLP)**. Produção & Engenharia, v. 6, n. 1, p. 519-531, 2014. ISSN 1983-9952.

BUARQUE, Cristovam. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

CARLO, Filippo de et al. Layout design for a low capacity manufacturing line: a case study. **International Journal of Engineering Business Management Special Issue on Innovations in Fashion Industry**, v. 5, n. 35, p. 1-10, 2013.

CHIAVENATO, Idalberto. **Teoria geral da administração**. Rio de Janeiro: Elsevier, v. 1, 2001.

CHIARELLO, Julian Ana. **Ventilação natural por efeito chaminé - Estudo em modelo reduzido de pavilhões industriais**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

COSTA, Ennio Cruz da **Ventilação**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

DB Benelli. **Divisórias Eucatex**, 26 Fevereiro 2017. Disponível em: <<http://www.divisoriasbenelli.com.br/materias.asp?materia=843>>.

DE OLIVEIRA, Jaime Medeiros **Noções de Ventilação industrial**. Apostila [S.l.]: UFPR, 2006.

DELGADILLO, Sandra Maria Lopes Toro et al. **Repensando o método 5S para arquivos**. Florianópolis: Revista Eletrônica de Biblioteconomia, v. 22, 2006.

DRIRA, Amine; PIERREVAL, Henri. HAJRI-GABOUJ, Sonia. **Facility layout problems: A survey**, Artigo, 31, IFMA, 5 Novembro 2007. 255-267.

EMBAL. **Estrutura metálica de mezanino**, 11 Março 2017. Disponível em: <<http://www.embal.com.br/estrutura-metalica-mezanino.php>>.

ETERNIT. **Painel wall**, 1 Abril 2017. Disponível em: <<http://www.etsnit.com.br/produtos/solucoes-construtivas/painel-wall/painel-wall2>>.

FALCONI, Vicente **TQC –Controle Total da Qualidade**. 2. ed. Minas Gerais: INDG, 2004.

HAYES, Robert H.; WHEELWRIGHT, Steven C. **Restoring our competitive edge: competing through manufacturing**. New York: John Wiley & Sons, 1984.

HEIZER, Jay; HENDER, Barry. **Principles of Operations Management**. 10. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2016. Disponível em: <<https://docs.google.com/file/d/0B8pig2KdTtaOBbmlKdlRoeDJyZGM/edit>>.

HIRANO, Hiroyuki. **5S na prática**. São Paulo: IMAM, 1994.

HUNT, V. Daniel **Process Mapping: how to reengineer your business processes**. Canada: John Wiley & Sons, 1996.

INDÚSTRIA Hoje. **O que é Kanban?**, 2016. Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/o-que-e-kanban>>. Acesso em: 17 Setembro 2016.

KAMARUDDIN, Shahrul et al. The impact of variety of orders and different number of workers on production scheduling performance: A simulation approach. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24, p. 1123-1142, 2013.

KÁTIA DE OLIVEIRA Lilian, et al. **Um estudo de caso sobre melhorias no layout de uma indústria plástica**, Artigo Bauru, SP, Novembro 2006.

KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009

LAPA, Reginaldo Pedreira. **Praticando os 5 sentidos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

LEITE, Helio de Paula **Introdução à administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

LISBOA, Henrique de Melo Ventilação Industrial. In: **Controle da poluição atmosférica**. 1º. ed. [S.l.]: Montreal, 2007. Cap. 6.

MARTINS, Petronio Garcia; LAUGENI, Fernando Pie **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MECALUX. Logismarket. **Galpão em lona (Alternativa Coberturas)**, 15 Abril 2017. Disponível em: <<https://www.logismarket.ind.br/alternativa-coberturas/galpao-em-lona/2237181806-1179618806-p.html>>.

MELO, Silvio Eduardo Gomes de **Planejamento de Processos de Fabricação e Montagem Integrada à Programação em Estaleiros de Construção Naval**. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

MÉTODO PEPS. **Portal de Contabilidade**, 30 Março 2017. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/peps.htm>>.

