

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUIZ OCTÁVIO FILGUEIRAS REIS

**ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE O ARRANJO
FÍSICO FUNCIONAL E O ARRANJO FÍSICO POSICIONAL: ESTUDO
DE CASO DE UMA EMPRESA DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

LUIZ OCTÁVIO FILGUEIRAS REIS

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE O ARRANJO FÍSICO FUNCIONAL E O ARRANJO FÍSICO POSICIONAL: ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção do departamento de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Shih Yung Chin

PONTA GROSSA

2019

	<p>Ministério da Educação UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS PONTA GROSSA Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	 <p>UTFPR UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</p>
---	---	--

TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE O ARRANJO FÍSICO FUNCIONAL E O ARRANJO FÍSICO POSICIONAL: ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES

por

LUIZ OCTÁVIO FILGUEIRAS REIS

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 25 de novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Shih Yung Chin
Prof. Orientador

Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia
Membro titular

Profa. Dra. Yslene Rocha Kachba
Membro titular

- O termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo incentivo e apoio dado para a realização do curso de Engenharia de Produção, bem como este trabalho de conclusão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, especialmente meus pais, pelo apoio dado para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também ao meu orientador Prof. Dr. Shih Yung Chin pelo conhecimento passado a mim para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos mais próximos da sala, que ajudaram dando apoio e auxiliando durante a construção do trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia de Produção (DAENP) que contribuiriam de maneira direta ou indireta, por seus conhecimentos, auxiliando também na realização deste trabalho.

RESUMO

FILGUEIRAS REIS, L. O. **Estudo comparativo de desempenho entre o arranjo físico funcional e o arranjo físico posicional: Estudo de caso de uma empresa de manutenção de aeronaves.** 2019.71f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado, Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

O presente trabalho possui como objetivo analisar o desempenho do Arranjo Físico Funcional usado pela empresa responsável pela manutenção de aeronaves e sugerir alteração para outro tipo de Arranjo Físico, o Posicional.

A necessidade da reformulação do arranjo físico adotado pela empresa surgiu pelas visitas realizadas ao local, entendimento da realização das atividades, bem como a explicação pelos colaboradores das dificuldades encontradas ao realizarem as atividades de manutenção como a disposição das salas, falta de portas para facilitar os acessos, além da distância percorrida no hangar para a execução dos processos de manutenção. Após o entendimento dos problemas, bem como do atual arranjo físico (funcional) adotado pela mesma, decidiu-se atuar na melhoria do arranjo físico, propondo a alteração para o posicional, agindo na reestruturação da planta atual e reorganização os setores de trabalhos, objetivando melhoria e redução da distância percorrida.

Para a realização do estudo, encontrar os resultados, bem como verificar a necessidade de uma atualização de arranjo físico no local, realizou-se visitas, entrevistas com os responsáveis pela manutenção das aeronaves, além de aplicação de questionário, visando entender os prós e contras do atual posicionamento dos setores adotados, e, à vista disso, propor a atualização do mesmo, medindo a redução da distância percorrida. Foi apresentado as etapas de desenvolvimento do estudo pela metodologia, bem como os resultados encontrados pela implementação do método. Verificou-se a eficiência na implementação do arranjo físico posicional na empresa de manutenção de aeronaves, gerando redução da distância percorrida.

Palavras-chave: Arranjo Físico. Manutenção de Aeronaves. Distância. Análise de Desempenho.

ABSTRACT

FILGUEIRAS REIS, L. O. **Comparative performance study between functional and positional physical arrangement: Case study of an aircraft maintenance company.** 2019. 71p. Work of Conclusion Course (Graduation in Industrial Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2019.

This paper aims to analyze the performance of the Functional Physical Arrangement used by the aircraft maintenance company and to suggest a change to another type of Physical Arrangement, the Positional.

The need for reformulation of the physical arrangement adopted by the company arose from visits to the site, understanding of the activities, as well as the explanation by employees of the difficulties encountered in performing maintenance activities such as the arrangement of rooms, lack of doors to facilitate the work. accesses, in addition to the distance traveled in the hangar for the execution of maintenance processes. After understanding the problems, as well as the current physical (functional) arrangement adopted by the same, it was decided to act on improving the physical arrangement, proposing the change to the positional, acting on the restructuring of the current plant and reorganizing the work sectors, aiming at improvement and reduction of the distance traveled.

To conduct the study, find the results, as well as verify the need for a physical upgrade on site, visits, interviews with those responsible for maintaining the aircraft, as well as the application of a questionnaire to understand the pros and cons. of the current positioning of the adopted sectors, and, in view of this, propose its updating, measuring the reduction of the distance traveled. It was presented the development stages of the study by the methodology, as well as the results found by the method implementation. The efficiency in the implementation of the positional physical arrangement in the aircraft maintenance company was verified, generating a reduction in the distance traveled.

Keywords: Physical Layout. Aircraft Maintenance. Distance. Performance Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Arranjo Físico Posicional.....	33
Figura 2 – Exemplo de Arranjo Físico por Processo.....	34
Figura 3 – Exemplo de Arranjo Físico por Produto.....	36
Figura 4 – Exemplo de Arranjo Físico Celular.....	39
Figura 5 – Vistas superiores: dois exemplos (Fonte: Chin 2010)	42
Figura 6 – Exemplo de distribuição de máquinas	43
Figura 7 – Planta Aeroclube de Ponta Grossa.....	51
Figura 8 – Planta Aeroclube com os centros de trabalhos realocados.....	63
Figura 9 – Trajeto de manutenção no <i>layout</i> atual.....	64
Figura 10 – Trajeto de manutenção no <i>layout</i> proposto.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas da Metodologia.....	45
Quadro 2 – Procedimentos de Aplicação do Arranjo Físico Posicional.....	47
Quadro 3 – Etapa 1: Identificação dos Centros de Trabalhos.....	57
Quadro 4 – Etapa 2: Relação de localização e Locais de Acesso.....	58
Quadro 5 – Etapa 3: Relação de Centros de Trabalhos e Locais de Acesso.....	59
Quadro 6 – Etapa 4: Cálculo dos pesos utilizando os valores das etapas 2 e 3.....	60
Quadro 7 – Etapa 5: Alocação.....	61

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Hangar de manutenção de aeronaves.....	52
Fotografia 2 – Área destinada a manutenção 1.....	53
Fotografia 3 – Área destinada a manutenção 2.....	53
Fotografia 4 – Vista da Ferramentaria e Almoxarifado.....	54
Fotografia 5 – Vista da área externa do hangar.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Característica de cada tipo de Arranjo Físico (Fonte: Morábito 1998).....	38
Tabela 2 – Vantagens e Desvantagens dos tipos de Arranjo Físico.....	40

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVO GERAL.....	17
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	17
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	19
2.1 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	20
2.2 SETE CLASSES DE PERDAS.....	20
2.3 MANUTENÇÃO.....	23
2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	24
2.4.1 Manutenção Corretiva.....	24
2.4.2 Manutenção Preventiva.....	25
2.4.3 Manutenção Preditiva.....	25
2.4.4 Manutenção Detectiva.....	26
2.5 ARRANJO FÍSICO.....	26
2.6 PRINCÍPIOS DO ARRANJO FÍSICO.....	28
2.7 OBJETIVOS DO ARRANJO FÍSICO.....	29
2.8 ESCOLHA DO ARRANJO FÍSICO.....	31
2.9 TIPOS DE <i>LAYOUT</i>	31
2.9.1 Arranjo Físico Posicional.....	32
2.9.2 Arranjo Físico por Processo (ou Funcional).....	33
2.9.3 Arranjo Físico por Produto.....	35
2.9.4 Arranjo Físico Celular.....	36
2.10 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ARRANJOS FÍSICOS.....	39
2.11 QUADRATIC ASSIGNMENT PROBLEM - QAP.....	40
2.12 CÁLCULO DO CENTRÓIDE.....	42
3 METODOLOGIA	44
3.1 MÉTODOS DE ABORDAGEM.....	45
3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	46
3.3 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO.....	47
3.4 CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS.....	48
4 AMBIENTE DE ESTUDO	50
4.1 AERoclUBE PARA MANUTENÇÃO DAS AERONAVES.....	52
5 RESULTADOS	55
5.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO.....	55
5.2 MÉTODO DE ALOCAÇÃO: ARRANJO FÍSICO POSICIONAL.....	57
5.3 ALOCAÇÃO DOS CENTROS DE TRABALHOS.....	62
5.4 CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS.....	63

5.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	638
6 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS.....	70
ANEXOS.....	706

1 INTRODUÇÃO

As organizações prezam por agilizar seus processos produtivos, reduzindo recursos gastos, mão de obra, dentre outros aspectos, conseqüentemente tais pontos impactam no bom funcionamento da mesma e na manutenibilidade da produção. Juntamente a estes aspectos a manutenção dos equipamentos nas indústrias são realizados com o intuito de conservar os mesmos propriamente dito, reduzir as despesas de troca de materiais, além de também objetivar a prevenção de problemas técnicos com uma manutenção periódica.

O desenvolvimento da tecnologia, a ampliação da inclusão nas empresas, bem como os requisitos e necessidades dos clientes e fornecedores transformaram-se em razões críticas de sucesso para as organizações. Nesta conjuntura, o atendimento dos clientes, agregando qualidade, eficiência e principalmente o menor custo tornam-se imprescindíveis. À vista disso, nota-se a conveniência do gerenciamento do tempo aplicado aos processos produtivos (FARIA; COSTA, 2005).

No planejamento do *layout*, a variabilidade dos processos nas indústrias, compreendido como um processo que possui uma significativa flexibilidade, seja no sequenciamento de produção ou mesmo no quantitativo produzido, devido à natureza da indústria, impacta de maneira contundente na aplicabilidade do *layout* físico utilizado. Dessa forma segundo Júnior (2007), alguns dos impactos desta variabilidade aos processos produtivos, levanto em consideração o *layout* implantado nas indústrias, estão a baixa capacidade produtiva, uma vez que não há o ambiente adequado para o processamento, ocorrendo por exemplo, espera por precedência. Há também o aumento ou mesmo a falta de peças em estoque, dado que o planejamento e controle da produção é afetado pela variabilidade dos processos existentes devido a incorreta aplicação do *layout*.

Os estudos voltados aos arranjos físicos buscam reorganizar os setores das organizações, objetivando melhorias para os processos produtivos, resultando em redução de custos e desperdícios. Rossi et al., (2017), enfatizam o aumento da preocupação das organizações em otimizar seus processos internos, eliminando dessa forma, atividades não agregadoras de valor. Na pesquisa realizada pelo mesmo, a abordagem volta-se para a aplicação do (Systematic Layout Planning) SLP, elaborando um modelo para rearranjo em uma indústria de embalagens flexíveis,

comparando a situação atual em relação ao *layout* proposto, proporcionando uma melhora na eficiência de 42%. Já Dantas et. al., (2013), comentam a busca pelo menor custo e melhor qualidade por parte das empresas, dessa forma, o estudo voltou-se para o planejamento de um novo *layout* para a fábrica de calçados, juntamente com ajustes necessários ao setor, havendo êxito nos resultados e eliminando o problema.

Diante do exposto, o funcionamento das empresas de maneira enxuta, possui como um dos pilares o bom planejamento de seu *layout* físico. A partir desse contexto, nota-se a importância do estudo a respeito do desenvolvimento e aplicação do mesmo nas empresas, onde há alteração positiva do mapeamento das máquinas e processos, reduzindo desperdícios e principalmente se adequando de forma a acompanhar as alterações de mercado como demanda, volume produtivo, dentre outros aspectos.

Válido para o setor de estudo em questão, os de aeronaves, os pontos salientados aplicam-se igualmente à otimização dos processos de manutenção realizados pelos funcionários. Portanto o estudo realizado, analisando e propondo uma adaptação para o layout posicional, visa tornar as atividades praticadas pelo sistema de manutenção mais objetivas, com o posicionamento dos locais de acesso para o trabalho mais próximos, bem como eficazes.

1.1 PROBLEMA

Qual o impacto no desempenho e realização das atividades da empresa de manutenção de aeronaves do Aeroclube de Ponta Grossa, após a alteração de seu atual arranjo físico funcional para o posicional.

1.2 JUSTIFICATIVA

O delineamento do *layout* propício a um processo produtivo é um procedimento crítico de longo período com necessidade de investimento financeiro. A alteração de um *layout* pré-existente representa gastos para a organização e impacta direta ou indiretamente no custo do produto, culminando nos índices de desempenho da organização (MOREIRA, 2000).

Drira et al. (2007) evidenciam que os problemas dos *layouts* estão inteiramente associados a fatores particulares dos sistemas de manufatura. Tais fatores discernem de forma clara a natureza do problema, em particular, a multiplicidade e volume de produção, o conjunto de movimentação de materiais dentre os possíveis estágios produtivos, o número de estágios alcançáveis de alocação, bem como a disposição da mesma nas indústrias.

A importância do *layout* implantado nas organizações de forma adequada, como mencionado, interfere de forma significativa em um bom funcionamento da produção. Especificando-se para a manutenção, tal atividade, conforme Monchy (1987), apresenta-se como parte fundamental para a correta produção dos produtos conformes nos processos industriais. À vista disso, o *layout* do setor de aeronaves necessita estar estruturado de maneira adequada às atividades exercidas, melhorando o ambiente de trabalho, bem como reduzindo a movimentação e distância percorrida pelos funcionários em suas funções.

Determinados os inputs necessários para a produção desejada, deve-se realizar um estudo criterioso quanto à disposição e localização dos equipamentos. Os fluxos produtivos bem como os equipamentos devem estar dispostos em linha reta, cessando mudanças de fluxo, além de evitar o retorno das peças no processo (FIEDLER, NILTON CÉSAR et al., 2009).

A classificação do arranjo físico a ser usado nos processos produtivos depende das características internas das organizações. Todavia para Moreira (2000), a decisão final quanto à escolha do mesmo é influenciada tanto pelos custos quanto pelas vantagens e desvantagens de cada um para o processo, juntamente aos objetivos de atuação estratégica da empresa.

Em relação ao desempenho das instalações, interligam-se fortemente aos seus tipos de *layouts*. Apenas o *layout* físico adotado não satisfaz as necessidades corporativas, dessa forma, a junção otimizada dos critérios organizacionais como diminuição dos desperdícios, adaptação a um ambiente com variabilidade de processos, são pontos fundamentais para a conquista de um arranjo físico eficaz (BOZORGI; ABEDZADEH; ZEINALI, 2015). Consequentemente, a disposição adequada dos insumos, maquinário, bem como de pessoas auxiliam na boa projeção de um arranjo físico gerando resultados satisfatórios para a empresa.

Diante das informações, o desenvolvimento desse trabalho visa contribuir para o melhor entendimento dos processos produtivos usados nas indústrias, em específico o de manutenção de aeronaves, baseando-se em seus *layouts*, bem como verificar, a partir do estudo de caso, propondo e comparando o novo *layout* com o atual utilizado, o impacto de um novo aplicado no setor manutenção, tendo em vista as atividades exercidas pelos funcionários e disposição dos atuais setores de trabalho.

Além disto, apontar dentre as quatro distinções de layouts, qual se adéqua de maneira mais eficiente aos setores industriais, evitando implantação errônea de *layouts* e custos prescindíveis no Aeroclube, bem como em outras empresas do ramo ou semelhantes que possam utilizar do mesmo arranjo físico adotado até então.

1.3 OBJETIVO GERAL

Com base no desempenho do atual arranjo físico utilizado na empresa de manutenção de aeronaves no aeroclube de Ponta Grossa, propor a alteração do mesmo para o arranjo físico posicional.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar as informações das atividades de manutenções realizadas e das distâncias de um departamento ao outro no atual arranjo físico;
- Buscar a partir das as informações e sequenciamento das atividades realizadas as necessidades de cada centro de trabalho estar perto um do outro;
- Verificar a redução da distância necessária para a execução das manutenções das aeronaves no arranjo físico posicional proposto.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O tema de estudo foi delimitado para uma proposta de Arranjo Físico Posicional para o setor de manutenção de aeronaves no Aeroclube de Ponta Grossa,

tendo em vista as atividades exercidas pelos funcionários, disposição dos locais de trabalho, bem como, por meio da observação da disposição de tais setores no ambiente de manutenção e a interferência dos mesmos nas funções de trabalho, como a necessidade de locomoção para aquisição de peças e maquinário. Levando em consideração o ramo de trabalho exercido, torna-se notório a significância de um *layout* que se adequa melhor ao setor de manutenção, resultando em trabalhos mais assertivos.