MUTHER, Richard; WHEELER, John D. **Planejamento simplificado de layout: Sistema SLP**. São Paulo: IMAM, 2000.

NAKATA, Kenji. **Acerto 100%, desperdício zero: um novo conceito dos 5S**. São Paulo: Infinito, 2000.

NEUMANN, Carla Simone Ruppenthal; MILANI, Juliano. **Proposição de Melhoria do Layout utilizando o SLP Simplificado**, Artigo, Salvador, 06-09 Outubro 2009.

NEVES, Wagner Gonçalves das **Estudo da Viabilidade Econômica financeira para uma empresa de cosméticos**. Monografia, Porto Alegre: UFRG, 2010.

NR 15. Norma regulamentadora NR15 - Atividades de Operação Insalubre. **Ministério do Trabalho**, 2015. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>>. Acesso em: 01 Outubro 2016.

OLIVEIRA, Cassia Lucian Pfister Alves de. **Análise e controle da produção em empresa têxtil, através da cronoanálise**. Monografia, Centro Universitário de Formiga. Formiga, MG. 2009.

**OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial. 20. ed. São Paulo: Atlas, 2011.**

OSADA, Takashi **Housekeeping 5S: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: Atlas, 1992.

PACIEVITCH, Thais Infoescola. **Ativos e Passivos**, 2017. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/economia/ativos-e-passivos/>>. Acesso em: 19 Abril 2017.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção ( Operações Industriais e de Serviços)**. Unicamp. Curitiba. 2007.

PEDROSO, Arthur. **Cartaz 5S**. Curitiba: [S.I.], 2017

PERBONI, Fabio. **Análise do controle de produção através da cronoanálise, visando melhorias produtivas em uma empresa de esquadrias de madeira**. Universidade do Contestado (UNC). Caçador, p. 54f. 2007.

PETERSON, Jim; SMITH, Roland. **O Guia de Bolso do 5S**. [S.I.]: Productivity Press, 1998.

PINTO, Marcos Mendes de Oliveira et al. **Contribuições à Eficiência Produtiva de Navios no Brasil Através do Planejamento, programação e Controle**. In: XX Copinaival - Congresso Panamericano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária / IV Congresso Ibero-Americano de Engenharia Naval, 2007, São Paulo. Anais do Congresso, 2007.

PIRES DA ROSA, Gilson et. al. **A reorganização do layout como estratégia para otimização da produção**, Artigo, Caxias do Sul-RS, 30 Junho 2014. pg. 140-154.

PORTAL Gestão. **A Economia de escala**. Disponível em: <<https://www.portal-gestao.com/artigos/6202-o-que-s%C3%A3o-economias-de-escala.html>>. Acesso em: 17 Setembro 2016.

REAES, Paulo Antonio. **Gestão da Produção**. Apostila, Curitiba: [s.n.], 2015.

REFRIGAS. **CORTINA DE AR 0,90MM 220V - SURYHA**, 26 Fevereiro 2017. Disponível em: <<http://www.refrigasarcondicionado.com.br/ProdutoDetalhes?prodID=1178&produto=Cortina+de+Ar+0%2C90mm+220V>>.

RIBEIRO, Haroldo. **5S: A Base para a Qualidade Total**. Salvador: Casa da qualidade, 1994.

ROSS, Stephen A. et. al. **Princípios da administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

RUNNION, Venetia **Hexavalent Chromium Exposure Control (HexChec) Video Guide/Instructor Manual: Best Practices for Welders**. [S.l.]: Washington Exposure Control, 2010. Disponível em: <[http://www.elcosh.org/document/2149/d001020/Hexavalent+Chromium+Exposure+Control+\(HexChEC\)+Video+GuideInstructor+Manual%3A+Best+Practices+for+Welders.html?show\\_text=1](http://www.elcosh.org/document/2149/d001020/Hexavalent+Chromium+Exposure+Control+(HexChEC)+Video+GuideInstructor+Manual%3A+Best+Practices+for+Welders.html?show_text=1)>.

SANTORO. **San"toro representações e comercios LTDA**. Disponível em: <<http://www.santoro.com.br/assistencias/tron/calindexau.pdf>>. Acesso em: 30 Setembro 2016.

SCHONBERGER, Richard J. **World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied**. New York: The Free Press, 1986.

SIGNIFICADOS. **Significado de benchmarking**, 26 Fevereiro 2017. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/benchmarking/>>.

SIGNIFICADOS. **Significado de Know-How**, 26 Fevereiro 2017. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/know-how/>>.

SIGNIFICADOS. **Significado de PVC**, 28 Março 2017. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/pvc/>>.

SILVA, João Martins da. **5S: O ambiente da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Otoni, 1994.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 4°. ed. [S.l.]: Atlas, 2015.

SOBRINHO, Fernando Vieira Fundacentro. **Ventilação Local Exaustora em Galvanoplastia**, 26 Fevereiro 2017. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2012/7/ventilacao-local-exaustora-em-galvanoplastia>>.

TAN, Paul. paultan.org. **New Impul Grand Livina now available in Nissan showrooms in Malaysia!**, 26 Fevereiro 2017. Disponível em: <<https://paultan.org/2009/01/05/new-nissan-grand-livina-tuned-by-impul-now-available-in-nissan-showrooms-in-malaysia/>>.

TECHNOFAN. **Technofiltro ecômatico**, 2017. Disponível em: <<http://www.technofan.com.br/p-technofiltro-eco.html>>. Acesso em: 23 Abril 2017.

TIBERTI, Alexandre J. **Desenvolvimento de Software de Apoio ao Projeto de Arranjo Físico de Fábrica Baseado em um Framework Orientadi a Objeto**. São Carlos-SP: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

TOLEDO JR, Itys-Fibes Buen; KURATOMI, Shoei **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos**. 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.

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

TORRES, Isaias. **Integração de ferramentas computacionais aplicadas ao projeto e desenvolvimento de arnajo físico de instalações industriais**. [S.l.]: Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia de produção. Universidade Federal de São Carlos, 2001.

VAZ JUNIOR, Carlos Andre. **Apostila de ventilação**. [S.l.]: UFRJ, 2015.

VENTISILVA. **Catálogo de Produtos**. 2016: [s.n.].

VENTOKIT. **Grades de ventilação**. Ventokit, 10 Abril 2017. Disponível em: <[http://www.ventokit.com.br/artigos\\_01.asp](http://www.ventokit.com.br/artigos_01.asp)>.

VENTOKIT. **Ventilação mecânica**. Ventokit, 27 Maio 2017. Disponível em: <<http://www.ventokit.com.br/ventmec.asp>>.

VOSS, Christopher A.; BLACKMON, Kate. **Practice Performance Relationships in UK Manufacturing Industry**. Londres: London Business School, 1993.

WEBCALC. **Conversões**, 2000. Disponível em: <<http://www.webcalc.com.br/frame.asp?pag=>>>. Acesso em: 01 Outubro 2016.