O estudo dos processos para as análises realizadas na implementação do arranjo físico posicional e conseqüente a verificação da redução da distância percorrida, focou-se nas atividades corriqueiras voltadas à manutenção de aeronaves, onde estas foram obtidas por meio de questionário e conversas com os responsáveis pela manutenção. A verificação da redução da distância, após a implementação, baseou-se no *layout* gerado da planta do Hangar.

À vista disso, o atual ambiente em estudo possui como *layout* o Funcional, e a proposta de melhoria baseia-se no Posicional, assim, a explanação dos arranjos físicos Celular, bem como o por Produto/Linear, foi realizada de forma mais sintetizada, objetivando demonstrar e informatizar o leitor dos demais *layouts* existentes.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Martins e Laugeni (2003) retratam a produção como uma atividade transformadora de bens, que se conserva desde o início de suas funções, permeando o homem em suas evoluções tecnológicas aplicadas às tarefas.

No contexto histórico, a Segunda Revolução Industrial, com significativas alterações na conjuntura, impactou de forma positiva para o avanço das tecnologias, aprimorando assim, o crescimento das máquinas e ferramentas, conseguindo-se maior produtividade (CAMPOS, 2009).

Continuando no cenário da Revolução Industrial, surge Frederick Winslow Taylor, desenvolvendo metodologias efetivas, objetivando metodizar o estudo, bem como a análise do trabalho. Consagrado como pai da administração científica, Taylor estabelece a definição de produtividade, isto é, a contínua procura por significativos métodos de trabalho e processos produtivos, com o intuito de se atingir melhoria na produtividade com o menor custo aplicado (MARTINS E LAUGENI, 2003).

Segundo Gomes (2005), juntamente aos estudos de Taylor, Henri Fayol que era francês, sustentava princípios semelhantes na Europa, todavia, ao passo que Taylor analisava a empresa privilegiando as tarefas de produção, salientando a adoção de métodos racionais e padronizados, bem como a máxima divisão de tarefas, Fayol voltava-se para as tarefas da organização, focalizando na estrutura formal e a adoção dos princípios administrativos hierarquizados.

Neste contexto, surge Henry Ford, desenvolvendo o conceito de produção em massa. Segundo Moreira (2009), o processo produtivo com características de massa, relata-se já em 1913, com a linha de montagem dos veículos Ford. Conforme Heinen et al., 2013, apud Womack, 2004, “A chave para a produção em massa não era a linha de montagem, mas a completa e consistente intercambiabilidade das peças e sua facilidade de ajuste entre si”.

O Sistema Toyota de Produção, reconhecido como Produção Enxuta, iniciou-se após a perda do Japão na guerra em 1945 e, em consequência das características adotadas no mercado interno japonês, a organização automobilística Toyota constatou a necessidade de reorganizar o modelo de produção, baseando essencialmente em um princípio: eliminar desperdícios (CORRÊA e CORRÊA, 2007).

2.1 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

A fim de se obter um bom arranjo físico, englobando em grande maioria, as vantagens trazidas por sua implantação, há os princípios da produção enxuta que visa agregar juntamente ao *layout*, pontos significativos para o contexto produtivo da indústria.

Objetivando transformar as empresas mais adaptáveis e preparadas a responder as necessidades dos clientes, a Produção Enxuta entra juntamente com os cinco princípios básicos, segundo Womack e Jones (2004).

1. Valor: tratado como ponto inicial do pensamento enxuto, é estabelecido pelo cliente, competindo dessa forma às organizações determinarem a necessidade interna que gera valor para o cliente, buscando cobrar um preço para conseguir a mantabilidade corporativa, ampliando o lucro e reduzindo o custo.

2. Cadeia de Valor: observar todo o processo produtivo é necessário, segmentando-os em três tipos: os que geram valor, os que não geram valor, porém são significativos para a preservação da qualidade e enfim, os que não geram, precisando ser evitados de forma imediata.

3. Fluxo: o produto necessita passar para etapas posteriores sem estoques intermediários ou itens semiacabados. Tal execução requer alteração de mentalidade, objetivando redução das atividades que não agregam valor.

4. Produção Puxada: a execução de um processo deverá estar atrelada ao pedido posterior feito por um cliente. Dessa forma, a organização puxa o pedido por meio do cliente, ao contrário de produzir conforme sua capacidade.

5. Perfeição: realizar os quatro princípios anteriores, juntamente com a eliminação dos desperdícios.

2.2 SETE CLASSES DE PERDAS

Os princípios da produção enxuta voltam-se para os pontos que melhoram a organização. Neste contexto, há as sete classes de perdas, que implicam no planejamento da produção e impactam nos resultados. Dessa forma, a atenção às

perdas é necessária para que juntamente aos princípios, resulta-se em uma produção mais enxuta.

Em relação às atividades que não agregam valor, a redução ou eliminação das mesmas, poderia ser feita pela Toyota, apesar de isso eliminar o valor agregado dos seus produtos (PISKE, 2008). Com nexos aos desperdícios que não geram valor, Moura (2019, apud LORENZON, 2008), reconheceu sete tipos de perdas que evitados, influenciam positivamente para realização dos objetivos do Sistema Toyota de Produção.

1. Perdas por Superprodução: Tais perdas dividem-se em quantitativas e perdas antecipadas. A quantitativa, por superprodução, é dada por produzir além do volume programado. Já a antecipada, caracteriza-se por decorrer de uma produção antecipada, antes do time correto.

Para SILVA (2009), “a superprodução é reconhecida como o mais sério desperdício que atrapalha a implantação de um fluxo suave de produtos e serviços e inibe também a qualidade e a produtividade. A superprodução tende a levar a um *lead time* e estoques elevados”.

2. Perda por espera: o tempo de espera apresenta-se como um desperdício, onde neste intervalo não há processamento, transporte, bem como inspeção sendo executada. Conseqüentemente ocorre um fluxo não favorável e com *lead time* expressivo. Estas perdas subdividem-se em:

a. Esperas de processo: caracteriza-se por apresentar espera na liberação dos lotes, ao passo que o lote anterior é processado, verificado ou transportado.

b. Esperas de lotes: caracteriza-se pela espera de um lote enquanto o processamento de todo o lote seja processado.

3. Perda por transporte: a atividade transporte configura em um desperdício, à vista disso, a melhora no processamento de sua execução culmina na redução ou eliminação de tais desperdícios. Conforme Silva (2009), o transporte demasiado resulta de um *layout* inadequado, impactando nos desperdícios de recurso financeiro, tempo e energia.

4. Perda do processamento em si: há processos que são desnecessários para o produto ou serviço atingir suas características funcionais para o cliente.

5. Perda por fabricação de produtos defeituosos: compreende na fabricação de peças, subcomponentes e produtos que não se apresentam conformes ou atendem as especificações de qualidade necessárias. Segundo Corrêa e Corrêa (2009), os desperdícios mais significativos dos processos são advindos de problemas de qualidade, mão de obra não especializada, bem como disponibilidade de equipamentos.

6. Perdas por Movimentação: tal perda se dá na movimentação desnecessária da mão de obra na operação de uma atividade, onde a mesma caracteriza-se pela execução indevida. A perda por movimentação, conforme Silva (2009), “reporta-se à inadequação dos postos de trabalho, má localização de ferramentas e dispositivos utilizados pelo operador, que geram a necessidade de realizar movimentos, por parte do operador, muito inadequados”, impactando diretamente na produtividade.

7. Perdas por estoque: consiste na perda de estoques de matérias primas, material acabado ou mesmo em processamento. Conforme Rico (2007), o estoque ocasiona um substancial custo operacional, além de necessitar de espaço físico considerável, impactando em equipamentos adicionais, por consequência, reduzidos desempenho do serviço prestado ao cliente. Para Silva (2009), há influência do *layout* na formação de estoques, uma vez que, a disposição dos equipamentos apresenta-se distante, aumentando o estoque em processo.

Nota-se a importância do estudo e aplicação da produção enxuta, bem como os impactos das classes das perdas no sistema produtivo das organizações, dessa forma, direcionando este contexto para o arranjo físico, nota-se o alto impacto desses pontos chave na produtividade de uma indústria, onde o colaborador, o *takt time*, produtividade, dentre outros recursos são fortemente impactados negativamente. À vista disso, a escolha de um *layout* adequado para a organização é uma atividade que demanda tempo e estudo para que assim, ocorra um *fit* entre a forma que se produz (sequenciamento, tempo de produção, fornecedores), com o *layout* selecionado.

A localização e definição do *layout* se confirmam como fatores importantes para o desenvolvimento do processo produtivo, visto que determinam a configuração dos recursos transformados, bem como sua fluidez nas redes de suprimento e nas operações. Alterações pequenas, porém, significativas, na posição dos produtos nos processos, assim como em um supermercado, sala de autoatendimento, máquinas

industriais, modifica o fluxo dos procedimentos organizacionais, influenciando os custos e a eficiência (LIMA, 2016).

2.3 MANUTENÇÃO

A manutenção, contextualizando-a, necessita ser observada como uma atividade que permeia as funções da organização, focando-se na manutenibilidade da qualidade na produção dos produtos, bem como na redução dos custos envolvidos, não somente assim, na manutenção de equipamentos em utilização (SOBRINHO, 2012).

Nas execuções das atividades em empresas, independentemente do produto ou serviço, a manutenção apresenta-se como um alicerce para garantir a segurança dos colaboradores, do funcionamento do maquinário e, com isso, desenvolver um sistema fluido de produção, reduzindo-se os problemas que envolvem a não aplicabilidade da manutenção nos processos produtivos (KARDEC; NASCIF, 2009).

No âmbito das evoluções tecnológicas, com ascensão constante, as indústrias realizam suas atividades de forma mais rápida, atendendo uma grande demanda de clientes que buscam por qualidade e um custo competitivo, e, associado a isso, os sistemas de manutenções das mesmas necessitam e apresentam consciência da necessidade de se acompanhar tal crescimento, para que haja um controle mais assertivo das atividades realizadas, juntamente com segurança (TAKAHASHI e OSADA, 1993).

Agregando às evoluções tecnológicas, igualmente à manutenção, há fundamentos significativos pertinentes para a sistematização da manutenção nos processos industriais, tornando-se base para uma Manutenção Produtiva, conforme (TAKAHASHI e OSADA, 1993):

a) A sistematização, como elemento da simplificação dos sistemas, precisa ser notada como transformadores de frações complexas, em um componente.

b) Relevância da junção das funções individuais e de componentes que agrupados fornecem um sistema como um todo. Logo, problemas ocasionados nos processos podem ser gerenciados e entendidos de forma mais objetiva.

c) O gerenciamento dos objetivos dos sistemas é feito ao passo da falta ou não de objetividade e clareza no desenho do sistema, bem como de sua criticidade.

d) A falta de investigação ou análise da necessidade real do sistema ocasiona o não funcionamento de forma correta do mesmo.

e) A identificação, definição, bem como a adequação das tarefas em cada unidade gerencial implica em uma amenização da complexidade dos sistemas e seus padrões de ação.

f) O conhecimento humano aplicado às ações mais específicas ou mesmo nas variadas dos processos, apresenta-se como fator decisório. Logo a eficiência das atividades acerca das indústrias, torna-se funcional não somente pelo maquinário, programa de manutenção, e sim, associado a funções e papéis de cada membro da organização.

À vista das considerações a respeito da Manutenção Produtiva, a aplicação da manutenção nos processos produtivos torna-se considerável, onde corrobora para a redução dos impactos negativos da falta deste, além de agregar qualidade, confiabilidade nos produtos e serviços realizados.

2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Conforme Fonseca et al. (2016 apud VIANNA, 2002), há classificações para a manutenção, onde são fundamentadas de acordo com as intervenções nos equipamentos de produção. Em conformidade com a manutenção realizada na organização, esta classifica-se como: Corretiva (Não-Planejada ou Planejada); Preventiva; Preditiva; Detectiva. Tais especificidades de manutenção aplicadas aos processos, abrangem conservação, adequação, restauração, substituição e prevenção de instrumentos de forma a atingir os objetivos da atividade.

2.4.1 Manutenção Corretiva

De acordo com a Norma ANBR 5462 (1994), a aplicação da manutenção corretiva nos processos ou máquinas se dá após a existência de uma falha,

objetivando dessa forma, a recolocação dos itens nas condições funcionais anteriores no menor tempo possível.

Na execução da manutenção corretiva não há um levantamento prévio de possíveis problemas, bem como análises de equipamentos, logo, tal tipo de manutenção ocorre aleatoriamente, com propósito de impossibilitar um efeito dominó nos processos. Como resultado da manutenção corretiva, há o aumento dos custos, pois a quebra dos equipamentos ocasiona paradas nos processos e redução da qualidade (KARDEC e NASCIF, 2009).

Por fim, a corretiva planejada define-se como uma correção feita objetivando acompanhamento preditivo, bem como pela decisão de se realizar as atividades até que se ocorra a falha (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.4.2 Manutenção Preventiva

De acordo com a ABNT (1994) esta manutenção caracteriza-se pela execução seguindo critérios predeterminados, focando na diminuição da probabilidade da ocorrência da falha ou desgaste da peça. Logo, nota-se que o objetivo da manutenção preventiva é prevenir tais probabilidades antes que elas ocorram, resultando na queda dos problemas existentes devido às paradas não planejadas.

A manutenção preventiva necessita, antes de uma ação com foco na manutenção, de um diagnóstico técnico, tornando-se a atividade preventiva mais assertiva. Dessa forma, a qualidade das atividades realizadas atinge um elevado e significativo percentual, por haver um conhecimento da performance das máquinas FONSECA, A. F. et al (2016 apud VIANNA, 2002).

2.4.3 Manutenção Preditiva

Já a manutenção preditiva é definida pela ABNT (1994) como uma manutenção que visa garantir a qualidade esperada dos serviços, levando em consideração análises, bem como o uso de métodos de supervisão e controle, visando a diminuição do uso da manutenção corretiva e minimizar a preventiva.

Para tal manutenção, há necessidade de mão de obra qualificada, ao passo que esta, é realizada a partir de medição e análises de maquinários, voltando-se a identificar possíveis falhas. Identificando as falhas, a equipe programa-se para intervir, reduzindo as paradas desnecessárias nos processos produtivos (MARCORIN E LIMA, 2003).

2.4.4 Manutenção Detectiva

Nesta manutenção a presença da tecnologia torna-se mais presente, onde o uso de computadores voltados para instrumentação e controle de processos realizam análises, buscando identificar problemas ocultos ou mesmo não perceptíveis às equipes responsáveis. À vista disso, ao passo que se aumenta o uso da tecnologia aplicada nos processos produtivos, como em controles, automação, tal manutenção é necessária para que os parâmetros de qualidade, bem como a confiabilidade sejam cumpridos de forma mais objetiva (KARDEC E NASCIF, 2009).

Analisando o ambiente de trabalho em estudo, tendo em vista sua aplicabilidade no setor de manutenção de aeronaves comerciais de pequeno porte, a manutenção demonstra-se altamente significativa, envolvendo desde reparos de pequenos portes, até os que necessitam de processos mais complexos e detalhados. Neste sentido, a manutenção realizada no ambiente de estudo é a preditiva, objetivando reduzir o uso da preventiva, além de tornar o uso das aeronaves mais segura, após o processo de manutenção e juntamente aos processos realizados, o layout adequado associado à manutenção, torna o sequenciamento das atividades mais efetivos e ágeis.

2.5 ARRANJO FÍSICO

À vista do retratado, bem como o contexto histórico, princípios de uma produção enxuta, tal como as classes de perdas, culminam na decisão das organizações em adotar os *layouts* para suas respectivas produções, levando em consideração os principais impactos que estes resultarão no processo produtivo, além do quantitativo no financeiro organizacional.