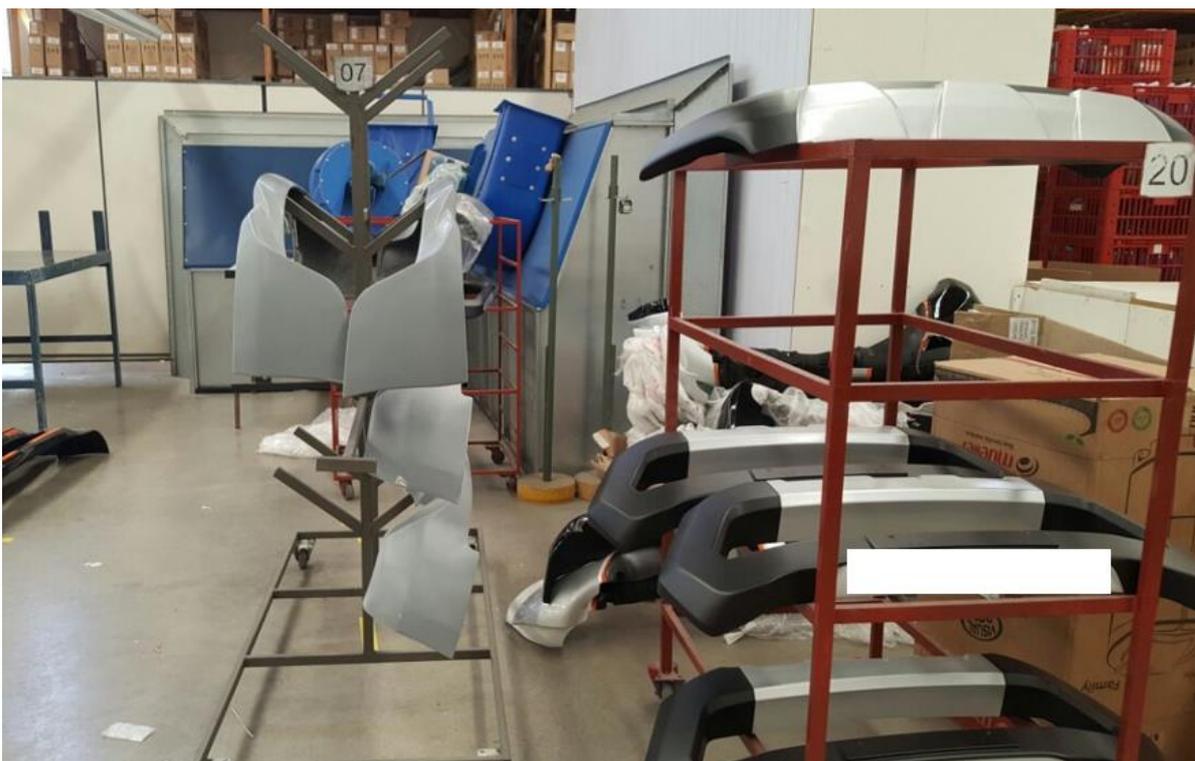
## ANEXO A – FOTOS DA EMPRESA FORNECEDORA



Figura 64 - Aplicação de desmoldante próxima a peças prontas para pintura (peças brancas)  
Fonte: Empresa montadora (2016).



Figura 65 - Áreas de peças prontas não definidas.  
Fonte: Empresa montadora (2016).



**Figura 66 - Mistura de peças sem identificação.**  
Fonte: Empresa montadora (2016).



**Figura 67 - Área de expedição sem identificação.**  
Fonte: Empresa montadora (2016).

## ANEXO B – NR15

Quadro 18 – Exemplos de valores de contaminação

(Continua)

| AGENTES QUÍMICOS   | Valor teto   | Absorção também p/pele | Até 48 horas/semana |                   | Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização |
|--|--|------------------------|---------------------|-------------------|---|
|  |  |                        | ppm                 | mg/m <sup>3</sup> |   |
| Acetaldeído  |  |                        | 78                  | 140               | Máximo  |
| Acetato de cellosolve  |  | +                      | 78                  | 420               | Médio   |
| Acetato de éter monoetílico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve) |  |                        | -                   | -                 | -   |
| Acetato de etila   |  |                        | 310                 | 1090              | mínimo  |
| Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)                      |  |                        | -                   | -                 | -   |
| Acetileno  |  |                        | Axfixiante          | simples           | -   |
| Acetona  |  |                        | 780                 | 1870              | mínimo  |
| Acetonitrila   |  |                        | 30                  | 55                | máximo  |
| Ácido acético  |  |                        | 8                   | 20                | médio   |
| Ácido cianídrico   |  | +                      | 8                   | 9                 | máximo  |
| Ácido clorídrico   | +  |                        | 4                   | 5,5               | máximo  |
| Ácido crômico (névoa)  |  |                        | -                   | 0,04              | máximo  |
| Ácido etanóico (vide ácido acético)  |  |                        | -                   | -                 | -   |
| Ácido fluorídrico  |  |                        | 2,5                 | 1,5               | máximo  |
| Ácido fórmico  |  |                        | 4                   | 7                 | médio   |
| Ácido metanóico (vide ácido fórmico)                                       |  |                        | -                   | -                 | -   |
| Acrilato de metila   |  | +                      | 8                   | 27                | máximo  |
| Acrilonitrila  |  | +                      | 16                  | 35                | máximo  |
| Álcool isoamílico  |  |                        | 78                  | 280               | mínimo  |
| Álcool n-butílico  | +  | +                      | 40                  | 115               | máximo  |
| Álcool isobutílico   |  |                        | 40                  | 115               | médio   |
| Álcool sec-butílico (2-butanol)  |  |                        | 115                 | 350               | médio   |
| Álcool terc-butílico   |  |                        | 78                  | 235               | médio   |
| Álcool etílico   |  |                        | 780                 | 1480              | mínimo  |
| Álcool furfurílico   |  | +                      | 4                   | 15,5              | médio   |
| Álcool metil amílico (vide metil isobutil carbinol)                        |  |                        | -                   | -                 | -   |
| Álcool metílico  |  | +                      | 156                 | 200               | máximo  |
| Álcool n-propílico   |  | +                      | 156                 | 390               | médio   |
| Álcool isopropílico  |  | +                      | 310                 | 765               | médio   |
| Aldeído acético (vide acetaldeído)   |  |                        | -                   | -                 | -   |
| Aldeído fórmico (vide formaldeído)   |  |                        | -                   | -                 | -   |
| Amônia   |  |                        | 20                  | 14                | médio   |
| Anidro sulfuroso (vide dióxido de enxofre)                                 |  |                        | -                   | -                 | -   |
| Anilina  |  | +                      | 4                   | 15                | máximo  |
| Argônio  |  |                        | Asfixiante          | simples           | -   |
| Arsina (arsenamina)  |  |                        | 0,04                | 0,16              | máximo  |
| Benzene  | <i>(Excluído pela Portaria n.º 03, de 10 de março de 1994)</i> |                        |                     |                   |   |

(Conclusão)

| AGENTES QUÍMICOS  | Valor teto | Absorção também p/pele | Até 48 horas/semana |         | Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização |
|---|------------|------------------------|---------------------|---------|---|
|   |            |                        | ppm                 | ppm     |   |
| Monóxido de carbono   |            |                        | 39                  | 43      | máximo  |
| Negro de fumo <sup>(1)</sup>                                      |            |                        |                     | 3,5     | máximo  |
| Neônio  |            |                        | Asfixiante          | simples | -   |
| Níquel carbonila (níquel tetracarbonila)                          |            |                        | 0,04                | 0,28    | máximo  |
| Nitrato de n-propila  |            |                        | 20                  | 85      | máximo  |
| Nitroetano  |            |                        | 78                  | 245     | médio   |
| Nitrometano   |            |                        | 78                  | 195     | máximo  |
| 1 - Nitropropano  |            |                        | 20                  | 70      | médio   |
| 2 - Nitropropano  |            |                        | 20                  | 70      | médio   |
| Óxido de etileno  |            |                        | 39                  | 70      | maximo  |
| Óxido nítrico (NO)  |            |                        | 20                  | 23      | máximo  |
| Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)                                  |            |                        | Asfixiante          | simples | -   |
| Ozona   |            |                        | 0,08                | 0,16    | máximo  |
| Pentaborano   |            |                        | 0,004               | 0,008   | máximo  |
| n-Pentano   |            | +                      | 470                 | 1400    | mínimo  |
| Percloroetileno   |            |                        | 78                  | 525     | médio   |
| Piridina  |            |                        | 4                   | 12      | médio   |
| n-propano   |            |                        | Asfixiante          | simples | -   |
| n-Propanol (vide álcool n-propílico)                              |            |                        | -                   | -       | -   |
| iso-Propanol (vide álcool isopropílico)                           |            |                        | -                   | -       | -   |
| Propanona (vide acetona)  |            |                        | -                   | -       | -   |
| Propileno   |            |                        | Asfixiante          | simples | -   |
| Propileno imina   |            | +                      | 1,6                 | 4       | máximo  |
| Sulfato de dimetila   | +          | +                      | 0,08                | 0,4     | máximo  |
| Sulfeto de hidrogênio (vide gás sulfídrico)                       |            |                        | -                   | -       | -   |
| Systox (vide demeton)   |            |                        | -                   | -       | -   |
| 1,1,2,2,Tetrabromoetano   |            |                        | 0,8                 | 11      | médio   |
| Tetracloroeto de carbono  |            | +                      | 8                   | 50      | máximo  |
| Tetracloroetano   |            | +                      | 4                   | 27      | máximo  |
| Tetracloroetileno (vide percloroetileno)                          |            |                        | -                   | -       | -   |
| Tetrahidrofurano  |            |                        | 156                 | 460     | máximo  |
| Tolueno (toluol)  |            | +                      | 78                  | 290     | médio   |
| Tolueno-2,4-diisocianato (TDI) (vide 2,4 diisocianato de tolueno) |            |                        | -                   | -       | -   |
| Tribromometano (vide bromofórmio)                                 |            |                        | -                   | -       | -   |
| Tricloreto de vinila (vide 1,1,2 tricloroetano)                   |            |                        | -                   | -       | -   |
| 1,1,1 Tricloroetano (vide metil clorofórmio)                      |            |                        | -                   | -       | -   |
| 1,1,2 Tricloroetano   |            | +                      | 8                   | 35      | médio   |
| Tricloroetileno   |            |                        | 78                  | 420     | máximo  |
| Triclorometano (vide clorofórmio)                                 |            |                        | -                   | -       | -   |
| 1,2,3 Tricloropropano   |            |                        | 40                  | 235     | máximo  |
| 1,1,2 Tricloro-1,2,2 trifluoretano (freon 113)                    |            |                        | 780                 | 5930    | médio   |
| Trietilamina  |            |                        |                     |         |   |