Conforme Chin (2010) a definição de um arranjo físico baseia-se na estruturação física dos componentes ou recursos produtivos no chão de fábrica, utilizados na construção de um bem ou serviço, nomeadamente máquinas, dispositivos, instalações e mão de obra. Todavia, no estudo, bem como na proposta de um arranjo físico, a análise macro da organização se torna essencial para a adequada instalação do mesmo, gerando resultados satisfatórios.

Quanto à relevância da disposição dos recursos, Chin (2010 apud Sule (1994) e Islier (1998), retratam que cerca de 30-75% do custo agregado a um produto atribui-se ao manuseio do material e transporte. Assim sendo, uma alternativa de estudo a fim de minimizar tal custo baseiam-se na análise da disposição das máquinas, equipamentos, bem como os serviços de suporte.

A conjuntura das organizações compõe-se de vários aspectos, dentre eles há o arranjo físico, apontando a disposição das máquinas e recursos utilizados, para que os resultados obtidos pela produção se apresentam eficientes dentro dos parâmetros preestabelecidos, como o tempo e matéria prima. De acordo com Slack et al. (1999), arranjo físico define-se como as características mais evidentes de uma operação industrial, uma vez que após sua aplicação, os recursos (materiais, informação, bem como os clientes) integram-se ao processo produtivo de forma coesa, impactando positivamente no contexto industrial.

Segundo Moura (2009) a definição de arranjo físico se dá como um “planejamento e integração dos meios que concorrem para a produção obter a mais eficiente e econômica inter-relação entre máquinas, mão-de-obra e movimentação de materiais dentro de um espaço disponível” (MOURA, 2009, p.118).

Conforme a disposição dos recursos produtivos nos processos produtivos, diferentes nomes são dados aos arranjos físicos, como: arranjo físico por produto, arranjo físico posicional, arranjo físico funcional e arranjo físico celular. Por ser usados na maioria das instalações industriais, tais arranjos são denominados tradicionais. Sucessivamente, analisando a estrutura da empresa, bem como a demanda, associado ao mercado com alta variabilidade, aponta-se novos arranjos a fim de adaptar ao novo cenário. Como exemplo, cita-se o arranjo físico distribuído (CHIN, 2010).

2.6 PRINCÍPIOS DO ARRANJO FÍSICO

A determinação dos espaços destinados ao trabalho tem por objetivo alcançar um arranjo espacial que tenha significativo desempenho juntamente com o custo, flexibilidade, segurança, condições de trabalho e de controle, além da qualidade para o processo produtivo. Dessa forma, necessita-se seguir os consecutivos princípios (CAMAROTTO, 2006, p. 15):

- Princípio da Integração

A interconexão dos elementos que envolvem a produção necessita estar uniformemente integrados, uma vez que a ocorrência de falha resultará numa incapacidade produtiva global.

- Princípio da Mínima Distância

A agregação do transporte ao produto é nula. Sendo assim, as distâncias demandam por reduções ao mínimo, evitando gasto de recursos, além de custos elevados.

- Princípio de Obediência ao Fluxo das Operações

Os recursos de forma abrangente, como materiais, equipamentos, pessoas, precisam dispor e movimentar-se em fluxo contínuo conforme a sequência produtiva de manufatura. Para uma operação eficiente, cruzamentos, retornos e interrupções necessitam ser evitados.

- Princípio do uso das três Dimensões

O espaço utilizado em um arranjo físico abrange não somente um plano, mas um volume. Logo, o projeto deve-se orientar a fim de contemplar as três dimensões.

- Princípio da Satisfação e Segurança

A entrega de satisfação e segurança em um arranjo físico assegura aos usuários credibilidade. O ambiente precisa oportunizar condições de trabalho adequado e essencialmente redução de risco.

- Princípio da Flexibilidade

Dentre os princípios citados, a flexibilidade apresenta-se como um dos mais significativos, tendo em vista a alta variabilidade da demanda e produção. Devido à variabilidade, a necessidade de alteração do projeto, métodos e o modo de trabalho são frequentes. Neste contexto, considera-se que ocorrerão mudanças e por conta disso, o arranjo físico precisa atender a tais mudanças.

2.7 OBJETIVOS DO ARRANJO FÍSICO

O arranjo físico possui como função organizar os meios produtivos nas organizações, obtendo dessa forma, produções mais eficientes. Assim sendo, há os objetivos de um arranjo físico que determinam os parâmetros que poderão ser implementados nos processos produtivos.

Um bom arranjo físico pode alcançar os seguintes objetivos segundo (BORBA, 1998):

- Aperfeiçoar o aproveitamento do espaço disponível, reduzindo à quantidade de material em processo, além das distâncias de movimentação de materiais e pessoas, e justificando a disposição das seções;
- Ampliar a satisfação e a moral no trabalho, trazendo um ambiente limpo;
- Promover a produção racionalizando o fluxo;
- Diminuir o manuseio desenvolvendo a movimentação no processo produtivo;
- Controlar o tempo de manufatura diminuindo esperas e distâncias;
- Controlar os custos indiretos reduzindo os congestionamentos, manuseio e problemas aos materiais.

Além da visão de (BORBA, 1998), para Slack, Chambers e Johnston (2009), entre os objetivos do arranjo físico, destacam-se:

- Segurança inerente: os processos que refletem perigo tanto para os clientes quanto para a mão-de-obra precisam ter acesso restrito ao pessoal autorizado. As saídas de emergência necessitam ser objetivas e sinalizadas de forma clara e as circulações obrigam-se a ser definidas e desimpedidas;
- Extensão do fluxo: o arranjo físico deve canalizar o fluxo de informações, materiais ou clientes, atendendo aos objetivos da operação. Em muitos casos, isto implica em reduzir as distâncias percorridas pelos recursos transformados.
- Clareza de fluxo: os fluxos devem possuir clareza e estar sinalizado para funcionários e clientes;
- Conforto para os funcionários: o arranjo físico deve conceder aos funcionários um ambiente de trabalho ventilado, bem iluminado, distante de ambientes barulhentos ou desagradáveis da operação;
- Coordenação gerencial: fiscalização e comunicação necessitam ser simplificada pela localização dos funcionários e dispositivos de comunicação;
- Acessibilidade: as máquinas, instalações e equipamentos precisam exibir um nível de acessibilidade suficiente para limpeza e manutenção adequadas;
- Uso do espaço: os arranjos físicos demandam tolerar uso adequado de espaço disponível para o processo produtivo (incluindo altura e área de chão);
- Flexibilidade de longo prazo: ao passo que possuir mudanças na operação, alteram-se os arranjos físicos. Logo, um bom arranjo físico deve prever necessidades futuras, adequando à variabilidade.

Seguida da análise de espaço e fluxos, relata SLACK et al. (1999) e (BORBA, 1998), que os objetivos de desempenho de operações integram cinco bases: a qualidade, a velocidade, a confiabilidade, a flexibilidade e o custo, e, ponderando-se detalhes dentro do processo, que estão relacionados aos fluxos.

À frente das operações produtivas, estas se tornam diferentes por importantes aspectos, mesmo implantadas na mesma operação, dado que pode seguir diferentes sequências de processos. Entende-se que a viabilidade de execução de um projeto não se aplica a todos os tipos de operação. A diferença se dá pelas diferentes posições de volume-variedade das operações nos processos produtivos. Sendo determinante para o eficiente gerenciamento das atividades (SLACK et al., 1999).

2.8 ESCOLHA DO ARRANJO FÍSICO

A análise produtiva dos processos produtivos nas organizações torna-se um pré-requisito para a definição do tipo de *layout*, além dos critérios e características que a variabilidade possui.

A definição do tipo mais apropriado do arranjo físico que a organização necessita adotar, se sujeita a alguns fatores, dentre os quais Santin (2008) destaca:

- Variedade de produto fabricado;
- Quantidade de peças produzidas;
- Características das peças, como dimensões e formatos;
- Máquinas e equipamentos necessários para fabricação das peças;
- Sequenciamento das operações;
- Espaço necessário para cada máquina e seus operadores;
- Número de pessoas envolvidas no processo de fabricação dos produtos;
- Características do prédio, como desníveis, divisões internas, dimensões, entrada e saída de materiais, áreas de circulação, saídas de emergência, sistemas de ventilação, de exaustão, pneumática e rede de energia elétrica;
- Próximas aquisições de máquinas e equipamentos;
- Capacidade de investimentos da empresa;
- Mudanças no *mix* de produtos fabricados.

Os fatores mencionados necessitam ser avaliados de maneira abrangente, devido ao fato de influenciarem pontualmente na produtividade da empresa.

2.9 TIPOS DE LAYOUT

Em relação ao arranjo físico, há os tipos de *layouts*, que entram para especificar e diferenciar suas características, para que dessa forma, as organizações possam se basear e determinar a aplicabilidade dos mesmos tendo em vista os objetivos produtivos e recursos disponíveis.

Ponderando a respeito do arranjo físico e seus tipos, onde as aplicações do mesmo nas organizações definem-se de acordo com as características da mesma, desse modo, os *layouts* dos processos industriais são usualmente definidos à partir

da relação volume e variabilidade de produtos divididos em quatro categorias; *layout* fixo, *layout* por processo, *layout* por produto e *layout* celular. Conforma a escolha do tipo de *layout*, este apresenta um conjunto de vantagens e limitações referentes a tempo de processamento, trabalho em processo, flexibilidade do produto e da demanda, utilização de maquinário e de operadores, especialização dos operadores e custos de manutenção (FRANCIS; MCGINNIS Jr; WHITE, 1992).

De acordo com Slack et al. (1999) existem quatro tipos de arranjos físicos, apresentados a seguir:

- a) Arranjo Físico Posicional;
- b) Arranjo Físico por Processo (ou Funcional);
- c) Arranjo Físico por Produto (ou Linear/Linha);
- d) Arranjo Físico Celular.

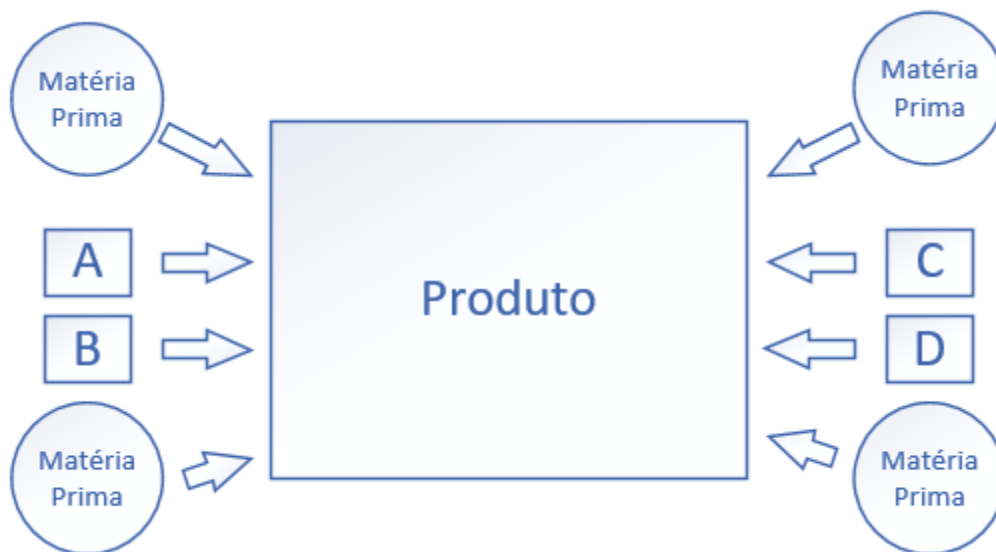
2.9.1 Arranjo Físico Posicional

A aplicabilidade do arranjo físico posicional nas indústrias baseia-se na necessidade de o produto produzido estar parado para a execução dos processos de construção devido ao seu tamanho ou impossibilidade de movimentação dentro do local fabril. Dessa forma, os recursos utilizados como matérias primas, maquinário, bem como pessoal, ficam organizados de forma adjacente ao produto construído.

Segundo Slack et al. (1999), a razão para implementação deste tipo de arranjo físico, usualmente, se dá pelo porte do produto processado, apresentando dificuldade na movimentação, bem como o seu grande valor. Logo os transformados não se movem entre os transformadores.

Ilustrando o *layout* físico posicional, a Figura 1 a seguir retrata o mesmo, onde o Produto é o bem produzido, seguido por A a D, sendo estes os equipamentos necessários, juntamente com a matéria prima, posicionados de forma adjacente. Assim, os processos voltados à construção do produto ocorrem sem a necessidade de movimentação do mesmo.

Figura 1: Exemplo de Arranjo Físico Posicional



Fonte: Adaptado de Santin (2007)

2.9.2 Arranjo Físico por Processo (ou Funcional)

Conforme Martins & Laugeni (2006), o agrupamento das máquinas para este layout se dá de acordo com o tipo geral de processo realizado, como exemplo, tornos em um departamento, furadeiras em outro e dessa forma sucessivamente. A implantação desse arranjo físico possui como vantagem a capacidade de produzir uma significativa variabilidade de produtos. Ambos evidenciam que neste tipo arranjo físico, o fluxo de peças é modesto dentro de cada departamento (igualmente denominado intradepartamental) e grande entre eles (também chamado de interdepartamental). Ademais, há ainda assim, desvantagens, tais como tempo longo de troca de instrumentação, espera em filas e desperdício de transporte entre os centros de trabalho.

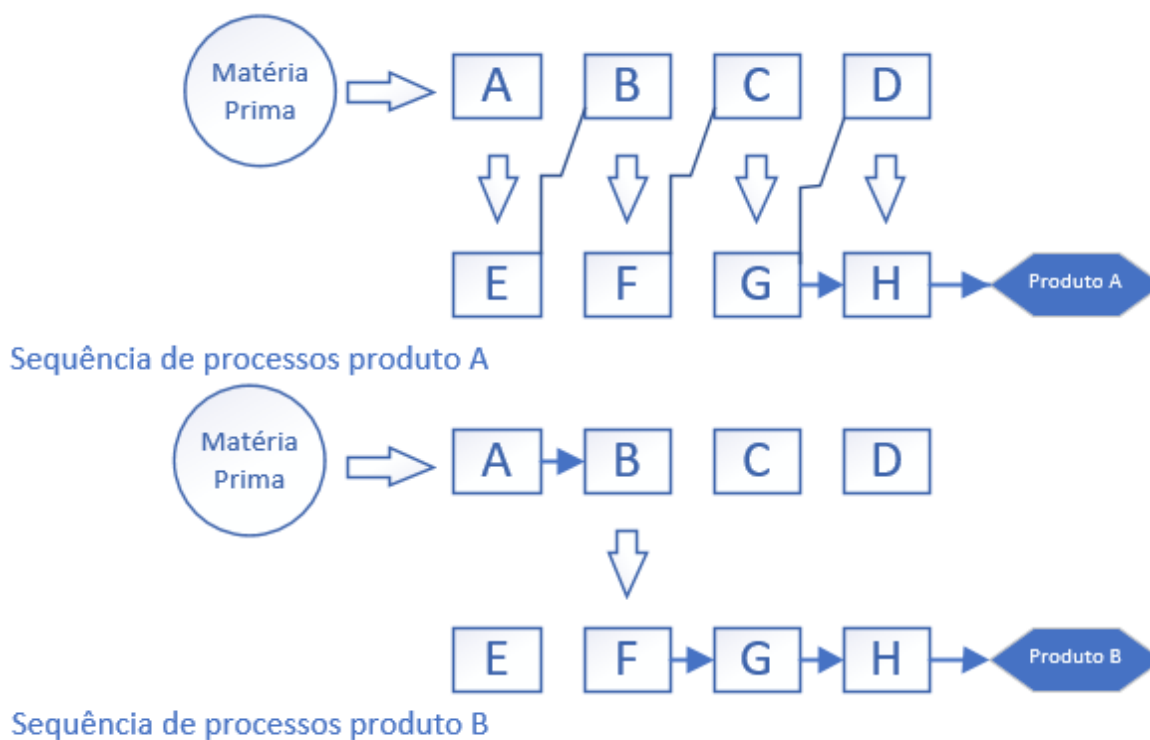
No arranjo funcional, os processos similares ou as necessidades similares situam-se próximos uns dos outros. Para tal arranjo físico, os recursos similares necessários para a execução da operação são mantidos juntos. Normalmente é usado quando a variedade de produtos é relativamente grande (SLACK et al.,1999). De acordo com o autor, o arranjo físico funcional recebe tal nome uma vez que as

necessidades e conveniências dos recursos transformadores que formam o processo na realização do produto dominam a decisão sobre o arranjo físico.

As técnicas e os instrumentos do mesmo tipo são desenvolvidos na mesma área, bem como operações ou montagens equivalentes são reunidas no mesmo setor. O material se conduz buscando os processos distintos. O *layout* possui como característica a flexibilidade para se adaptar às mudanças de mercado e do espaço físico, atendendo a produtos, bem como sua respectiva variabilidade. Demonstra um fluxo longo dentro da indústria, adequando-se a produções de pequenas e médias quantidades. O *layout* funcional possibilita uma relativa satisfação no trabalho (JORGE e LOSS, 2017).

Ilustrando-se o *layout* físico funcional, há a Figura 2 a seguir, onde o fluxo de produtos é construído a partir do sequenciamento demonstrado, seguido por A à H para o produto A, e igualmente para o produto B, havendo os equipamentos necessários, juntamente com a matéria prima para a produção dos mesmos nos departamentos.

Figura 2: Exemplo de Arranjo Físico por Processo



Fonte: Adaptado Santin (2007)

2.9.3 Arranjo Físico por Produto

Conforme Villar e Porto (2007), este *layout* caracteriza-se pela disposição dos equipamentos conforme a sequência de produção. Para produções com significativo volume de produção e reduzida variedade, o arranjo físico por produto, também conhecido por linha ou linear, apresenta-se como melhor escolha como arranjo a ser utilizado, resultando-se assim em economia de escala. O arranjo físico em estudo apresenta como desvantagem a oportunidade de repetição de equipamentos, máquinas iguais dispostas em locais diferentes dentro deste arranjo físico. Este fato ocorre dado que pode haver repetição de operação em uma etapa posterior descrita pela folha de processo e, como forma a evitar o retorno de peça (fluxo reverso), duplica-se, ou triplica-se a mesma máquina. Ademais, o tempo de troca dos instrumentos é significativo, o que argumenta o fato de ter que produzir grandes volumes para compensar os custos referentes a essa troca.

O arranjo físico por produto é usado onde cada setor será responsável por produzir uma parte específica do produto, onde o fluxo de recursos ou pessoas incluídas no processo é balanceado entre esses setores de forma a se obter uma taxa de produção além de executar as atividades sem caminhos alternativos (MARTINS E LAUGENI, 2005).

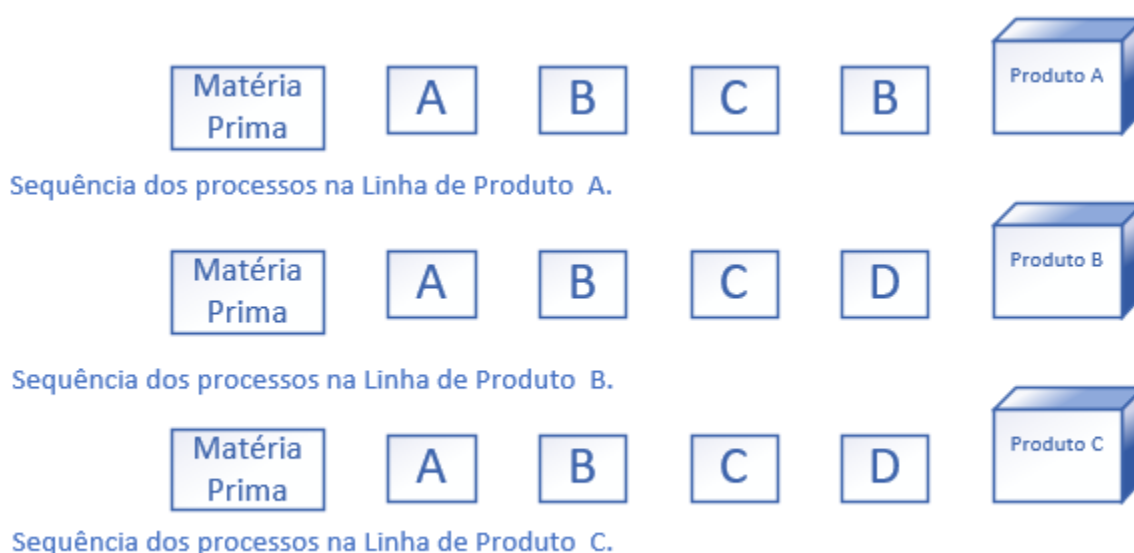
O ponto chave para a escolha ou não da aplicabilidade do arranjo por produto, como relatado é o volume, onde a variedade de produtos possui significante importância, uma vez que antes de ser escolhido o arranjo mais adequado, terá que ser feito uma análise das vantagens e desvantagens.

As máquinas bem como as estações de trabalho são alocadas de acordo com o sequenciamento das atividades, isto é, há a necessidade de deslocar-se pelo caminho estabelecido. O material produzido percorre um caminho determinado anteriormente no processo, sendo indicado para produção com pouca ou nenhuma diversificação, em quantitativo linear ao longo do tempo e em grande quantidade. Sua aplicabilidade necessita de um alto investimento em máquinas além de haver a possibilidade de apresentar problemas com relação à qualidade dos produtos fabricados caso não tenha bom aproveitamento do layout. Para os operadores costuma gerar monotonia e estresse (CAETANO, SILVA, SILVA e JUNIOR, 2016).

O arranjo físico por linha apresenta como vantagem uma utilização das máquinas mais assertiva, podendo ser ajustado a uma variedade de produtos e alterações na sequência e operação, integrado à demanda inconstante, sendo mais claro manter a continuidade de produção em problemas de maquinário, bem como de falta de material (JORGE e LOSS, 2017).

A fim de ilustrar o *layout* físico por produto, há a Figura 3, onde o produto produzido passa pela sequência dos processos na linha produtiva, havendo as etapas de A à D, sendo estes as etapas dos processos.

Figura 3: Exemplo de Arranjo Físico por Produto



Fonte: Adaptado de Santin (2007)

2.9.4 Arranjo Físico Celular

No arranjo físico celular, distintos tipos de máquinas são desenvolvidos e destinados a determinadas seções no chão de fábrica. Agrupam-se as peças que possuem alguma equivalência no processamento, dessa forma são manipuladas em um dos grupos de máquinas. A separação das células criadas para os processos produtivos é visível fisicamente. Conforme Júnior (2007), a indústria celular é uma estratégia que divide o sistema de produção em diversos grupos, ou células, de maneira que cada um deles seja capaz de produzir uma família de peças.

Para o arranjo físico celular, Ribeiro (2016 apud Black, 1998), genericamente, expõe algumas características chaves:

- As máquinas são alocadas sequencialmente ao processo;
- Usualmente a célula é projetada em forma de U;
- Na célula, flui-se uma peça (ou lotes pequenos);
- Colaboradores são treinados para lidar com mais de um tipo de processo;
- Colaboradores trabalham em pé e caminhando;
- São utilizadas máquinas mais lentas e específicas, que são menores e mais baratas.

Como resultado da efetivação de células de manufatura, Júnior (2007) cita:

- Alta aplicação de máquinas;
- Ambiente de equipe;
- Considerável flexibilidade e produtividade;
- Equipamentos de uso geral com eventuais máquinas específicas;
- Colaboradores exercem mais de uma atividade ao mesmo tempo;
- Uso moderado do material em processo;
- Uso moderado no manuseio de material;
- Uso moderado dos tempos de preparação de ferramental;
- A movimentação de peças entre as células é consideravelmente reduzida.

Em suma, Chin 2010 apud Morábito (1998) demonstra características distintas referentes aos três tipos de arranjos físicos, conforme mostradas na Tabela 1:

Tabela 1 - Características de cada tipo de arranjo físico (Fonte: Morábito, 1998)

Característica	Processo	Produto	Celular
Leadtime de Produto	alto	baixo	baixo
WIP - Work in Process	alto	baixo	baixo
Flexibilidade de Produto	alta	baixa	média
Flexibilidade de Demanda	alta	média	média
Utilização de Máquinas	baixa	alta	média
Custo Unitário de Produção	alto	baixo	médio

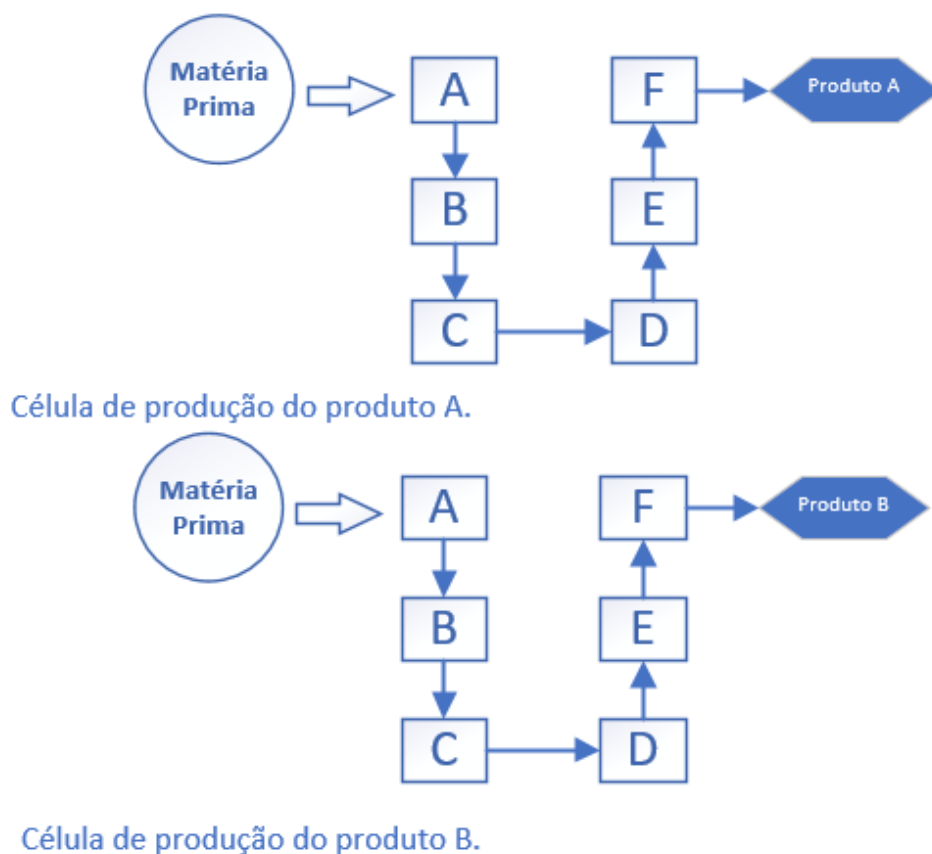
Fonte: Chin (2010)

Martins e Laugeni (2005) explanam a respeito do arranjo celular como organizarem apenas um local, denominado célula, onde diferentes máquinas que sejam capazes de produzir o produto inteiro, sendo assim, há o deslocamento dentro da célula, buscando os processos necessários. Conforme Slack et al. (2002) o arranjo físico celular é aquele em que há recursos transformados, onde previamente à entrada na operação, os mesmos são pré-selecionados para ser direcionados para uma parte específica da operação (ou célula), parte está onde se encontra os recursos necessários para a realização da operação.

Uma das principais características do *layout* celular é a presença de flexibilidade quanto ao tamanho de lotes produzidos por produto. Tal característica culmina em elevado nível de qualidade e de produtividade, embora sua particularidade para uma família de produtos. Além das especificações, há as vantagens do mesmo, consistindo na manipulação reduzida de materiais, de material em processo e uso mais adequado da mão-de-obra Júnior (2007).

Representando o *layout* físico celular, há a Figura 4, onde o produto é produzido em células produtivas, seguido por A à F, sendo estes os equipamentos necessários, juntamente com as etapas de sequenciamento, resultando no produto final.

Figura 4: Exemplo de Arranjo Físico Celular



Fonte: Adaptado Santin (2007)

2.10 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ARRANJOS FÍSICOS

A escolha de determinado arranjo físico em detrimento a outro, levando em conta as características produtivas das organizações, resulta em vantagens e desvantagens, onde se faz necessário analisar a conjuntura organizacional a fim de se obter uma escolha mais assertiva do arranjo físico implantado. A Tabela 2 a seguir traz, de forma resumida, as vantagens e desvantagens quanto aos arranjos.

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens dos tipos básicos de Arranjo Físico

Vantagens		Desvantagens
Posicional	Alta flexibilidade de mix e produto Sem movimentação de produto ou cliente ou alterado Mão de obra com significativa quantidade de tarefas	Altos custos unitários Possível complexidade na programação de espaço ou atividades Provável grande movimentação de equipamentos e mão de obra
Processo	Alta flexibilidade de mix e produto Robusto em caso de descontinuação de etapas Fácil controle de equipamento e instalações	Baixa utilização de recursos Possível alto estoque em processo ou filas de clientes Difícil controle do fluxo devido à complexidade
Celular	Boa relação entre custo e flexibilidade para operações com alta variedade Atravessamento rápido Atividades em grupo pode resultar em baixa motivação	Investimento alto para reconfigurar o arranjo físico atual Provável requerimento de capacidade adicional Provável redução de níveis de utilização de recursos
Produto	Altos volumes apresentam baixos custos unitários Favorece a especialização de equipamento Boa movimentação de clientes e materiais	Provável baixa flexibilidade de mix Não muito eficiente contra interrupções Apresenta trabalho com características repetitivas

Fonte: Slack (1999)

2.11 QUADRATIC ASSIGNMENT PROBLEM - QAP

Na literatura, o modelo para o cálculo das distâncias percorridas pela peça, empregado para a caracterização matemática é (Quadratic Assignment Problem) QAP. A aplicabilidade deste algoritmo se dá para qualquer tipo de arranjo físico, voltando-se para máquinas com a mesma distância, áreas iguais, objetivando simplificar o cálculo do deslocamento. QAP pondera as máquinas de maneira que apresentam o mesmo tamanho, bem como quadrada/retangular. Há a divisão em linhas e colunas do chão de fábrica, isto é, máquinas dispostas na horizontal e na vertical, respectivamente. Posteriormente à obtenção da posição de cada tipo de máquina, o lote de fabricação, assim como as operações de cada peça, é factível obter a distância percorrida pelas peças entre as máquinas. Para o estudo dos *layouts* nas indústrias, quanto menor distância realizada, menor é o impacto no custo associado à movimentação de materiais (KUSIAK & HERAGU, 1987 e MONTREUIL et al., 1993).