(1) (Incluído pela Portaria DNSST n.º 09, de 09 de outubro de 1992).

**Fonte: NR 15 (2015).**

## ANEXO C – TABELA ASHRAE

(Continua)

| Área Funcional                  | Taxa de Renovação<br>(Trocas por hora) | Ft <sup>3</sup> /min<br>(Por pessoa) |
|---------------------------------|--|--------------------------------------|
| Hospitais (sala de anestesia)   | 8-12                                   | -                                    |
| Salas de animais                | 12-16                                  | -                                    |
| Auditórios                      | 10-12                                  | 10                                   |
| Hospitais (salas de autópsia)   | 8-12                                   | 10                                   |
| Padaria e confeitaria           | 20-60                                  | -                                    |
| Boliches                        | 15-30                                  | 30                                   |
| Igrejas                         | 15-25                                  | 5                                    |
| Hospitais (salas de citoscopia) | 8-10                                   | 20                                   |
| Salas de aula                   | 10-30                                  | 40                                   |
| Salas de conferencia            | 25-35                                  | -                                    |
| Corredores                      | 3-10                                   | -                                    |
| Leiterias                       | 2-15                                   | -                                    |
| Lavagem de pratos               | 30-60                                  | -                                    |
| Lavagem a seco                  | 20-40                                  | -                                    |
| Fundições                       | 5-20                                   | -                                    |
| Ginásios                        | 5-30                                   | 1,5/ft <sup>2</sup>                  |
| Garagens                        | 6-10                                   | -                                    |

(Conclusão)

| Área Funcional                     | Taxa de Renovação<br>(Trocas por hora) | Ft <sup>3</sup> /min<br>(Por pessoa) |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Hospitais (salas de hidroterapia)  | 6-10                                   | -                                    |
| Hospitais (salas de isolamento)    | 8-12                                   | -                                    |
| Cozinhas                           | 10-30                                  | -                                    |
| Lavanderias                        | 10-60                                  | -                                    |
| Bibliotecas                        | 15-25                                  | 10                                   |
| Salas de depósito                  | 2-15                                   | -                                    |
| Pequenas oficinas                  | 8-12                                   | -                                    |
| Hospitais (suprimentos)            | 6-10                                   | -                                    |
| Berçários                          | 10-15                                  | -                                    |
| Escritórios                        | 6-20                                   | 10                                   |
| Hospitais (salas de operação)      | 10-15                                  | -                                    |
| Radiologia                         | 6-10                                   | -                                    |
| Restaurantes                       | 6-20                                   | 10                                   |
| Lojas                              | 18-22                                  | 10                                   |
| Residências                        | 5-20                                   | -                                    |
| Equipamentos telefônicos           | 6-10                                   | -                                    |
| Salas de controle de tráfego aéreo | 10-22                                  | 10                                   |
| Toaletes                           | 8-20                                   | -                                    |
| Soldas a arco voltaico             | 18-22                                  | -                                    |

**Fonte: Copiado por De Oliveira (2006)**

# ANEXO D – CATÁLOGO DE EXAUSTORES AXIAIS VENTISILVA 2016

## EXAUSTORES AXIAIS



E100



### APLICAÇÃO

Atendem as mais diversas aplicações. Recomendado para troca de ar em indústrias, galpões, restaurantes e tubulações.

### CARACTERÍSTICAS

- fabricados em chapa de aço carbono
- pintura eletrostática na cor preta
- dimensões de 30cm a 1 metro
- mancais com rolamentos de esfera, proporcionando baixo nível de ruído e grande durabilidade
- hélice de 6 paletas em alumínio especial
- nos modelos acima de 40cm de diâmetro, bico polia em alumínio fundido
- grades externas de proteção
- temperatura de trabalho de -10°C a +40°C

TEMOS EXAUSTORES COM MOTOR  
À PROVA DE EXPLOÇÃO, CONSULTE-NOS.

E20



E30



E40



E50



E60



E70



E80



**3** ANOS  
GARANTIA

ASSIS. TÉCNICA  
PERMANENTE

| Modelo | Diâmetro | Profundidade | Tensão            | Corrente             | Potência   | Rotação  | Vazão       | Pressão   | Ruído  | Frequência | Peso Líquido |
|--------|----------|--------------|-------------------|----------------------|------------|----------|-------------|-----------|--------|------------|--------------|
| E20M2  | 200 mm   | 160 mm       | 127 / 220         | 1,05 / 0,45 A        | 1 / 7 HP   | 3370 RPM | 12,5 m³/min | 24,6 mmca | 70 dBA | 60 Hz      | 2,7 Kg       |
| E20M4  | 200 mm   | 160 mm       | 127 / 220         | 0,45 / 0,22 A        | 1 / 17 HP  | 1725 RPM | 7,9 m³/min  | 7,3 mmca  | 61 dBA | 60 Hz      | 2,7 Kg       |
| E30M4  | 300 mm   | 300 mm       | 127 / 220 V       | 2,70 / 1,15 A        | 1 / 5 HP   | 1750 RPM | 40 m³/min   | 9 mmca    | 69 dBA | 60 Hz      | 7,2 Kg       |
| E30M6  | 300 mm   | 300 mm       | 127 / 220 V       | 1,55 / 0,70 A        | 1 / 7 HP   | 1150 RPM | 25 m³/min   | 6 mmca    | 58 dBA | 60 Hz      | 8,5 Kg       |
| E30M8  | 300 mm   | 300 mm       | 127 / 220 V       | 0,90 / 0,45 A        | 1 / 10 HP  | 850 RPM  | 20 m³/min   | 4 mmca    | 49 dBA | 60 Hz      | 8,3 Kg       |
| E30T4  | 300 mm   | 300 mm       | 220 / 380 V       | 1,50 / 0,85 A        | 1 / 3 HP   | 1750 RPM | 40 m³/min   | 9 mmca    | 69 dBA | 60 Hz      | 7,6 Kg       |
| E30T6  | 300 mm   | 300 mm       | 220 / 380 V       | 0,48 / 0,25 A        | 1 / 7 HP   | 1150 RPM | 25 m³/min   | 6 mmca    | 58 dBA | 60 Hz      | 7,7 Kg       |
| E40M4  | 400 mm   | 310 mm       | 127 / 220 V       | 3,50 / 1,60 A        | 1 / 3 HP   | 1700 RPM | 75 m³/min   | 11 mmca   | 82 dBA | 60 Hz      | 10,4 Kg      |