Associadamente ao processo QAP, no arranjo físico funcional há a função objetivo que minimiza o fluxo entre departamentos dos processos que é dada por Benjaafar (1994):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^N \cdot \sum_{j=1}^N \cdot \sum_{n_i=1}^N \cdot \sum_{n_j=1}^N \cdot \sum_{k=1}^K \cdot \sum_{l=1}^K V_{n_i m_j} \cdot d_{kl} \cdot X_{n_j, k} \cdot X_{m_j, l} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{k=1}^K X_{ik} = 1 \quad \text{para todo } n_i \text{ e } i;$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{n_i=1}^{N_i} X_{n_i k} = 1 \quad \text{para todo } k;$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{n_i=1}^{N_i} V_{n_i m_j} \cdot T_{m_j} \leq C_{m_j} \quad \text{para todo } m_j \text{ e } j;$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{m_j=1}^{N_j} V_{n_i m_j} \cdot T_{m_j} \leq C_{n_j} \quad \text{para todo } n_i \text{ e } j;$$

$$\sum_{n_i=1}^{N_i} \sum_{m_j=1}^{N_j} V_{n_i m_j} = V_{ij} \quad \text{para todo } i \text{ e } j;$$

$$X_{n_j k} = 0,1 \quad \text{para todo } n_i \text{ e } k;$$

No qual:

$X_{n,k}$ apresenta-se 1 se o n -ésimo departamento do tipo i for atribuído à localização k e 0 caso contrário;

V_{nimj} : retrata o volume do fluxo entre o n -ésimo departamento do tipo i e m -ésimo departamento do tipo j ;

d_{kl} : distância entre a localização k e a localização l ;

V_{ij} : volume do fluxo entre os departamentos do tipo i e tipo j ;

T_{ni} : tempo de processamento médio equivalente por unidade de carga transferida no departamento ni ;

C_{ni} : capacidade do departamento ni (tempo disponível de operação);

n_i : número de máquinas do tipo i ;

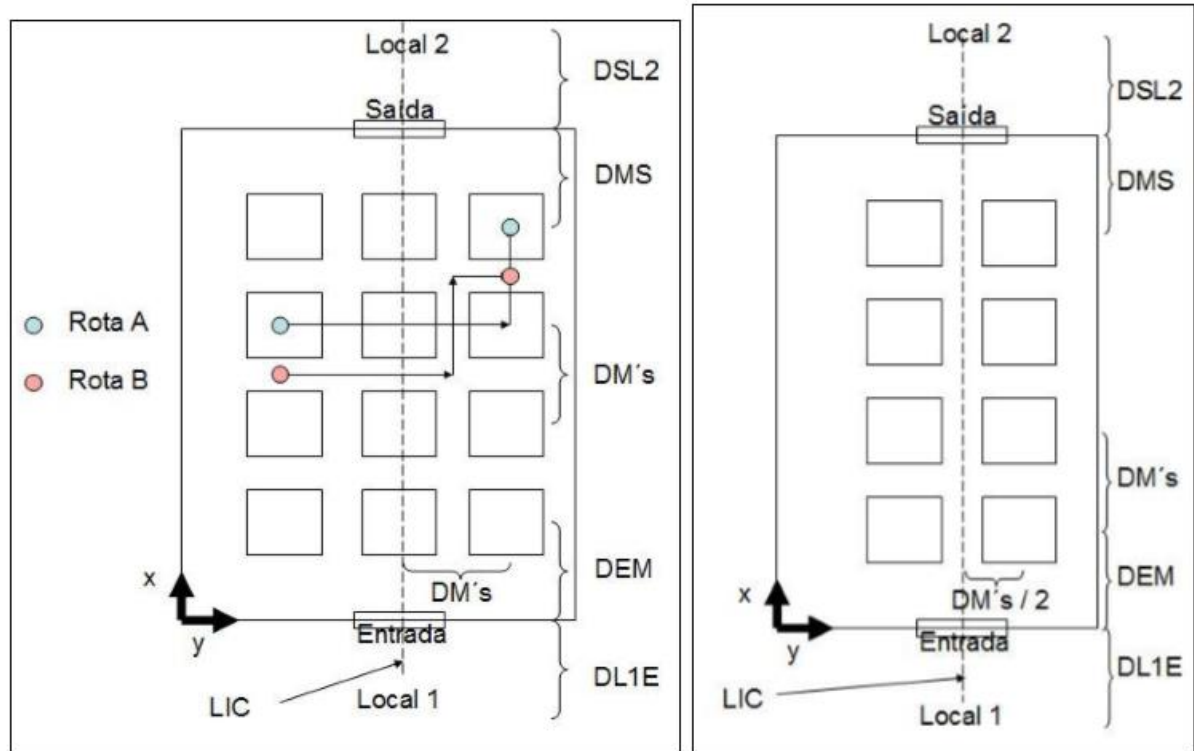
N : número total de tipos de máquinas;

K : número total de localizações.

Segundo Chin (2010) a formulação matemática utilizada para os cálculos, pode ser de mais fácil entendimento formando-se dois exemplos de arranjos físicos, com a reprodução apenas dos locais (alocação das máquinas), segundo mostrados na Figura 5. Ambos são demonstrados por variáveis que fazem parte do cálculo de distância percorrida pela peça.

Na Figura 5 a seguir, as variáveis que integram o chão de fábrica são as máquinas, entradas e saídas das máquinas para os deslocamentos realizados.

Figura 5 – Vistas superiores: dois exemplos:



Fonte: Chin (2010)

Onde:

- *DL1E*: Distância do local 1 até a entrada;
- *DEM*: Distância da entrada a uma máquina qualquer;
- *DM's*: Distância entre as máquinas;
- *DMS*: Distância entre uma Máquina qualquer a saída;
- *DSL2*: Distância da saída ao local 2;
- *Quadrados*: representação das máquinas.

2.12 CÁLCULO DO CENTRÓIDE

O cálculo do centróide, seguindo a lógica dos procedimentos do QAP, para o cálculo das distâncias média percorridas pela peça em qualquer tipo de arranjo físico,

voltando-se para máquinas com a mesma distância, áreas iguais, objetivando simplificar o cálculo do deslocamento é dado conforme a Equação 2 abaixo:

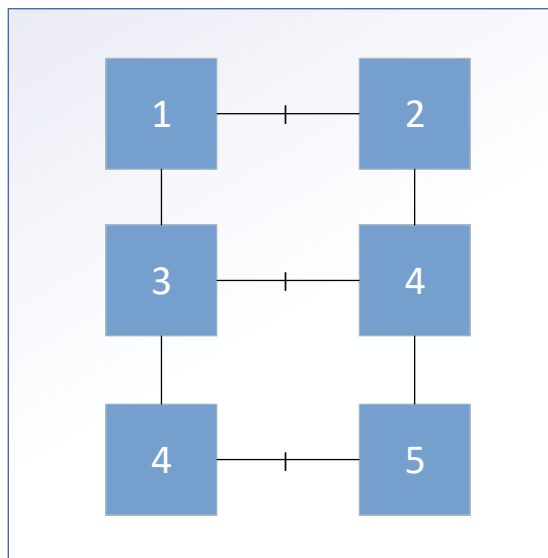
$$d_{AB} = \frac{\sum_{i=1}^{m_A} \sum_{j=1}^{m_B} |x_i - x_j| + |y_i - y_j|}{m_A \times m_B} \quad (2)$$

Onde:

- A e B: departamentos;
- m_A e m_B : réplicas de A e de B;
- x e y: coordenadas cartesianas.

A seguir exemplifica-se o cálculo do centroide no trajeto de duas máquinas em uma matriz 3x2, onde na Figura 6 a distância de uma máquina para outra é representado por uma unidade de distância (1 ud).

Figura 6 – Exemplo de distribuição de máquinas



Fonte: Autoria própria

Cálculo:

$$d_{12}: (2)/(1 \times 1) = 2 \text{ ud};$$

$$d_{34}: (1 + 2)/(1 \times 2) = 1,5 \text{ ud}.$$

O procedimento do cálculo repete-se n iterações até obter a distância das máquinas, bem como o menor deslocamento total a partir da alocação aplicada associada ao arranjo físico adotado.

3 METODOLOGIA

A abordagem realizada neste tópico visa demonstrar alguns pontos significativos relacionados ao método utilizado para a pesquisa, buscando por este modo, encontrar a melhor solução por meio das análises realizadas no âmbito da pesquisa.

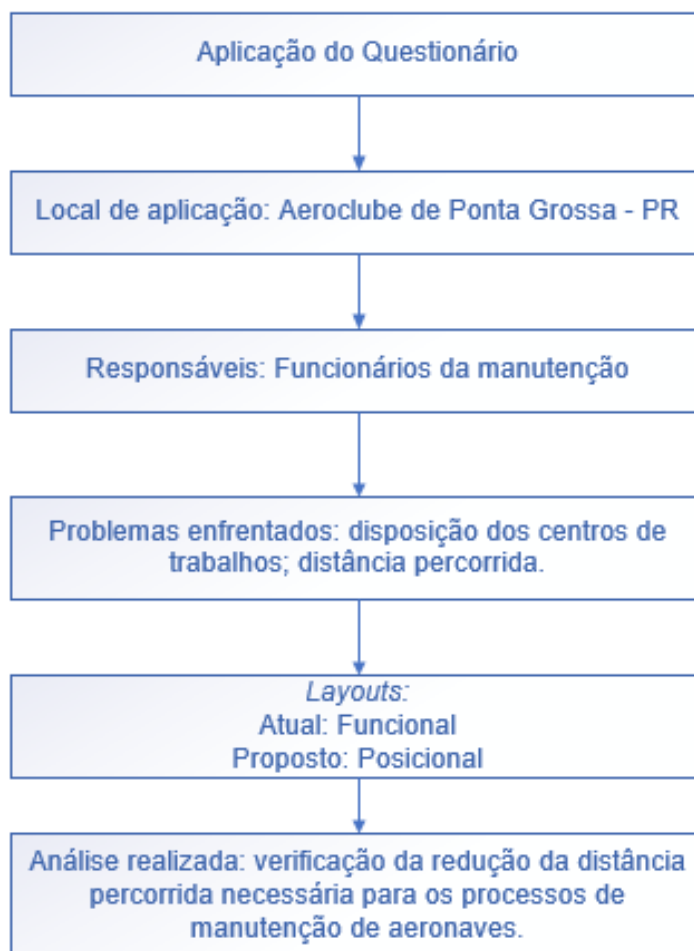
A união dos dados e informações para a realização de uma pesquisa possui caráter primordial, posto que, conforme Barros e Lehfeld (2002), a coleta de dados para a construção dos parâmetros de estudo é relevante na pesquisa científica, onde analisar o contexto expressa um conhecimento claro e objetivo, apresentando como vantagem do uso da observação em pesquisas, a possibilidade de se obter a informação no momento do fato.

Juntamente aos dados e informações, há o método científico, que possui como característica o princípio da investigação objetivando encontrar resultados para o estudo. Por esse motivo, indicam Cerco et al. (2007) o método como diretriz necessária aos distintos processos existentes para cumprir e conquistar o resultado pretendido. No âmbito da ciência, compreende-se por método o conjunto de processos empregados na investigação e na comprovação da veracidade.

A estrutura sistemática é confirmada por Marconi e Lakatos (2010), onde o método é a reunião das atividades sistemáticas e racionais que concede o alcance dos objetivos de pesquisa com maior segurança e economia, contribuindo para com as decisões do pesquisador.

Dessa forma o objetivo deste trabalho de pesquisa foi de realizar um estudo propondo um novo modelo de arranjo físico (Posicional) para o sistema de manutenção de aeronaves do Aeroclube de Ponta Grossa – PR, focando no melhoramento da performance dos funcionários, como redução do deslocamento, bem como redistribuição dos locais de trabalho mais acessados.

O Quadro 1 a seguir resume as principais etapas realizadas desde a aplicação do questionário até a verificação das melhorias proposta pelo trabalho.

Quadro 1 – Etapas da Metodologia

Fonte: Autoria Própria

3.1 MÉTODOS DE ABORDAGEM

Esta pesquisa possui caráter quantitativo, onde há inicialmente o levantamento bibliográfico, análise referencial dos estudos recentes realizados com base no tema, além disso, há a aplicação de um questionário, visando melhor compreender a posição dos locais de trabalho, conforme as necessidades dos funcionários na manutenção das aeronaves. Com o resultado do questionário, possibilita-se a reorganização dos locais seguindo a aplicação do método do arranjo físico posicional.

Dentre as abordagens relacionadas à aplicação de um novo arranjo físico para o local de trabalho, tem-se a possibilidade de analisar o ambiente, identificando a real

necessidade de trabalho, adequando o mesmo e evitando problemas produtivos e organizacionais que envolvem:

- Os locais de trabalho;
- Recursos transformadores;
- Demanda de processos;
- As possíveis configurações dos locais de trabalho;
- A maneira de alocação de máquinas;
- Os recursos adotados na manutenção de peças;

3.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A natureza desta pesquisa foi aplicada, onde a partir da realização inicial do referencial teórico verificou-se os estudos voltados para a área de *layout* e propostas de melhorias em locais de trabalhos, além disso, a finalidade foi de analisar e propor melhorias quanto à posição dos centros de trabalhos de manutenção do Aeroclube de Ponta Grossa.

Quanto aos objetivos, este possui caráter descritivo em relação ao referencial, como mencionado anteriormente, bem como exploratória, pois ocorreu a realização de um estudo em campo, havendo a pesquisa do ambiente de estudo e aplicação de questionário, onde visou-se compreender o trabalho realizado pelos funcionários.

Quanto à pesquisa bibliográfica, pesquisou-se nas bases de dados Scielo, Science Direct e Periódicos Capes, realizando uma junção das palavras chave. Além disso, a busca por artigos foi feita no site do ENEGEP, bem como teses de mestrado e doutorado relacionadas ao tema, onde se analisou os títulos, os resumos e as palavras-chave, a fim de verificar se a publicação de fato possui como objetivo o tema proposto por este trabalho.

No método, a mesma possui caráter hipotético-dedutivo, onde houve hipóteses de melhoramento do *layout* do ambiente de manutenção de aeronaves via

estudo em loco, e a partir da aplicação do método do arranjo físico posicional, objetivou-se validar ou não a proposta de novo *layout*, ponderando por exemplo, na redução da distância percorrida pelos funcionários.

Por fim, quanto aos procedimentos, esta pesquisa possui caráter estudo de caso, por possuir o seu referencial baseado em trabalhos voltados para análise de *layouts*, além disso, por meio do questionário realizado com os funcionários, constatou-se a necessidade de os centros de trabalhos estarem ou não próximo do acesso interno, externo e parede externa.

3.3 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO

Associado aos questionários, na aplicação do método do arranjo físico posicional, seguiu-se os procedimentos principais descritas no Quadro 2 a seguir, adaptado da versão apresentada por Mugge (2009), a fim de encontrar um novo sequenciamento e posterior nova reorganização dos centros de trabalhos, bem como redução da distância percorrida. Os procedimentos são detalhados no tópico 5.2.

Quadro 2 – Procedimentos de aplicação do Arranjo Físico Posicional

Passos	Procedimento
1	Numerar cada local disponível
2	Relação Local disponível X Locais de Acesso (Interno, Externo e Parede Externa) adotar os Adote: 3 Localização ideal 2 Localização aceitável 1 Localização pobre
3	Relação Centros de Trabalho X Locais de Acesso (Interno, Externo e Parede Externa) adotar os Adote: 3 Critério Muito Importante 2 Critério Importante 1 Critério Mediamente Impor. 0 Critério Nada Importante
4	Cálculo relacionando os passos 2 e 3
5	Realiza-se a nova alocação

Fonte: adaptado de Mugge (2009)

O questionário utilizado, em anexo, para o estudo em loco mencionado anteriormente possui como finalidade a identificação da real necessidade de um centro de trabalho estar próximo ou não do acesso interno, externo e a parede externa, utilizando como parâmetro a numeração de 0 a 3, sendo 0 o critério nada importante, 1 critério mediamente importante, 2 critério importante e por fim 3 como critério muito importante. Como forma de exemplificação, tem-se o centro de trabalho Inflamáveis, onde vide questionário com o funcionário responsável pela manutenção das aeronaves, recebeu-se como critério 0, 3 e 1 respectivamente para acesso interno, acesso externo e parede externa, onde significou grande necessidade de estar localizado na parte externa do ambiente de manutenção.

Em uma segunda etapa da aplicação do questionário, em anexo, perguntou-se aos funcionários as 10 manutenções mais realizadas, e posteriormente as 5 mais significativas juntamente com os centros de trabalhos mais utilizados para a realização de tal, objetivando conseguir ter conhecimento e rota dos mesmos para o processo de manutenção e assim, calcular a distância anterior e posterior à aplicação do arranjo físico posicional, confirmando a sua ou não redução.

Ao realizar tais questionamentos sobre as manutenções e centros de trabalhos, tornou-se mais claro e objetivo a alocação dos mesmos respeitando a demanda, bem como os funcionários quanto à necessidade de deslocamento para buscar e/ou devolver ferramentas utilizadas no processo de manutenção das aeronaves.