| E40M6  | 400 mm   | 310 mm       | 127 / 220 V       | 1,60 / 0,75 A        | 1 / 5 HP   | 1100 RPM | 55 m³/min   | 7 mmca    | 68 dBA | 60 Hz      | 10,1 Kg      |
| E40M8  | 400 mm   | 310 mm       | 127 / 220 V       | 1,15 / 0,55 A        | 1 / 7 HP   | 800 RPM  | 40 m³/min   | 5 mmca    | 58 dBA | 60 Hz      | 10,0 Kg      |
| E40T4  | 400 mm   | 310 mm       | 220 / 380 V       | 1,50 / 0,80 A        | 1 / 3 HP   | 1700 RPM | 75 m³/min   | 11 mmca   | 82 dBA | 60 Hz      | 11,4 Kg      |
| E40T6  | 400 mm   | 310 mm       | 220 / 380 V       | 0,50 / 0,35 A        | 1 / 5 HP   | 1100 RPM | 55 m³/min   | 7 mmca    | 68 dBA | 60 Hz      | 9,4 Kg       |
| E50M4  | 500 mm   | 310 mm       | 127 / 220 V       | 9,75 / 4,30 A        | 1 HP       | 1650 RPM | 145 m³/min  | 16 mmca   | 83 dBA | 60 Hz      | 13,5 Kg      |
| E50M6  | 500 mm   | 310 mm       | 127 / 220 V       | 5,50 / 2,25 A        | 1 / 2 HP   | 1100 RPM | 100 m³/min  | 11 mmca   | 73 dBA | 60 Hz      | 14,0 Kg      |
| E50M8  | 500 mm   | 310 mm       | 127 / 220 V       | 2,50 / 1,25 A        | 1 / 3 HP   | 800 RPM  | 78 m³/min   | 7 mmca    | 63 dBA | 60 Hz      | 13,8 Kg      |
| E50T4  | 500 mm   | 310 mm       | 220 / 380 V       | 2,35 / 1,25 A        | 1 / 2 HP   | 1650 RPM | 145 m³/min  | 16 mmca   | 83 dBA | 60 Hz      | 13,9 Kg      |
| E50T6  | 500 mm   | 310 mm       | 220 / 380 V       | 2,00 / 1,10 A        | 1 / 2 HP   | 1100 RPM | 100 m³/min  | 11 mmca   | 73 dBA | 60 Hz      | 13,8 Kg      |
| E60T4  | 600 mm   | 370 mm       | 220 / 380 / 440 V | 4,80 / 2,80 / 2,40 A | 1,1 / 2 HP | 1700 RPM | 195 m³/min  | 22 mmca   | 90 dBA | 60 Hz      | 27,2 Kg      |
| E60T6  | 600 mm   | 370 mm       | 220 / 380 / 440 V | 2,9 / 1,69 / 1,45 A  | 3 / 4 HP   | 1100 RPM | 145 m³/min  | 14 mmca   | 76 dBA | 60 Hz      | 24,5 Kg      |
| E70T6  | 700 mm   | 390 mm       | 220 / 380 / 440 V | 5,00 / 2,90 / 2,50 A | 1,1 / 2 HP | 1105 RPM | 225 m³/min  | 16 mmca   | 84 dBA | 60 Hz      | 36,5 Kg      |
| E80T6  | 800 mm   | 390 mm       | 220 / 380 / 440 V | 5,0 / 2,9 / 2,5 A    | 1,1 / 2 HP | 1150 RPM | 315 m³/min  | 18 mmca   | 85 dBA | 60 Hz      | 40,0 Kg      |
| E100T8 | 1000 mm  | 460 mm       | 220 / 380 / 440 V | 7,80 / 4,50 / 3,80 A | 2 HP       | 850 RPM  | 422 m³/min  | 19 mmca   | 87 dBA | 60 Hz      | 95,0 Kg      |

T - TRIFÁSICO M - MONOFÁSICO