3.4 CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS

Por fim, como análise para verificar a redução da distância após a aplicação do método do arranjo físico posicional no ambiente de manutenção, houve o cálculo da distância percorrida pelos funcionários no processo de execução das atividades, dividida em duas partes:

Na primeira ocorreu o cálculo para o atual *layout* adotado pela empresa (funcional), a fim de se obter como base a distância atual necessária percorrida para a realização das atividades mais significativas, elencadas pelo responsável pela manutenção no questionário aplicado. Dessa forma, a partir da metragem do hangar,

realizou-se as proporções em metros para cada centro de trabalho necessário para a realização da atividade de manutenção mencionada. O cálculo da distância se deu partindo-se do ponto inicial azul, indo até os centros de trabalhos requisitados e retornando ao ponto inicial. O somatório total das 5 manutenções concluídas pelo funcionário tornou-se a distância necessária para tais processos.

Na segunda, o princípio assemelhou-se ao passo anterior, todavia, focando-se para o *layout* proposto, após a aplicação dos métodos do arranjo físico posicional, a fim de verificar a nova distância necessária a ser percorrida para a execução das atividades. Quanto ao cálculo da distância, neste *layout* proposto, utilizou-se o processo de metragem e proporções do hangar, bem como o ponto inicial de partida, além de se concentrar nas atividades mais relevantes relatadas via questionário.

4 AMBIENTE DE ESTUDO

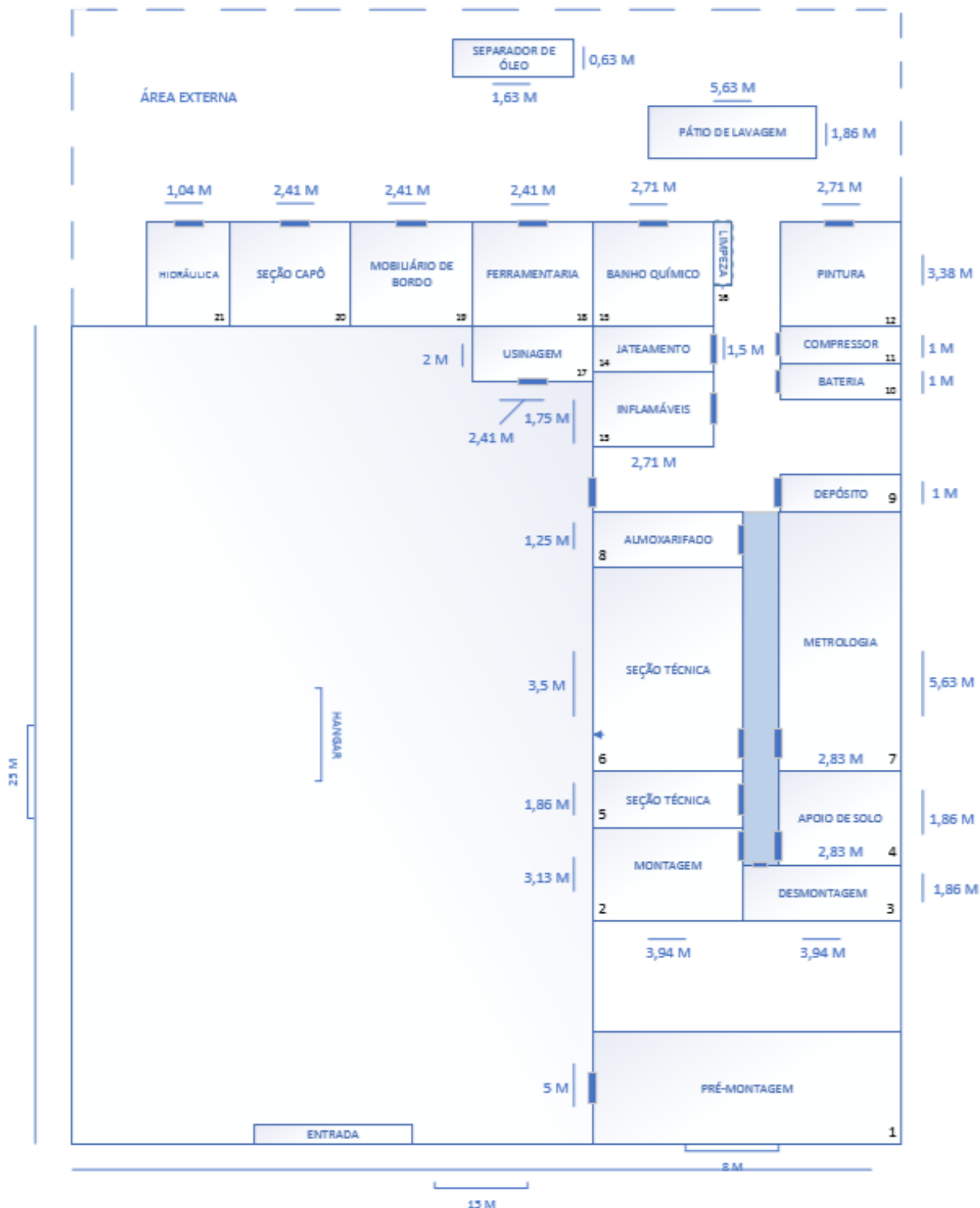
O ambiente de realização de estudo realiza atividades de manutenção de pequenas aeronaves, além de instrumentação para novos pilotos. A planta é composta por uma grande área, chamada Hangar, destinada aos processos de manutenção, além disso, há salas setorizadas a fim de organizar as mesmas por atividades e facilitar o processo nas aeronaves.

As manutenções são realizadas por uma equipe, tecnicamente habilitada, que trabalha objetivando prevenir problemas maiores nas aeronaves. Para tal, há a execução de vistorias, medições técnicas, trocas de peças, dentre outros processos.

Os problemas encontrados pelos técnicos no ambiente de manutenção envolvem desde a distribuição dos centros de trabalhos, bem como a distância percorrida para a realização das etapas de manutenção. Para os técnicos, as atividades podem ser realizadas no atual *layout* Funcional, todavia, com a proposta de reorganização dos mesmos via *layout* Posicional, as funções exercidas pelos funcionários tornarão mais produtivas ao passo que a planta estará setorizada de forma a melhorar o processo de manutenção e reduzir as distâncias percorridas.

A Figura 7 a seguir demonstra uma representação da planta do Aeroclube, podendo notar com mais detalhes a disposição dos centros de trabalhos, entrada (acesso interno), área externa (acesso externo) e a área do hangar (parede externa).

Figura 7 – Planta Aeroclube de Ponta Grossa



Fonte: Autoria Própria

4.1 AERoclUBE PARA MANUTENÇÃO DAS AERONAVES

O estudo em loco apresenta a finalidade de entender o funcionamento do processo de manutenção, bem como a disposição dos centros de trabalhos, dessa forma, as fotografias a seguir demonstram uma parte do hangar e dos centros, onde é realizado a manutenção, guardado os produtos e ferramentas necessários.

Fotografia 1 – Hangar de manutenção de aeronaves



Fonte: Autoria Própria

Fotografia 2 – Área destinada à manutenção 1



Fonte: Autoria Própria

Fotografia 3 – Área destinada à manutenção 2



Fonte: Autoria Própria

Fotografia 4 – Vista da Ferramentaria e Almojarifado



Fonte: Autoria Própria

Fotografia 5 – Vista da área externa do hangar



Fonte: Autoria Própria

5 RESULTADOS

Esta pesquisa objetivou compreender e analisar a otimização de um sistema de manutenção de aeronaves no Aeroclube de Ponta Grossa via proposta de um novo arranjo físico. Dessa forma, como parte dos passos seguidos a fim de chegar em tal resultado, estruturou-se as informações desde a introdução até a metodologia, trazendo informações pertinentes ao assunto do layout, com suas vertentes.

5.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Quanto à necessidade de os centros de trabalhos estarem pertos ou não do acesso interno, externo e parede externa foi necessário questionar aos funcionários responsáveis para que a aplicação do método do arranjo físico posicional tornasse mais pertinente e eficaz quanto a real necessidade de trabalho. Para tal, os métodos seguidos para a construção do questionário, bem como do estudo em loco do ambiente de manutenção do Aeroclube, seguiram-se a estrutura do Quadro 1, partindo da aplicação do mesmo até a verificação dos resultados.

Como uma primeira etapa de aplicação, em anexo (pergunta 1), questionou-se sobre os centros de trabalhos, sendo esta, representada pela etapa 3 da aplicação do método do arranjo físico posicional, tópico 4.3, objetivando identificar as relações de proximidade entre os centros de trabalhos e locais de acesso. Além disso os centros de trabalho Pátio de Lavagem e Separador de Óleo foram desconsiderados para uma nova realocação, por se tratarem de setores exclusivamente externos, bem como apenas uma área destinada para tais atividades.

A partir das informações obtidas pelo funcionário em relação aos centros de locais e os acessos, pode-se compreender as mudanças necessárias para tornar o ambiente de manutenção mais efetivo.

Prosseguindo ao estudo em loco, aplicou-se uma segunda parte do questionário, em anexo (pergunta 2), visando identificar as manutenções mais realizadas, onde estas servirão como base para identificar a distância percorrida pelos funcionários, além de posterior comparação com a mesma atual e posterior à aplicação do método. Juntamente à segunda parte, outras duas questões foram

abordadas voltadas às manutenções mais significativas dentre as citadas anteriormente, além dos centros de trabalhos visitados para que a manutenção seja concluída.

Quanto às manutenções realizadas:

- Pneu – Rolamento – Cabo – Filtro – Vela – Lavagem – Renovação de Óleo – Magnetos – Hélice e Instalação de Motor de arranque.

Quanto às manutenções mais significativas no processo de manutenção dentre as citadas anteriormente:

- Manutenção 1: Pneu
- Manutenção 2: Vela
- Manutenção 3: Renovação do Óleo
- Manutenção 4: Filtro
- Manutenção 5: Magnetos

Por fim o sequenciamento das manutenções citadas quanto aos centros de trabalhos:

- Manutenção 1: Ferramentaria – Desmontagem do Pneu no Hangar – Pré Montagem – Montagem – Colocar o Pneu no avião no Hangar – Ferramentaria (guardar);
- Manutenção 2: Ferramentaria – Desmontagem da Vela do motor no Hangar – Almojarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do motor na aeronave - Ferramentaria (guardar);
- Manutenção 3: Ferramentaria – Retirada do Óleo da Aeronave – Separador de Óleo – Óleo colocado na Aeronave – Ferramentaria (guardar);
- Manutenção 4: Ferramentaria – Desmontagem do Filtro do motor no Hangar – Almojarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do mesmo na no hangar- Ferramentaria (guardar);
- Manutenção 5: Ferramentaria – Desmontagem do motor para retirada da peça no hangar – Almojarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do mesmo no hangar- Ferramentaria (guardar).

5.2 MÉTODO DE ALOCAÇÃO: ARRANJO FÍSICO POSICIONAL

A proposta do novo *layout* físico para o centro de manutenção de aeronaves do Aeroclub de Ponta Grossa seguiu o modelo Posicional, logo o processo utilizado para obtenção da nova disposição dos centros segue as etapas demonstrado a seguir, adaptado da versão apresentada por Mugge (2009) mencionado no Quadro 2.

Na primeira etapa de resolução ocorreu a contagem dos centros de trabalhos disponíveis no ambiente de manutenção de aeronaves, por fim quantificou-se os setores que cada centro de trabalho necessita para realizar a atividade.

O quadro a seguir demonstra esta esquematização dos centros do aeroclube.

Quadro 3 – Etapa 1: Identificação dos centros de trabalhos

Local	Centro de Trabalhos	Setores Requisitados
1	Seção Técnica	1
2	Seção Técnica	1
3	Depósito	1
4	Metrologia	1
5	Pré-Montagem	1
6	Montagem	1
7	Desmontagem	1
8	Apoio de Solo	1
9	Usinagem	1
10	Almoxarifado	1
11	Ferramentaria	1
12	Jateamento	1
13	Mobiliário de Bordo	1
14	Seção Capô	1
15	Banho Químico	1
16	Limpeza	1
17	Hidráulica	1
18	Pintura	1
19	Inflamáveis	1
20	Bateria	1
21	Compressor	1

Fonte: Autoria Própria

Na etapa seguinte ocorreu a classificação dos centros de trabalhos atuais conforme a legenda, baseando-se em sua proximidade ou não com os acessos interno, externo e parede externa.

Quadro 4 – Etapa 2: Relação da localização e locais de acesso

Local	Acesso Externo	Acesso Interno	Parede Externa
1	1	3	2
2	1	3	2
3	1	3	2
4	1	2	3
5	1	2	3
6	1	2	3
7	1	1	3
8	1	1	3
9	2	1	3
10	2	1	2
11	2	1	2
12	3	1	1
13	3	1	1
14	2	1	1
15	2	1	1
16	2	1	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1	1	1
21	1	2	1

Legenda	
3	Localização Ideal
2	Localização Aceitável
1	Localização Pobre

Fonte: Autoria Própria

Esta etapa do processo do Posicional representa a relação dos centros de trabalhos e locais de acesso, onde para que se pudesse demonstrar de forma mais realista a necessidade de alocação dos centros de trabalhos, realizou-se via questionário com os funcionários responsáveis. Os procedimentos foram detalhados na seção 4.2.

Quadro 5 – Etapa 3: Relação centros de trabalhos e locais de acesso

Centro de Trabalhos	Acesso Externo	Acesso Interno	Parede Externa
Seção Técnica	1	3	0
Seção Técnica	1	3	0
Depósito	3	0	1
Metrologia	1	0	2
Pré-Montagem	0	3	1
Montagem	0	3	1
Desmontagem	0	3	1
Apoio de Solo	0	3	1
Usinagem	3	0	0
Almoxarifado	0	2	1
Ferramentaria	0	2	1
Jateamento	3	0	0
Mobiliário de Bordo	0	2	1
Seção Capô	0	2	1
Banho Químico	3	0	0
Limpeza	3	0	1
Hidráulica	0	2	1
Pintura	3	0	1
Inflamáveis	3	0	1
Bateria	3	0	1
Compressor	3	0	1

Legenda	
3	Critério muito importante
2	Critério importante
1	Critério mediantemente importante
0	Critério nada importante

Fonte: Autoria Própria

Já na etapa 4, representado no Quadro 6 a seguir, demonstra a penúltima etapa do processo de reposicionamento dos centros de trabalhos, constando as operações matemáticas realizadas, envolvendo os dados das etapas 2 e 3.

Neste quadro, iniciando pela seleção do maior valor encontrado, eliminando por sua vez, a respectiva linha e coluna após a seleção, e assim sucessivamente, realocou-se os centros de trabalhos.

Quadro 6 – Etapa 4: Cálculo dos pesos utilizando os valores das etapas 2 e 3

Centro de Trabalhos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Seção Técnica	10	10	10	7	7	7	4	4	5	5	5	6	6	5	5	5	4	4	4	4	7
Seção Técnica	10	10	10	7	7	7	4	4	5	5	5	6	6	5	5	5	4	4	4	4	7
Depósito	5	5	5	6	6	6	6	6	9	8	8	10	10	7	7	7	4	4	4	4	4
Metrologia	5	5	5	7	7	7	7	7	8	6	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3
Pré-Montagem	11	11	11	9	9	9	6	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	7
Montagem	11	11	11	9	9	9	6	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	7
Desmontagem	11	11	11	9	9	9	6	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	7
Apoio de Solo	11	11	11	9	9	9	6	6	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	7
Usinagem	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	9	9	6	6	6	3	3	3	3	3
Almoxarifado	8	8	8	7	7	7	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
Ferramentaria	8	8	8	7	7	7	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
Jateamento	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	9	9	6	6	6	3	3	3	3	3
Mobiliário de Bordo	8	8	8	7	7	7	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
Seção Capô	8	8	8	7	7	7	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Banho Químico	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	9	9	6	6	6	3	3	3	3	3
Limpeza	5	5	5	6	6	6	6	6	9	8	8	10	10	7	7	7	4	4	4	4	4
Hidráulica	8	8	8	7	7	7	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
Pintura	5	5	5	6	6	6	6	6	9	8	8	10	10	7	7	7	4	4	4	4	4
Inflamáveis	5	5	5	6	6	6	6	6	9	8	8	10	10	7	7	7	4	4	4	4	4
Bateria	5	5	5	6	6	6	6	6	9	8	8	10	10	7	7	7	4	4	4	4	4
Compressor	5	5	5	6	6	6	6	6	9	8	8	10	10	7	7	7	4	4	4	4	4

Fonte: Autoria Própria

Por fim, a última etapa do Arranjo Físico Posicional, demonstrada no Quadro 7 a seguir, retrata a organização e posterior realocação dos centros de trabalhos encontrados na etapa anterior. A partir dessa etapa, para fim de verificação da redução da distância necessária percorrida pelos funcionários, bem como o melhoramento do processo de manutenção, calculou-se as distâncias antes e depois da aplicação do Posicional.

Quadro 7 – Etapa 5: Alocação

Centro de Trabalhos	Alocação
Seção Técnica	5
Seção Técnica	6
Depósito	9
Metrologia	7
Pré-Montagem	1
Montagem	2
Desmontagem	3
Apoio de Solo	4
Usinagem	17
Almoxarifado	8
Ferramentaria	18
Jateamento	14
Mobiliário de Bordo	19
Seção Capô	20
Banho Químico	15
Limpeza	16
Hidráulica	21
Pintura	12
Inflamáveis	13
Bateria	10
Compressor	11

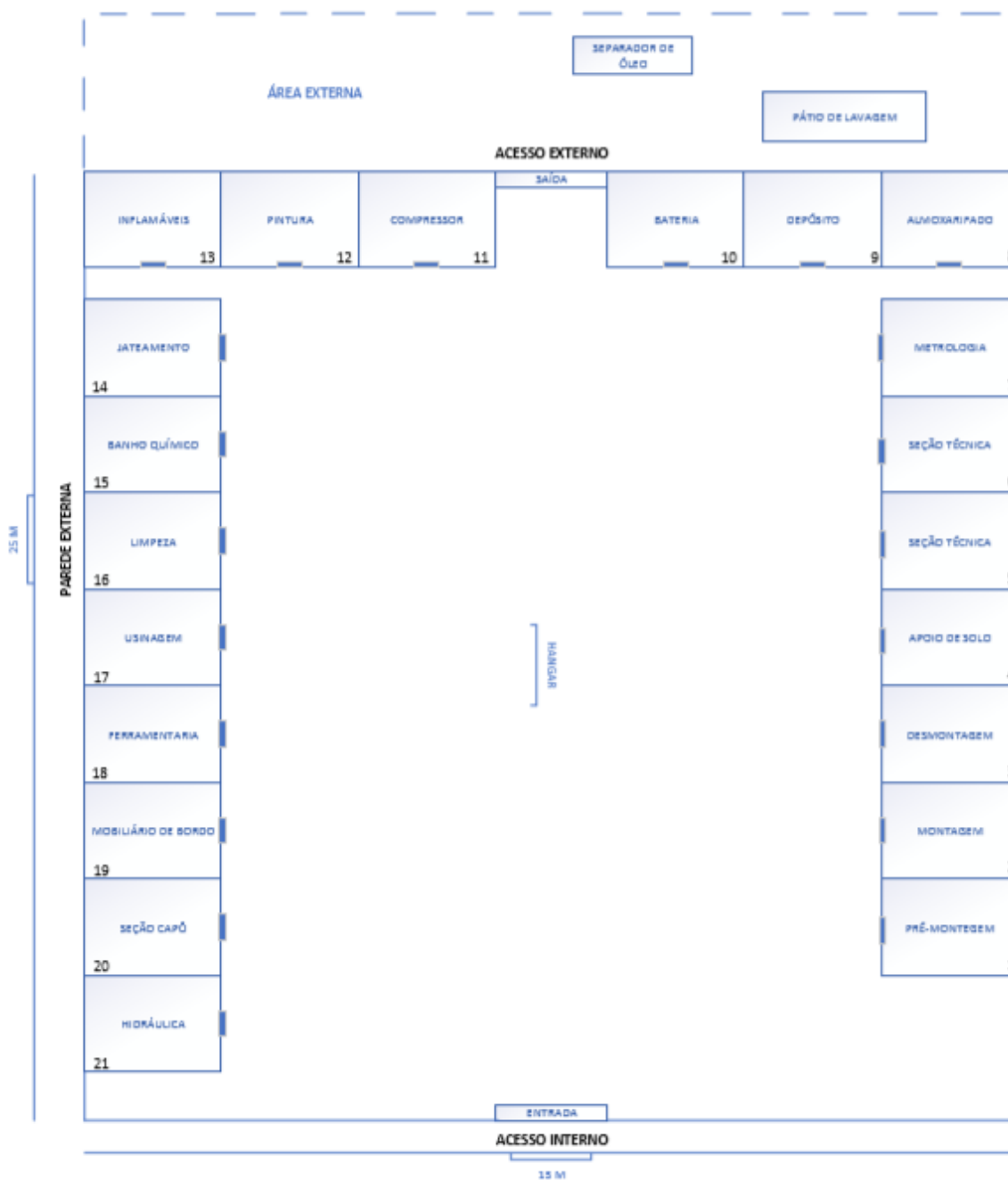
Fonte: Autoria Própria

5.3 ALOCAÇÃO DOS CENTROS DE TRABALHOS

Após os processos seguidos no tópico anterior, voltados à realocação via procedimentos do Arranjo Físico Posicional, obteve-se os centros de trabalhos com seus novos lugares, visando como mencionado, a redução da distância nos processos.

Demonstra-se a seguir a representação dos centros de trabalhos realocados, conforma o Quadro 7 da etapa 5. Esta representação possui a ideia de propor os centros de trabalhos realocados lado a lado, juntamente com o acesso interno, externo, bem como a parede externa, característico do método do Arranjo Físico Posicional. Dessa forma, com os centros realocados, a proposta desta ação possui a finalidade de tornar as atividades de movimentação para a realização das etapas de manutenção mais eficazes, reduzindo assim deslocamento dos responsáveis pelo processo de manutenção das aeronaves do Aero clube.

Figura 8 – Planta Aeroclube com os centros de trabalhos realocados



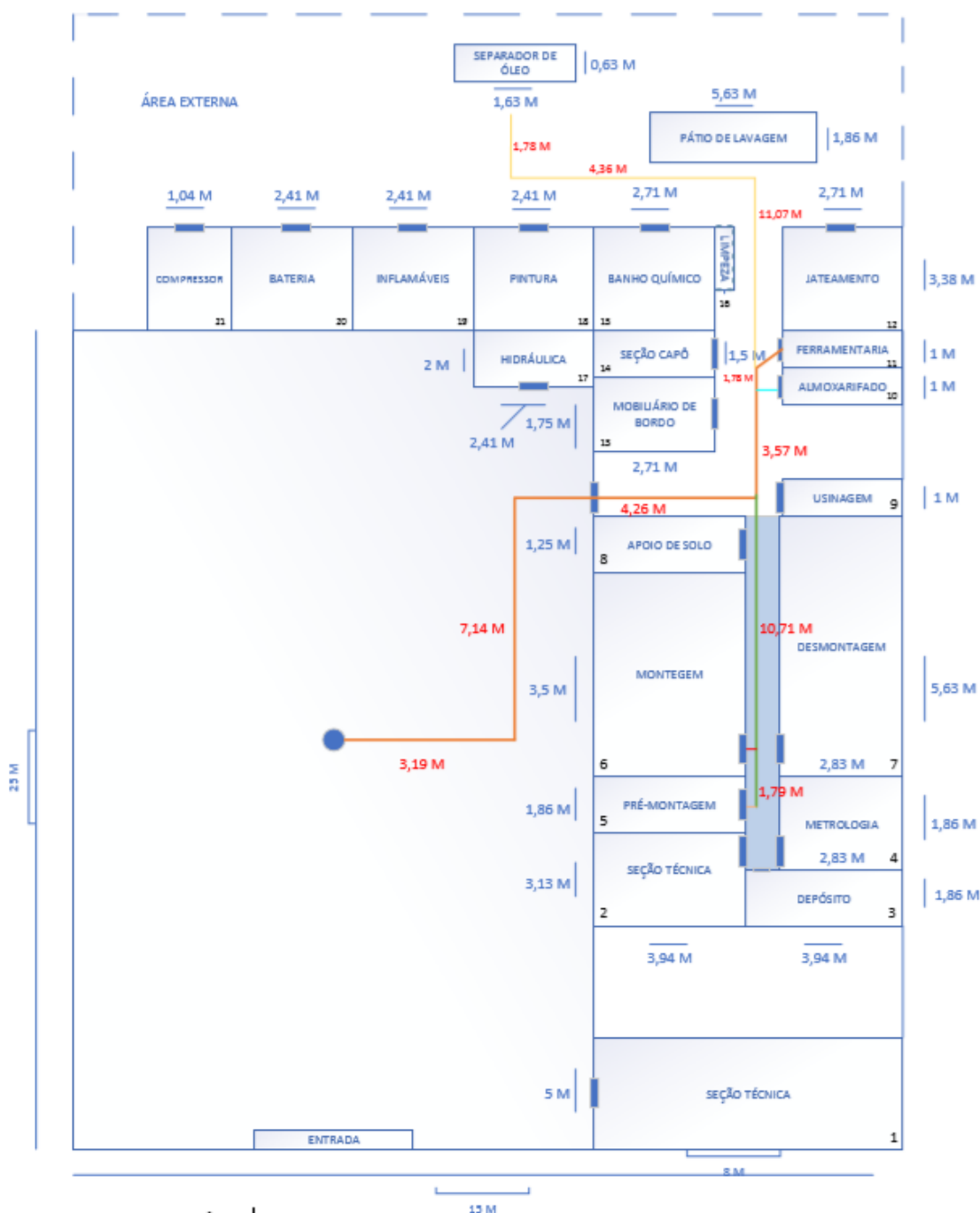
Fonte: Autoria Própria

5.4 CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS

O cálculo das distâncias em ambos os cenários de *layouts* estudados visa averiguar se houve redução da distância total necessária para a execução das

manutenções elencadas via questionário no Arranjo Físico Posicional. A realização do cálculo baseou-se nas atividades mais significativas mencionadas pelos responsáveis pela manutenção, dessa forma, não levando em consideração o quantitativo de viagens realizadas durante o dia de trabalho, e sim, apenas uma atividade realizada nos centros de trabalhos citados. À vista disso, a figura a seguir consta a planta atual com a rota percorrida necessária para a execução das atividades.

Figura 9 – Trajeto de manutenção no *layout* atual



Fonte: Autoria Própria

Para o atual layout a distância percorrida por manutenção mencionada no tópico 4.2 se deu da seguinte forma:

- Manutenção 1: Ferramentaria – Desmontagem do Pneu no Hangar – Pré Montagem – Montagem – Colocar o Pneu no avião no Hangar – Ferramentaria (guardar):

Distância: $(3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 10,71 + 1,79) + (1,79) + (10,71 + 4,26 + 7,14 + 3,19) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) = 114 \text{ m.}$

- Manutenção 2: Ferramentaria – Desmontagem da Vela do motor no Hangar – Almojarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do motor na aeronave no hangar- Ferramentaria (guardar).

Distância: $(3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57) + (3,57 + 10,71 + 1,79) + (1,79) + (10,71 + 4,26 + 7,14 + 3,19) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) = 121,14\text{m.}$

- Manutenção 3: Ferramentaria – Retirada do Óleo da Aeronave – Separador de Óleo – Óleo colocado na Aeronave – Ferramentaria (guardar).

Distância: $(3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78 + 11,07 + 4,36 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78 + 11,07 + 4,36 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) = 134,14\text{m.}$

- Manutenção 4: Ferramentaria – Desmontagem do Filtro do motor no Hangar – Almojarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do mesmo no hangar- Ferramentaria (guardar).

Distância: $(3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57) + (3,57 + 10,71 + 1,79) + (1,79) + (10,71 + 4,26 + 7,14 + 3,19) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) = 121,14\text{m.}$

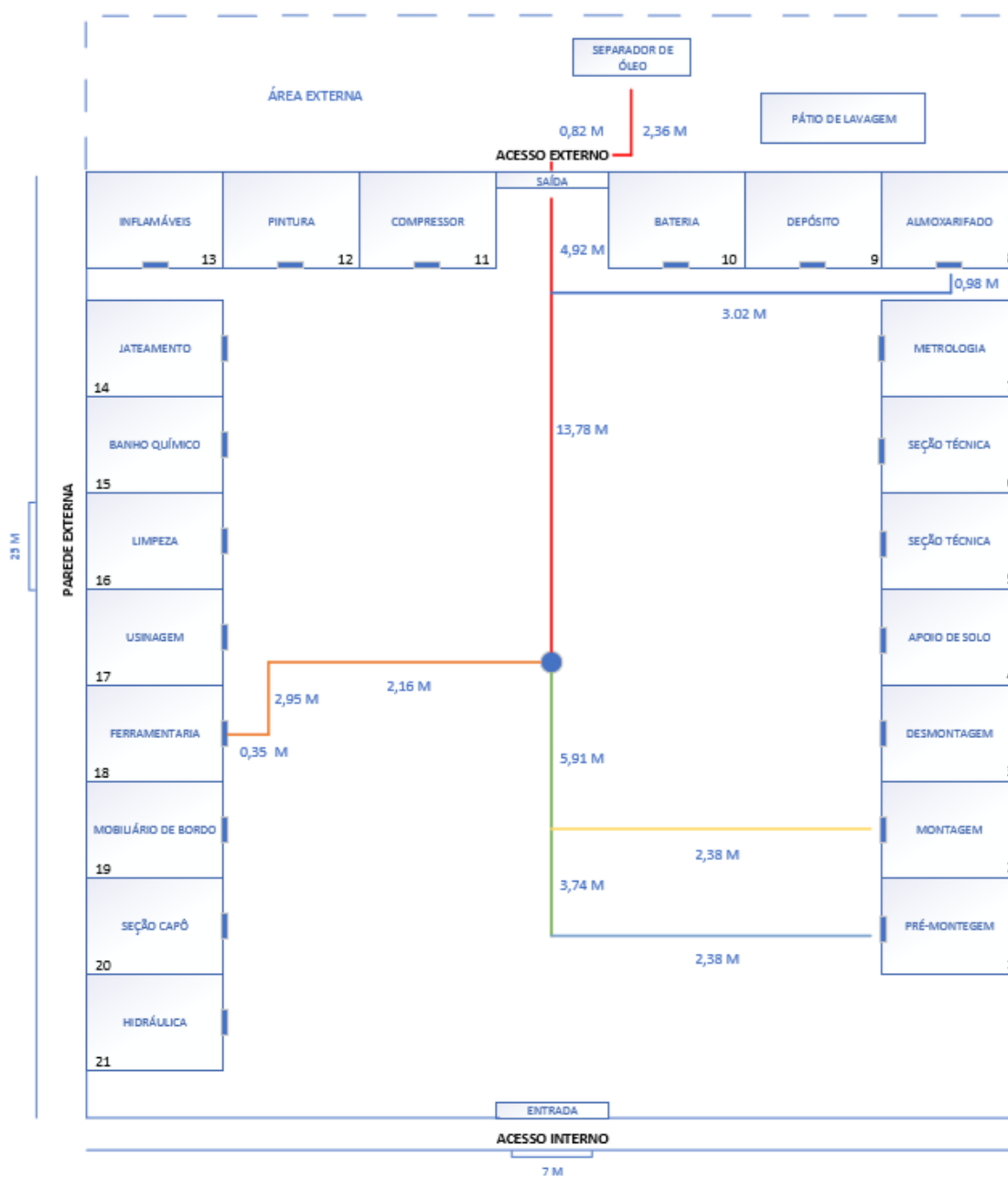
- Manutenção 5: Ferramentaria – Desmontagem do motor para retirada da peça no hangar – Almojarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do mesmo no hangar- Ferramentaria (guardar).

Distância: $(3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57) + (3,57 + 10,71 + 1,79) + (1,79) + (10,71 + 4,26 + 7,14 + 3,19) + (3,19 + 7,14 + 4,26 + 3,57 + 1,78) = 121,14 \text{ m.}$

Para o atual *layout* (funcional) utilizado no Aeroclube, a distância total necessária para a execução das atividades de manutenção é de 611,56 m.

A Figura a seguir demonstra o trajeto no *layout* (posicional) proposto para a realocação dos centros de trabalhos.

Figura 10 – Trajeto de manutenção no *layout* proposto



Fonte: Autoria Própria

Repedindo o procedimento do cálculo da distância realizado anteriormente no *layout* atual, todavia, agora focado no novo *layout* posicional tem-se:

- Manutenção 1: Ferramentaria – Desmontagem do Pneu no Hangar – Pré Montagem – Montagem – Colocar o Pneu no avião no Hangar – Ferramentaria (guardar):

Distância: $(2,16 + 2,95 + 0,35) + (2,16 + 2,95 + 0,35) + (3,74 + 2,38) + (3,74) + (2,38 + 5,91) + (2,16 + 2,95 + 0,35) = 34,53\text{m}$.

- Manutenção 2: Ferramentaria – Desmontagem da Vela do motor no Hangar – Almoxarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do motor na aeronave no hangar- Ferramentaria (guardar).

Distância: $(2,16 + 2,95 + 0,35) + (2,16 + 2,95 + 0,35) + (13,78 + 3,02 + 0,98) + (0,98 + 13,78 + 5,91 + 3,74 + 2,38) + (3,74) + (5,91) + (2,16 + 2,95 + 0,35) = 70,6\text{m}$.

- Manutenção 3: Ferramentaria – Retirada do Óleo da Aeronave – Separador de Óleo – Óleo colocado na Aeronave – Ferramentaria (guardar).

Distância: $(2,16 + 2,95 + 0,35) + (2,16 + 2,95 + 0,35) + (13,78 + 4,92 + 0,82 + 2,36) + (13,78 + 4,92 + 0,82 + 2,36) + (2,16 + 2,95 + 0,35) = 60,14\text{m}$.

- Manutenção 4: Ferramentaria – Desmontagem do Filtro do motor no Hangar – Almoxarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do mesmo no hangar- Ferramentaria (guardar).

Distância: $(2,16 + 2,95 + 0,35) + (2,16 + 2,95 + 0,35) + (13,78 + 3,02 + 0,98) + (0,98 + 13,78 + 5,91 + 3,74 + 2,38) + (3,74) + (5,91) + (2,16 + 2,95 + 0,35) = 70,6\text{m}$.

- Manutenção 5: Ferramentaria – Desmontagem do motor para retirada da peça no hangar – Almoxarifado – Pré Montagem – Montagem – Montagem do mesmo no hangar- Ferramentaria (guardar).

Distância: $(2,16 + 2,95 + 0,35) + (2,16 + 2,95 + 0,35) + (13,78 + 3,02 + 0,98) + (0,98 + 13,78 + 5,91 + 3,74 + 2,38) + (3,74) + (5,91) + (2,16 + 2,95 + 0,35) = 70,6\text{m}$.

Para o *layout* posicional proposto para a realocação dos centros de trabalho, a distância necessária para o processo de manutenção das aeronaves é de 306,47m.

5.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nas aplicações dos questionários para melhor compreensão das manutenções realizadas, assim como as etapas do método do Arranjo Físico Posicional, reorganizando os centros de trabalhos e, por fim, o cálculo da distância no *layout* proposto, observa-se que o ambiente de manutenção de aeronaves do Aeroclube pode ser melhorado nos aspectos de estudo desta pesquisa.

Após a realização do cálculo da distância, em ambos *layouts*, percorrida pelos responsáveis pelas manutenções, verifica-se a redução de 305,09 m ou 50,11% na distância percorrida para a execução das atividades de manutenção no Aeroclube de Ponta Grossa. A efetividade da redução no deslocamento corrobora a proposta de aplicação do Arranjo Físico Posicional Aeroclube, tornando-o mais efetivo para os processos que nele acontecem.

6 CONCLUSÃO

Pelo demonstrado ao longo da pesquisa, o *layout* nos processos industriais possuem caráter significativo no âmbito da redução dos custos, organização da produção, melhor aproveitamento do espaço físico, além de impactar positivamente na qualidade do trabalho dos colaboradores e na fabricação dos produtos.

À vista disso, o objetivo geral traçado como foco da pesquisa, sendo o de analisar o desempenho da aplicação da proposta do Arranjo Físico Posicional no sistema de manutenção de aeronaves no Aeroclube de Ponta Grossa, foi alcançado.

Após o reconhecimento do ambiente de manutenção do Aeroclube, analisou-se a sua planta, a fim de constatar um deslocamento maior necessário para a realização das atividades mencionadas pelos funcionários via questionário. A partir de então, a proposta de aplicação do novo *layout* entra para reduzir o deslocamento por meio da realocação dos centros de trabalhos.

Como indicado, a verificação do alcance do objetivo da pesquisa se deu ao se realizar o novo cálculo da distância percorrida e verificar a redução de 50,11%, vide tópico anterior. Por conseguinte, os objetivos específicos de coletar as informações das atividades de manutenções realizadas e das distâncias de um departamento ao outro no atual arranjo físico; coletar as informações acerca das necessidades de cada centro de trabalho estar perto do outro e verificar a redução da distância necessária para a execução das manutenções das aeronaves no arranjo físico posicional proposto foram analisados e atingidos.

Considerando a aplicabilidade da pesquisa em outros setores de empresas e indústrias, como recomendação para trabalhos futuros: estruturar a análise realizando o estudo em loco, verificando a real necessidade dos colaboradores, bem como o da empresa, como feito nesta pesquisa, e juntamente, adicionar um estudo da viabilidade econômica da aplicação do novo *layout*, mensurando os custos necessários, retorno de investimentos, para tornar a realocação dos centros de trabalhos viável para a empresa em estudo, além de impactar positivamente no trabalho dos colaboradores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Norma Brasileira Regulamentadora 5462 – NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BARROS, Adil J. P. LEHFELD, Neide A. S. Projeto de pesquisa. Rio de Janeiro

BENJAAFAR, S. Models for performance evaluation of flexibility in manufacturing systems. International Journal of Production Research, v. 32, 2002.

BORBA, M. Arranjo físico – material de suporte. UFSC, Florianópolis, 1998.

BOZORGI, N.; ABEDZADEH, M.; ZEINALI, M. Tabu search heuristic for efficiency of dynamic facility layout problem. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 77, n. 1-4, p. 689-703, 2015.

CAETANO, J. F.; SILVA, J. V.; SILVA, V. A.; JUNIOR, C. A. A. Planejamento e Controle da Produção: um estudo de caso de uma prestadora de serviços na industrialização de fertilizantes. Enegep 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_318_29509.pdf> Acesso: Acesso em: 22 set. 2018

CAMAROTTO, João Alberto. Projeto de Unidades Produtivas. Apostila, 2006.

CAMPOS, F. S. Percepção do adolescente sobre a sua inserção no mundo do trabalho. Trabalho de Conclusão de Curso em Serviço Social. Departamento de Serviço Social, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. Metodologia científica. 6.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHIN, S. Y. Utilização da modelagem e simulação para fins de análise comparativa de desempenho entre o arranjo físico funcional e o arranjo físico distribuído, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18145/tde-01042010-095326/pt-br.php>> Acesso em: 19 set. 2018

COLARES, R. B. Propostas de melhorias no arranjo físico para o balanceamento da linha de montagem de uma empresa de calçados. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, 2008.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C.A. Administração de Produção e Operações. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

DANTAS, G. F. M.; GOMES, A. P.; BORBA, J. V. F.; SOARES, B. A. Aperfeiçoamento do layout e implantação de um sistema de conferência no setor de logística de uma indústria calçadista da cidade de Campina Grande – Paraíba. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador. Bahia. 2013. Disponível em: <
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_177_010_22874.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

DRIRA, A. et al. Facility Layout Probles: a survey. Annual Reviews in Control, 31, p. 255–267, 2007.

FARIA, Ana Cristina de. COSTA, Maria de Fátima Gameiro da. Gestão de custos logísticos. São Paulo: Atlas, 2005.

FARIAS, A. N; GENTIL, R. F. C.; NASCIMENTO, R. M. S. Planejamento do Arranjo Físico: Uma análise bibliométrica. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

FIEDLER, Nilton César; WANDERLEY, Fernando Bonelli et al. Otimização do Layout de Marcenarias no sul do Espírito Santo baseado em Parâmetros Ergonômicos e de produtividade. Minas Gerais. 2009. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v33n1/v33n1a17.pdf> >acesso em: 26. set.2018.

FONSECA, A. F.; SILVA, R. N.; PEREIRA, K. R. A.; BENEVIDES, M. M. S.; MARINHO, M. M. A. Análise dos planos de manutenção para os equipamentos do sistema de medição de gás numa empresa de ramo petroquímica. Enegep 2016. Disponível em: <
http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_321_29836.pdf> Acesso em: 20 Out. 2019.

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

GEORGES, M., R., R., RADIX ROC: Um algoritmo de baixa complexidade para a formação de célula de manufatura. Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção, 2014. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1306/1205>>. Acesso em: 25 set. 2018

GOMES, L.P. História da Administração. Informativo Mensal do CRA/CE, CRA em Ação, Ano 1, no 7, Agosto/Setembro de 2005. Disponível em: <<http://www.cfa.org.br/download/RD1605.pdf>> Acesso em: 14 set. 2018.

HEINEN M. H. Proposta de arranjo físico baseado nos conceitos da produção enxuta para uma fábrica de estruturas metálicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013.

JORGE, A. A.; LOOS, M. J. Análise de rendimento de produção com a mudança de layout. Revista Espacios, 2017. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n61/a17v38n61p22.pdf>>. Acesso em: 14 set 2018.

JUNIOR, J. H. C. G.; Análise do desempenho dos arranjos físicos distribuídos em ambiente de roteamento de tarefas com flexibilidade de sequência de fabricação. USP São Carlos, 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-01062007-174235/publico/Tese_Gorgulho_Junior.pdf> Acesso: 20 set 2018.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. Manutenção: função estratégica. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

KING, J.R. Machine-component grouping in production flow analysis: an approach using a rank order clustering algorithm. International Journal of Production Research. v. 18, n. 2, 1980.

KRUSHINSKY, D.; GOLDENGORIN, B. An exact model for cell formation in group technology. In: Computational Management Science, v.9, n. 3, p 323-338, Springer-Verlag, August 2012.

KRUSHINSKY, D.; GOLDENGORIN, B. An exact model for cell formation in group technology. In: Computational Management Science, v.9, n. 3, p 323-338, Springer-Verlag, August 2012.

KUSIAK, A.; Heragu, S. S. The facility layout problem. *European Journal of Operational Research*, v. 29, p. 229-251, 1987.

LIMA P. M. P. Os impactos do arranjo físico nos processos de uma agência bancária. Universidade Federal do Pará. Belém, 2016.

LORENZON, I.A. A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso. 2008. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos da Metodologia Científica. 6ª Ed. - São Paulo: Atlas, 2009.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos, 2008. Disponível em <http://www.unimep.br/phpg/editora/revistaspdf/rct22art03.pdf>> Acesso em 20 Out. de 2019.

MARTINS, Petrônio G; LAUGENI, Fernando P. Administração da Produção, 2005.

MONTREUIL, B.; LAFORGE, A. Dynamic layout design given a scenario tree of probable futures. *European Journal of Operational Research*, v. 63. 1993.

MONCHY, François. A Função Manutenção. São Paulo: Durban, 1987.

MOREIRA, D.A. Administração da Produção e Operações. 2ª ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengagelearning, 2009.

MOREIRA, D.A., Arranjo físico de instalações, Administração da Produção e Operações, 5ª edição, pp 259-263, 2000.

MOURA, R. A. Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais. 6. Ed.rev. Instituto IMAM: São Paulo, 2008.

MOURA, D. M. B. Estudo de Método de Monitoramento da aplicação da filosofia Lean em obra de construção civil objetivando a melhoria contínua. Projeto de Graduação UFRJ (Rio de Janeiro), 2019.

Mugge, T. R. Arranjo físico ou layout: Simbologia básica em Medicina e Segurança do Trabalho (biblioteca) 2009. Disponível em: <<https://tobiasmugge.files.wordpress.com/2009/08/arranjo-fisico-layout.pdf>>. Acesso 16/12/2019.

PISKE, F. B. A influência do arranjo físico nos desperdícios de uma fábrica de máquinas para implementos agrícolas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

RIBEIRO, J. O.; MOTTA, G. A.; ARANJA, K. M. L.; SALOMAO, S.; LANNONI, J. R. Análise da alteração de arranjo físico na perspectiva dos sete desperdícios: um estudo de caso em uma montadora de implementos agrícolas. Enegep 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_320_30748.pdf> Acesso 24 set. 2018.

RICO, J.H. Estudo de utilização de conceitos de produção enxuta em processos administrativos: estudo de caso e proposta de um roteiro de aplicação. 2007. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

ROSSI, A.; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A. Melhoria de layout em uma indústria de embalagens por meio do método SLP. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville, Santa Catarina. 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_380_33455.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

SANTIN, Antonio. Dossiê Técnico- Tipos de layout e sua aplicação na indústria. São Paulo: Atlas, 2008.

SILVA A. L. G.; RIBEIRO D. N. Análise de arranjo físico aplicando o modelo de planejamento sistemático de layout: um estudo de caso numa central de distribuição de uma empresa alimentícia. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2015

SILVA, A.L. Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial orientado para a Produção Enxuta. 2009. 243f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SING., N., RAJAMANI, D. Cellular Manufacturing Systems: desing, Planning and Control, Chapman & Hall, Londres, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARISON, A.; JOHNSTON, R., Adminstração da Produção, 1999, 4ed.

SOBRINHO, J. C. F. Manutenção x Produtividade: a importância da gestão da manutenção para o aumento da produtividade em uma indústria de manufatura de madeira. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012. Acesso em: 20 Out. de 2019.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. Manutenção produtiva total. São Paulo: Instituto IMAN, 1993.

VARGAS, N. Organizações em ambientes internacionais turbulentos. Estudo de uma construtora multinacional brasileira. Tese (Doutorado Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). São Paulo, 2008.

VILLAR, A. M.; PORTO, E. S. Análise do Arranjo Físico geral como base para Racionalização da Produção - um estudo de caso. Enegep 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr570429_0377.pdf>. Acesso 22 set 2018.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Elsevier: Rio de Janeiro, 2004.

ANEXOS

Questionário 1: Relação dos centros de trabalhos e locais de acesso

- 1) Em relação aos 21 centros de trabalhos, qual a importância de cada um estar localizado próximo do acesso interno, acesso externo e parede externa? A classificação precisa ser ponderada em 4 critérios numerados de 0 a 3, sendo 0 critério nada importante; 1 critério mediantemente importante; 2 critério importante e 3 como critério muito importante. O preenchimento deve ser realizado na tabela abaixo:

Centro de Trabalhos	Acesso Externo	Acesso Interno	Parede Externa
Seção Técnica			
Seção Técnica			
Depósito			
Metrologia			
Pré-Montagem			
Montagem			
Desmontagem			
Apoio de Solo			
Usinagem			
Almoxarifado			
Ferramentaria			
Jateamento			
Mobiliário de Bordo			
Seção Capô			
Banho Químico			
Limpeza			
Hidráulica			
Pintura			
Inflamáveis			
Bateria			
Compressor			

Questionário 2: Manutenções realizadas e sequenciamento

2) Quais são as manutenções mais realizadas? (Citar as 10 mais importantes).

Manutenções:

3) Elencar quais são as manutenções mais significativas no processo de manutenção dentre as citadas anteriormente e citar o sequenciamento realizado nos centros de trabalhos para o cumprimento de tal manutenção.

Manutenções mais significativas:

Sequenciamento: