

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia de Produção**

**PROPOSTA DE LAYOUT PARA UMA EMPRESA DO RAMO  
ELÉTRICO**

*Felipe Augusto de Canini Giraldele*

**TCC-EP-2016**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

**PROPOSTA DE LAYOUT PARA UMA EMPRESA DO RAMO  
ELÉTRICO**

**Felipe Augusto de Canini Giraldeli**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.  
Orientador (a): Prof<sup>ª</sup>. Franciely Velozo Aragão

**Maringá - Paraná  
2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Anacleto e Cláudia, pela oportunidade de me tornar um profissional melhor, sempre me acolhendo com amor e carinho. Muito obrigado pelas palavras de motivação, pela paciência, pelos conselhos e por todos os sacrifícios que fizeram pra que eu pudesse conquistar a graduação.

Agradeço também a minha irmã, Maria Eduarda, por todos os momentos que compartilhamos juntos, sejam eles bons ou ruins. Sempre estava presente para ajudar um ao outro.

A minha namorada Érika, que sempre esteve do meu lado me ajudando sempre, me aconselhando e acalmando nos momentos mais difíceis. Muito obrigado pela paciência e por tornar os meus dias mais felizes e alegres.

A professora orientadora Franciely, que me orientou da melhor forma possível, sempre tirando todas as minhas dúvidas de forma clara e precisa.

Aos meus amigos, que de alguma forma contribuíram para que eu conseguisse alcançar mais um objetivo na minha vida, pelo companheirismo e momentos inesquecíveis.

Aos meus amigos de classe que me acompanharam durante toda a graduação, compartilhando momentos de amizade, estudos e amadurecimento profissional.

A empresa e meus colegas de trabalho, que me deram a oportunidade de desenvolvimento, crescimento e aprendizado a cada dia.

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi realizar uma proposta de um novo layout para os setores de TB (tensão baixa), TA (tensão alta) e montagem de uma empresa do ramo elétrico, tendo como meta: diminuir as movimentações excessivas entre materiais e pessoas; eliminar o cruzamento do fluxo desses materiais; contribuir com a segurança e a organização dos setores a fim de diminuir o tempo de processamento e conseqüentemente aumentar a produtividade. Para tanto, foram realizadas análises do fluxograma da empresa para o entendimento correto do funcionamento, bem como do seu layout atual e fluxo de materiais dentro deste espaço. Ao utilizarmos o método do diagrama de relacionamentos, identificamos os setores com as relações mais fortes e propusemos o novo layout utilizando o *software AutoCad*. Por fim realizamos um comparativo das distâncias percorridas pelos materiais entre o layout atual e o proposto. Concluímos que a proposta do novo layout contribuirá para que os objetivos de redução de movimentação entre materiais e pessoas, eliminação de cruzamento dos fluxos, sejam alcançados, garantindo uma melhor produtividade além de melhorias na organização e segurança.

**Palavras-chave:** [ Layout; Arranjo Físico; Fluxo de materiais ]

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE QUADROS .....	IX
1. Introdução.....	1
1.1 Justificativa .....	2
1.2 Definição e delimitação do problema .....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo geral .....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1 Arranjo físico .....	5
2.1.1 Objetivos do arranjo físico .....	6
2.2 Tipos de arranjo físico.....	7
2.2.1 Layout por processo ou funcional .....	8
2.2.2 Layout posicional ou fixo .....	10
2.2.3 Layout por produto .....	11
2.2.4 Layout celular .....	13
2.2.5 Layout mistos .....	15
2.3 Escolha do tipo de layout.....	17
2.4 Técnicas e ferramentas para análise de layout .....	18
2.4.1 PERT/CPM ( <i>Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method</i> )	19
2.4.2 Diagramas de processo .....	19
2.4.3 Carta multiprocesso .....	22
2.4.4 Mapofluxograma .....	23
2.4.5 Carta De-Para .....	24
2.4.6 Diagrama de relacionamento .....	25
3. Metodologia.....	27
3.1 Caracterização da pesquisa .....	27
3.2 Coleta de dados .....	27
4. Desenvolvimento .....	29
4.1 Caracterização da empresa.....	29
4.2 Descrição do processo produtivo.....	29
4.2.1 Processo produtivo .....	29
4.3 Layout atual.....	32

4.3.1	Considerações sobre o layout atual .....	35
4.4	Proposta de reestruturação de layout .....	36
4.4.1	Diagrama de relacionamento .....	36
4.4.2	Diagrama de arranjo de atividades .....	37
4.5	Proposta de layout .....	40
4.6	Análise das distâncias entre as atividades.....	43
5.	CONCLUSÃO .....	45
6.	Referências .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posição do processo no contínuo volume .....	7
Figura 2 - Exemplo layout funcional .....	8
Figura 3 - Exemplo layout posicional.....	10
Figura 4 - Exemplo layout por produto .....	12
Figura 5 - Exemplo layout celular .....	14
Figura 6 - Correlação entre tipos de layout e tipos de processos .....	17
Figura 7 - Simbologia para diagrama de processo .....	20
Figura 8 - Fluxograma .....	21
Figura 9 - Carta de processos múltiplos .....	22
Figura 10 - Mapofluxograma.....	24
Figura 11 - Carta De-Para.....	25
Figura 12 - Diagrama de relacionamento .....	26
Figura 13 - Fluxo do processo produtivo.....	31
Figura 14 - Legenda dos fluxos .....	32
Figura 15 - Visão ampla do layout atual.....	33
Figura 16 - Layout atual dos setores TB, TA e montagem.....	34
Figura 17 - Cruzamento de fluxo de materiais .....	35
Figura 18 - Diagrama de arranjo de atividades.....	39
Figura 19 - Visão geral do layout proposto .....	42
Figura 20 - Layout proposto para os setores TB, TA e montagem .....	43

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico.....	15
Tabela 2 - Técnicas e ferramentas utilizadas para projeto de layout.....	18



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diagrama de relacionamento.....	37
Quadro 2 - Análise de distância entre o layout atual e o layout proposto .....	44
Quadro 3 - Comparação da distância total percorrida .....	44

## 1. INTRODUÇÃO

O momento econômico, a alta competitividade e o mercado globalizado, acentuam uma acirrada disputa entre as empresas. Na busca pela sobrevivência neste cenário elas estão visando fidelizar os clientes antigos, mas também atrair novos compradores. Com a concorrência acirrada e a briga por preços acessíveis, as organizações devem oferecer produtos com qualidade associados a um preço justo. Para isso é necessário reduzir os custos de produção, otimizando o processo e eliminando os desperdícios, a fim de aumentar os lucros e a produtividade da empresa.

Neste sentido, a metodologia da manufatura enxuta ou *Lean Manufacturing*, surge como essencial para o sistema produtivo da organização, pois possibilita atender os requisitos de cada cliente de maneira competitiva, reduzindo os pontos desnecessários e principalmente os custos, visando o aumento da flexibilidade da produção e garantindo a qualidade dos produtos. Dentro desse conceito, duas técnicas utilizadas e que serão abordadas neste trabalho, são muito importantes dentro do sistema produtivo, sendo elas, o arranjo físico associado ao balanceamento da produção (SLACK et al. 2009).

Para Tubino (2000) as empresas que não implantarem uma metodologia de melhoria contínua da produtividade não terão espaço no mundo comercial que a cada dia fica mais globalizado. A preocupação com movimentações desnecessárias de materiais, retrocessos excessivos dos mesmos pela produção, e bem-estar do funcionário no seu ambiente de trabalho tornaram-se fundamentais para as empresas modernas.

O layout de um sistema produtivo tem por objetivo a locação física adequada dos recursos transformadores. Podemos afirmar que o arranjo físico exige tempo e comprometimento dos envolvidos, podendo se tornar complexo dependendo das dimensões físicas dos recursos transformadores. Caso o estudo de layout seja errôneo, pode-se estabelecer padrões de fluxos longos e conflitantes, estoque de materiais indesejados, filas de clientes ao longo da operação, tempos de processamento maiores que o desejado, operações inflexíveis e gerar altos custos (SLACK, et al. 2002).

A importância do estudo do problema de layout apresenta dois aspectos: econômico e científico. Na questão econômica, um layout eficiente numa indústria pode obter considerável redução nos custos de produção. A dimensão do investimento em novas áreas produtivas nas indústrias e

outras instituições, incentiva a busca de novas alternativas ao problema. Além disso, uma porcentagem significativa das áreas produtivas construídas é modificada anualmente e requerem um replanejamento. A reorganização do layout precisa ser uma atividade constante em qualquer organização que pretenda ser competitiva e eficiente em sua área de atuação, devido à evolução tecnológica que produz novas máquinas e equipamentos, tornando modelos e métodos obsoletos. (NEUMANN; SCALISE, 2015)

Segundo os autores Neumann e Scalise (2015) o layout de qualquer empresa, quer seja uma indústria ou prestadora de serviços, é o resultado final de análises e proposições que foram levantadas após a tomada de decisões relacionadas a produtos, processos e recursos de produção. Quando uma alternativa de layout é considerada, vem à tona o problema de um completo planejamento para a produção de um novo bem ou serviço. No entanto, tais problemas envolverão cada vez mais situações de revisão do layout de processos já existentes ou alterações de alguns arranjos em alguns equipamentos.

Com base no que foi exposto, este trabalho tem como objetivo propor um novo layout para uma empresa de produtos elétricos, localizada no norte do Paraná, visando melhorar o seu sistema produtivo e todos os elementos que o compõe.

## **1.1 Justificativa**

O arranjo físico de uma instalação produtiva é a combinação dos recursos transformadores, que tem como principal objetivo obter uma interação entre maquinários, mão-de-obra, materiais, estoque, administrativo, áreas de movimentação, além de buscar uma eficiência entre estes recursos para serem utilizados em uma atividade industrial (BORBA, 1998).

A proposta de um novo layout será realizada em uma indústria do ramo elétrico, mais especificamente na linha do principal produto fabricado por ela. A empresa atua neste mercado desde 1962, fabricando estes produtos e distribuindo em todo o território nacional, além de exportar para alguns países localizados na América, África e Oriente Médio.

O motivo pelo qual a empresa deseja realizar uma mudança no layout é solucionar alguns dos problemas que os processos produtivos apresentam atualmente, tais como: espaço físico mal aproveitado que resultam em setores agrupados e sem espaço; desordem no sistema produtivo gerando estoques elevados; maquinário mal alocado podendo causar riscos mecânicos ou de acidentes e movimentações excessivas aumentando o tempo de processamento.

Anteriormente o armazém que está instalada a linha de produção do produto principal era dividido com outra planta fabril de um produto diferente. Com a mudança desta planta fabril para um novo local, surgiu uma nova área, portanto a linha do principal produto herdará essa área, onde poderá aumentar o espaço entre máquinas e linhas de produção visando a melhoria da situação ergonômica e na segurança das atividades. Também será feito balanceamento para determinar a quantidade de maquinário e de pessoas necessárias para atender a demanda no prazo acordado com o cliente.

## **1.2 Definição e delimitação do problema**

Algumas partes do barracão que já vem sendo utilizado por esta linha, não serão mudadas, pois existem instalações que não poderão ser removidas.

Atualmente a empresa apresenta uma movimentação excessiva de materiais e pessoas, má alocação dos setores, fazendo com que não tenha um fluxo contínuo entre os processos, estoques intermediários, atraso da demanda e a falta de organização do fluxo de processo, ocorrendo o cruzamento de fluxo de um processo com outros, dificultando a organização e movimentação no chão de fábrica.

A maior dificuldade enfrentada hoje pela empresa citada no tópico anterior é o mau aproveitamento do espaço físico, no qual não se distingue o local de produção dos demais setores existentes dentro da organização e setores de apoio das operações, tais como estoques intermediários. Outro problema enfrentado pela organização é a falta de organização do fluxo de processo, em que ocorre por muitas vezes o cruzamento de fluxo de um processo com outros, dificultando a organização e movimentação no chão de fábrica. Neste trabalho realizaremos uma proposta de layout para a empresa citada no tópico anterior, tendo como objeto de estudo os seguintes setores produtivos: TA, TB e montagem, abrangendo desde a chegada da matéria prima até o fim do último setor citado a cima.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Propor um novo layout para a principal linha de produtos de uma empresa do setor elétrico localizada no norte do estado do Paraná.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Com o intuito de alcançar o objetivo geral deste trabalho, alguns objetivos específicos devem ser atingidos, tais como:

- Mapear o sistema de produção;
- Analisar o fluxo de produção e materiais;
- Analisar o layout existente;
- Propor um novo layout.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Arranjo físico

Ao se pesquisar sobre arranjo físico, também denominado de layout, na literatura, são encontradas inúmeras definições, mas todas elas buscam relatar sobre o relacionamento de vários fatores que bem organizados e distribuídos originam o ideal.

Segundo Slack et al. (2007), o arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com o posicionamento físico dos recursos de transformação. Para estes autores, o arranjo físico é considerado uma das características mais evidentes de uma operação produtiva porque determina qual será sua “forma” e aparência.

Definir o arranjo físico consiste em decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção, e as escolhas tomadas aqui podem ajudar consideravelmente a comunicação dos planos de produto e das prioridades competitivas de uma organização (BATISTA, 2004).

Para Anton, Eidelwein e Diedrich (2012) o arranjo físico consiste na

[...] disposição de equipamentos de uma instalação em determinada área aliada à figura humana que faz parte do contexto onde ocorrem os processos, visando ao equilíbrio entre movimentação, produção e ambientação, ou à disposição de produtos dentro de um armazém em determinado espaço. O espaço físico planejado anteriormente à concepção da planta da edificação resulta na eficácia do resultado pretendido. O layout está presente em qualquer ambiente, ainda que em desacordo com o ideal, e tem grande foco de aplicação específica nas indústrias, escritórios, lojas, bancos, entre outros. (ANTON, EIDELWEIN, DIEDRICH, 2012, p.131)

Outra definição apresentada para layout foi fornecida por Moura (2008) que o descreveu como um planejamento, no intuito de chegar à eficiência produtiva. Para este autor o layout pode ser definido como planejamento e integração dos meios que concorrem para a produção obter a mais eficiência e econômica inter-relação entre máquinas, mão-de-obra e movimentação de materiais dentro de um espaço disponível.

Pode-se inferir que o layout é de extrema importância, pois a disposição aliada a relação entre as máquinas, mão-de-obra e materiais colaboram para uma melhora na eficiência produtiva. Não só as indústrias fazem uso deste recurso, mas o setor de serviços pode utilizar para aumentar o seu rendimento e qualidade (MOURA, 2008).

### 2.1.1 Objetivos do arranjo físico

O planejamento do arranjo físico engloba as definições de onde e como as unidades produtivas serão alocadas em uma organização. Uma unidade produtiva pode ser tudo que utilize espaço: uma pessoa ou uma equipe, um balcão, uma máquina, uma estação de trabalho, um departamento, uma escada, um depósito e etc. O planejamento do arranjo físico reflete as decisões mais amplas sobre as prioridades competitivas, o processo e a capacidade de uma empresa em arranjos físicos reais de funcionários, equipamentos e espaço. O objetivo é permitir que os funcionários e os equipamentos operem com mais eficácia (BATISTA, 2004).

O layout, de acordo com Vieira (1976), tem por objetivo reduzir custos e obter maior produtividade, basicamente por meio de melhor utilização do espaço disponível; redução da movimentação de materiais, produtos e pessoal; fluxo mais racional evitando paradas no processo de produção; menor tempo de produção (*lead time*) e melhores condições de trabalho.

De acordo com Slack et al. (2007) os objetivos gerais de qualquer arranjo físico são relevantes a todas as operações, bem como:

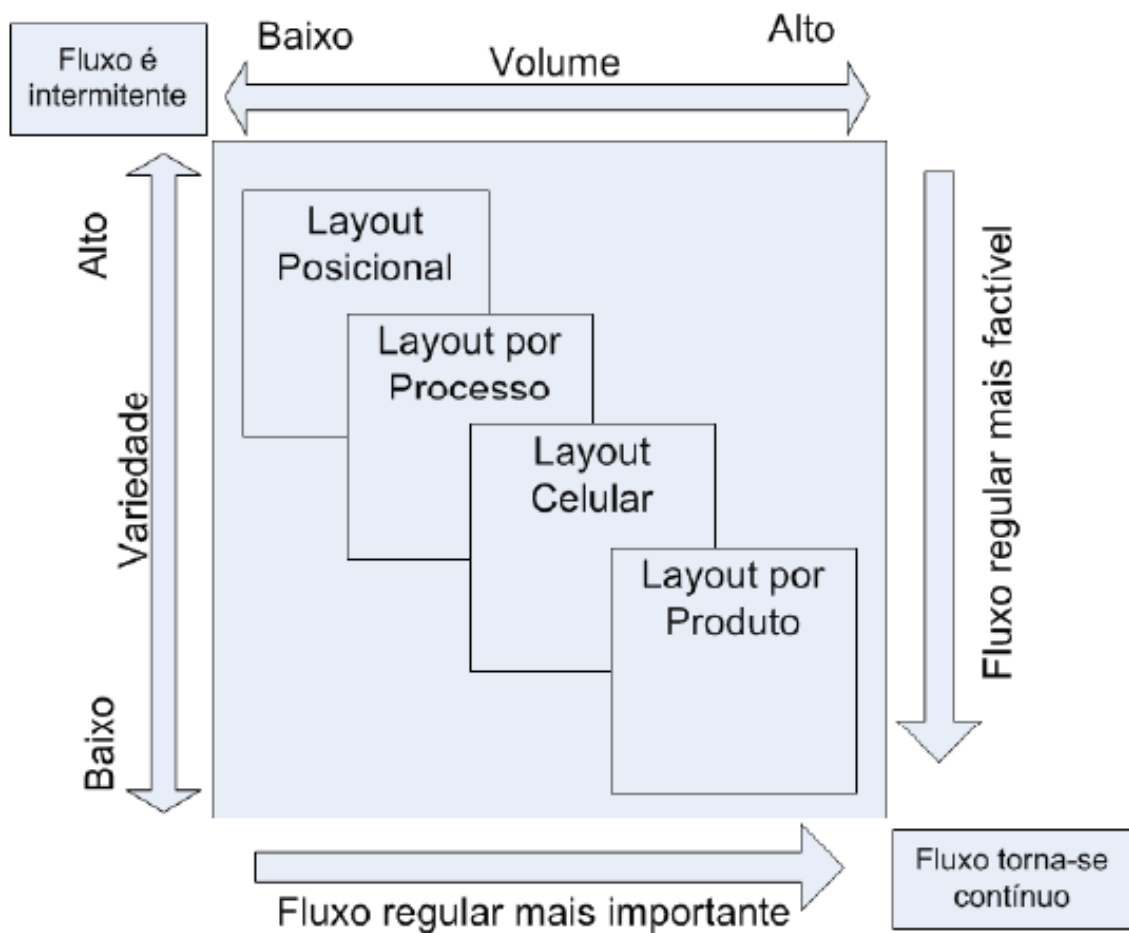
1. Segurança inerente: todos os processos que podem apresentar perigo tanto para mão de obra quanto para clientes, devem ter acesso liberado somente a pessoal autorizado, com livre acesso e devidamente identificado;
2. Extensão do fluxo: o fluxo de materiais, informações ou clientes devem estar apropriados à operação;
3. Clareza de fluxo: todo fluxo de materiais e clientes devem ser sinalizados de forma clara e evidentes para funcionários e clientes;
4. Conforto para os funcionários: os funcionários devem ser localizados longe das partes barulhentas ou desagradáveis da operação;
5. Coordenação gerencial: supervisão e comunicação deve ser facilitada pela localização dos funcionários e dispositivos de comunicação;
6. Acessibilidade: todas as máquinas, instalações e equipamentos devem apresentar um nível de acessibilidade suficiente para limpeza e manutenção adequada;
7. Uso do espaço: todos os arranjos físicos devem permitir uso adequado do espaço disponível da operação;

8. Flexibilidade em longo prazo: os arranjos físicos precisam ser alterados periodicamente. Um bom arranjo físico terá sido concebido com possíveis necessidades futuras da operação em mente.

## 2.2 Tipos de arranjo físico

De acordo com Slack, et al. (2007) a escolha do arranjo físico se envolve entre quatro tipos básicos levando em consideração as características de volume e variedade de uma operação fabris, podendo se reduzir a uma ou duas opções. As faixas de variedade e volume se sobrepõem entre os tipos de layout, portanto a decisão de qual tipo escolher é influenciada pelas vantagens e desvantagens de cada um, de acordo com a figura 1.

Figura 1 - Posição do processo no contínuo volume



Fonte: Slack et al. (2007)

O projeto da disposição física dos recursos produtivos (máquinas, equipamentos, pessoas) numa unidade produtiva requer, a princípio, a definição do tipo de layout adequado às necessidades

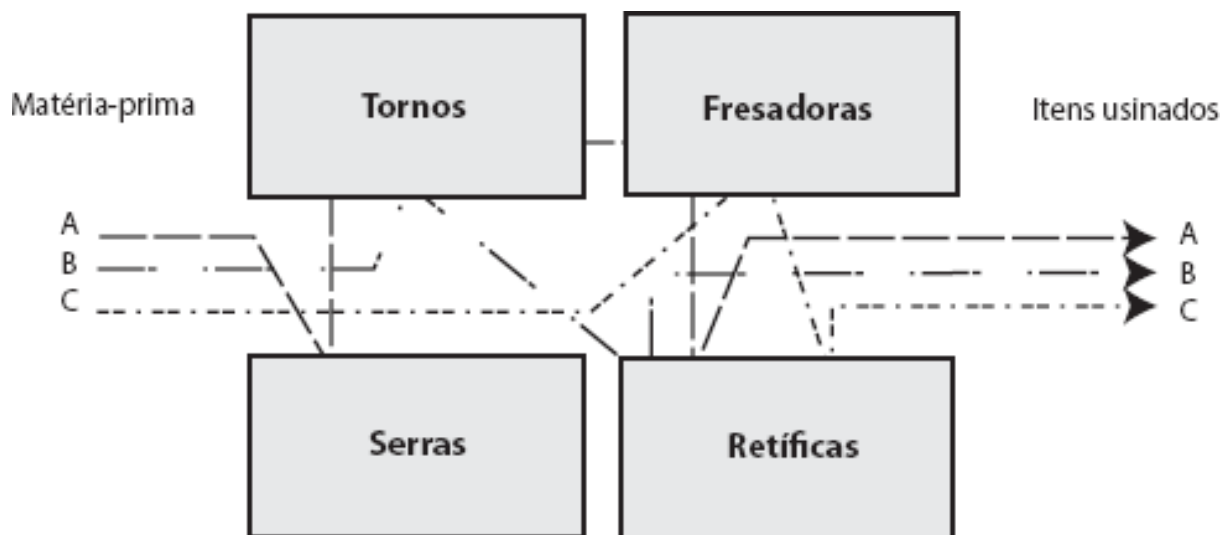


da produção. Os tipos básicos de layout definem o sistema de organização da produção, dependendo da natureza dos produtos e do tipo de operações executadas, e são usualmente classificados em quatro tipos principais, descritos no tópico a seguir. (NEUMANN; SCALISE, 2015)

### 2.2.1 Layout por processo ou funcional

Segundo Neumann e Scalise (2015) no layout por processos, também conhecido por layout funcional, a organização funcional das máquinas em um chão de fábrica agrupa máquinas que desempenham a mesma função. O layout por processos consiste na formação de departamentos ou setores especializados na realização de determinadas tarefas, no qual se agrupam todas as máquinas e operações semelhantes criando seções dedicadas (figura 2). Suas principais características são que as máquinas e equipamentos ficam fixos e o produto se movimenta; máquinas e equipamentos são agrupados por função (montagem, usinagem soldagem etc.) e é adequado em sistemas de produção intermitentes (por lote).

Figura 2 - Exemplo layout funcional



Fonte: Neumann e Scalise (2015)

Este tipo de layout é mais aplicável quando o volume de produção é baixo e existe uma grande diversificação de tipos de produtos. Trata-se do layout mais comumente encontrado nas indústrias. Black (1998) referencia que sua característica principal é a produção de grande variedade de produtos, que resulta em pequenos lotes de produção, muitas vezes de qualidade menor que a esperada. (NEUMANN; SCALISE, 2015).

As características observadas por Moreira (2001) são:

- a) Adequação à produção de uma linha variada de produtos;
- b) Cada produto passa por um setor de trabalho, formando uma rede de fluxos;
- c) As taxas de produção são baixas;
- d) Os equipamentos são flexíveis.

No arranjo por processo o critério de agrupamento dos equipamentos é estabelecido pela similaridade. A preponderância de tal critério deriva da variedade de itens a serem produzidos bem como da incerteza da demanda. Sua principal característica é a flexibilidade e são exemplos clássicos as ferramentarias. No setor de serviços pode ser exemplificado pelas bibliotecas e cozinhas industriais. (CAMAROTTO, 2006)

Ainda segundo Neumann e Scalise (2015), há algumas vantagens para este tipo de layout, tais como:

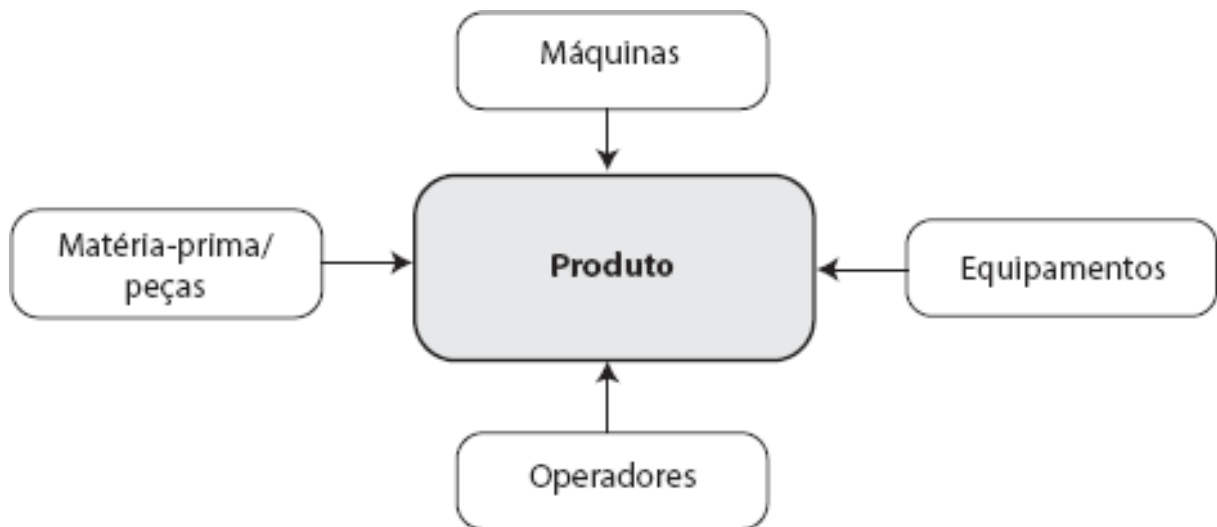
- Ajuste rápido a diferentes mix de produção;
- Alta flexibilidade do mix de processos (estática) pois os equipamentos (máquinas) costumam ser de média flexibilidade;
- Alta flexibilidade do mix de produtos (dinâmica), pois, é adequado para cenários de grande variabilidade de produtos;
- Maior taxa de utilização dos recursos produtivos (equipamentos e operários);
- Mobilidade na programação da produção; especialização dos trabalhadores e supervisores no processo produtivo;
- São mais fáceis manter a continuidade de produção no caso de quebra de máquina, falta de material ou ausência do operador;
- Não requer duplicação de máquinas; baixa ociosidade; baixo investimento;
- Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas;
- Facilita distribuição de carga máquina;
- Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil.

### 2.2.2 Layout posicional ou fixo

Nesse tipo de arranjo quem sofre o processamento fica em um local fixo, enquanto o equipamento, maquinário, instalação e pessoas movem-se na medida do necessário por razões de que o produto seja muito grande, delicado e de baixa mobilidade. (TUCCI, 2006).

A principal característica encontrada por um arranjo físico de posição fixa é a baixa produção. Frequentemente, o que se pretende é trabalhar apenas com uma unidade do produto, com características únicas e baixo grau de padronização: dificilmente um produto será igual ao outro (MOREIRA, 2001).

Figura 3 - Exemplo layout posicional



Fonte: Neumann e Scalise (2015)

De acordo com Camarotto (2006) a característica fundamental do layout posicional é a organização dos fatores de produção em torno do produto (figura 3). Sua concepção remonta ao artesanato. Classicamente está associado às grandes montagens e obras civis de grande porte como a construção de navios e edifícios. Ganha destaque nos tempos atuais na indústria automobilística, onde assume a denominação de montagem em docas.

Algumas vantagens deste tipo de layout são descritas abaixo de acordo com Neumann e Scalise (2015):

- Melhor planejamento e controle do trabalho;
- Alta flexibilidade de mix de produtos e processos;
- Alta variedade de tarefas para a mão de obra;
- Permite enriquecimento de tarefas;

- Favorece trabalho em times;
- Centros de trabalho quase autônomos;
- Pequena movimentação de materiais.

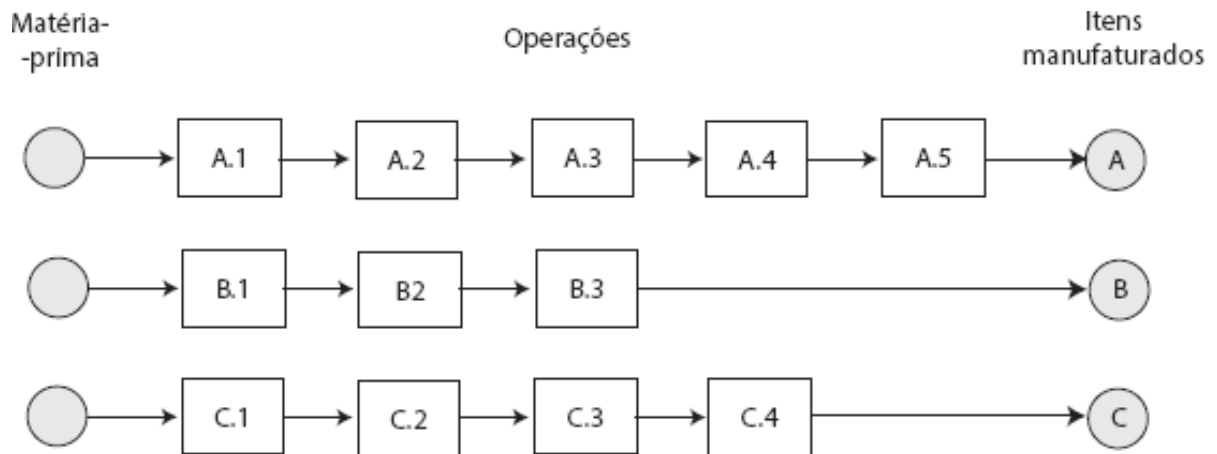
A localização dos recursos não vai ser definida com base no fluxo de recursos transformadores, mas na conveniência destes recursos em si. O objetivo do projeto detalhado de arranjo físico posicional é conceber um arranjo que possibilite aos recursos transformadores maximizarem sua contribuição potencial ao processo de transformação, permitindo-lhe prestar um bom auxílio aos recursos transformadores. (SLACK et al, 2007).

### **2.2.3 Layout por produto**

Segundo Neumann e Scalise (2015) o layout por produto, também descrito como layout em linha, é usado quando um produto ou um conjunto de produtos muito semelhantes são fabricados em grandes volumes. Neste tipo de layout (figura 4) as máquinas ou estações de trabalho são organizadas na forma de linhas de fabricação ou montagem de acordo com as sequências de operações do produto. Portanto orientado para o produto com o especial propósito de agrupar as máquinas em um fluxo linear, conforme figura 4. Assim as máquinas são para uso específico e o processo é em linha, minimizando a utilização de transporte dos produtos por parte dos trabalhadores. Vale ressaltar que não é possível alterar a ordem de fabricação e montagem, aumentando a eficiência e a eficácia dos processos produtivos.

A ideia de Camarotto (2006) leva em consideração que o arranjo por produto os fatores de produção são arranjados segundo a sequência das operações para a execução do produto. Pressupõe a uniformidade dos produtos ou serviços oferecidos. Classicamente está associado a indústria de processo contínuo e a produção em massa.

Figura 4 - Exemplo layout por produto



Fonte: Neumann e Scalise (2015)

Neste tipo de layout o produto é padronizado e a quantidade a ser produzida é alta (ideia de volume), o processo é simples e numa sequência, Moura (2008, v.1, p.114) diz que “[...] o layout por produto é indicado no caso de instalações que produzem pequeno número de itens, em grande quantidade. Exemplos típicos são as indústrias automobilísticas [...]”.

Já Vieira (1976, p.19) concorda com Moura quando diz que esse tipo de layout “[...] é o aplicado em fábricas de montagem. As máquinas são arranjadas de acordo com a sequência de operações a se realizarem. O material move-se, enquanto as máquinas permanecem fixas”. Todo produto deve seguir uma linha linear, ou seja, uma linha reta.

As características fundamentais de um arranjo físico por produto, de acordo com Moreira (2001), são:

- É adequado a produtos com alto grau de padronização, com pouca ou nenhuma diversificação, produzidos em grande quantidade de forma contínua;
- O fluxo de materiais é totalmente previsível, possibilitando o manuseio e transporte automático de material;
- Pode se ajustar as diversas taxas de produção, mas trabalhar com baixas não é conveniente;
- Investimentos em capital são altos, devido à presença de equipamentos especializados e especialmente projetados para grandes volumes de produção;
- Fluxo é suave, simples, lógico e direto;
- Necessário o balanceamento de linha.

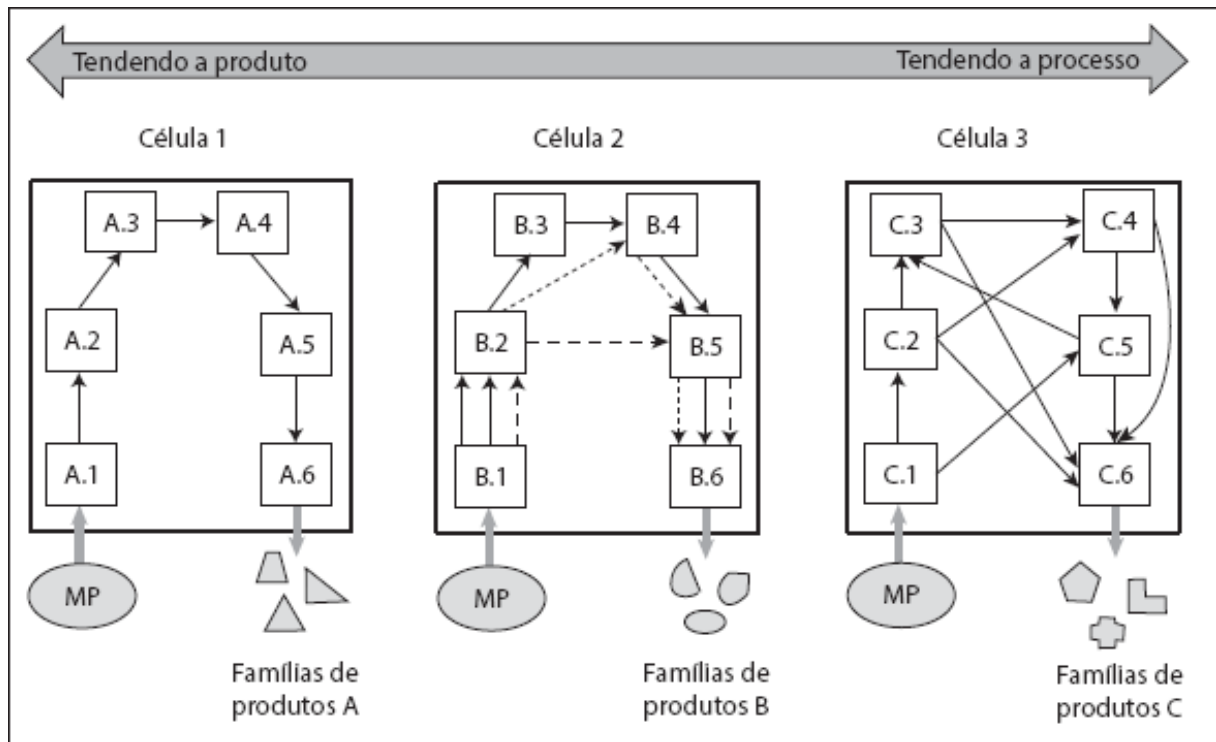
Para Neumann e Scalise (2015), as vantagens para este tipo de layout produtivo, podem ser vistos a seguir:

- Altas taxas de produção;
- Baixos custos unitários para altos volumes de produção;
- Alto grau de automação e baixo nível de perdas com transportes, normalmente automatizadas;
- Menor tempo perdido em setups e transporte de materiais e clientes (tempo de espera);
- Menor quantidade de estoque intermediário;
- Simplificação do controle da produção
- Operações muito simplificadas, que permitem a utilização de mão de obra pouco qualificada;
- Uso efetivo da mão de obra;
- Oferece oportunidade para especialização de equipamento.

#### **2.2.4 Layout celular**

O arranjo físico celular é aquele em que os recursos transformados entrando na operação são pré-selecionados para movimentar-se para uma célula na qual todos os recursos transformadores necessários para satisfazer as suas necessidades se encontram, como pode ser observado na figura 5. (SLACK, et al. 2007)

Figura 5 - Exemplo layout celular



Fonte: Neumann e Scalise (2015)

Para Neumann e Scalise (2015) o layout celular se destaca por ser flexível ao tamanho de lotes por produto, que pode apresentar uma qualidade e produtividade alta. A responsabilidade em cima do produto fabricado é maior do que no layout em linha, fazendo com que a satisfação dos colaboradores aumente. As características principais, são:

- Transporte de materiais e estoques mínimos;
- Tempo de ciclo para o sistema dita a taxa de produção para a célula;
- Os produtos têm roteiros de fabricação variados na célula;
- Máquinas e equipamentos são arranjados na sequência do processo de fabricação de uma família de produtos ou peças;
- Produção em lotes de tamanho médio;
- Projetada geralmente no formato de “U”.

Ainda segundo o autor citado acima, o layout celular apresenta algumas vantagens:

- Boa flexibilidade e integração;
- Baixa ociosidade;
- Maior controle do sistema e confiabilidade de entregas;

- Uso de máquinas pequenas e móveis;
- Redução do *lead time*;
- Fluxo de materiais organizado, contribuindo para a qualidade do produto final;
- Favorece o trabalho em grupo, operador polivalente e visão do produto;
- Aumento da segurança no trabalho.

Já a linha produtiva enxuta, ou célula, é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem sequencial, através da qual as partes são processadas em um fluxo contínuo ou em pequenos lotes (Da; HARRIS, 2002).

### 2.2.5 Layout mistos

Segundo Martins (2005, p.140) “layouts combinados ou também denominados híbridos, ocorrem para que sejam aproveitadas as vantagens do layout funcional e da linha de montagem, em um determinado processo”. Muitas operações ou projetos de arranjo físico mistos, que combinam elementos de alguns ou todos os tipos básicos de layout, ou usam estes arranjos básico na sua forma definida em diferentes partes da operação. (SLACK, et al. 2007)

Em muitos casos práticos, a constante adaptação das empresas as demandas do mercado sejam por mudanças na variedade ou nos volumes de produção, pode constatar que nenhuma das soluções apresentadas anteriormente, atende as suas necessidades. Isso se deve ao fato de cada setor da empresa possuir processos com necessidades distintas entre si. (NEUMANN; SCALISE, 2015).

A tabela 1 mostra as mais significantes vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo físico, que vai além dos custos de se escolher um dos tipos gerando uma visão mais ampla da escolha.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico

<b>Tipos de arranjo físico</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Posicional</b>	Flexibilidade alta de mix e produtos Produto ou cliente não movido ou perturbado	Custos unitários muito altos Programação de espaço ou atividade pode ser complexa



	Alta variedade de tarefas para a mão-de-obra	Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra
<b>Processo</b>	Alta flexibilidade de mix e produto	Baixa utilização de recursos
	Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas	Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes
	Supervisão de equipamento e instalações relativamente fácil	Fluxo complexo, pode ser difícil de controlar
<b>Celular</b>	Pode dar um bom equilíbrio entre custos e flexibilidade para operações com variedade alta	Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual
	Atravessamento rápido	Pode requerer capacidade adicional
	Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação	Pode reduzir níveis de utilização de recursos
<b>Produto</b>	Baixos custos unitários para altos volumes	Pode ter baixa flexibilidade de mix
	Da oportunidade para especialização de equipamento	Não muito robusto contra interrupções
	Movimentação conveniente de clientes e materiais	Trabalho pode ser repetitivo

Fonte: Adaptado Slack et al. (2007)

### 2.3 Escolha do tipo de layout

Para Neumann e Scalise (2015) as decisões fundamentais para a mudança de layout com base no investidor e no planejador da ideia corresponde ao volume de capital a investir, a facilidade de criação de pontos de estoques, o ambiente e atmosfera de trabalho, a facilidade de manutenção dos equipamentos, o grau de flexibilidade necessário, além de conveniência dos clientes e níveis de vendas.

Algumas considerações importantes em uma decisão de layout para implantar em um sistema produtivo são (NEUMANN; SCALISE, 2015):

- Se algumas operações dependerem de pessoal qualificado e outras não, a produtividade operacional pode ser afetada;
- Uma decisão de layout inadequado em relação ao fluxo e transportes de materiais pode provocar dificuldade no manuseio destes acarretando um desperdício de tempo por esperas;
- Alto nível de ruído, altas temperaturas e segurança costumam estar diretamente relacionado ao layout selecionado.

Como foi visto no tópico ‘Tipos de arranjo físico’, estes apresentam sobreposições e não se esclarece qual a melhor escolha a se fazer perante determinada situação. Para tanto, é necessário realizar uma avaliação das relações de compromisso existentes entre as opções de layout para definir aquela que trará o melhor retorno operacional para a empresa, segundo Neumann e Scalise (2015). A figura 6 abaixo apresenta estas sobreposições tanto para processos industriais quanto para serviços.

Figura 6 - Correlação entre tipos de layout e tipos de processos

Tipos de processos de manufatura	Tipos básicos de arranjo físico	Tipos de processos de serviços
Processo por projeto	Arranjo físico posicional	Serviços profissionais
Processo tipo jobbing		
Processo tipo batch	Arranjo físico por processo	Lojas de serviços
Processo em massa	Arranjo físico celular	Serviços de massa
Processo contínuo	Arranjo físico por produto	

Fonte: Adaptado Scalise, Chambers e Johnston (2007)

Após a decisão de qual layout implantar, algumas técnicas e ferramentas se mostram mais indicadas para a implantação de cada layout. Na tabela 2, apresentamos uma relação destas ferramentas com os tipos de arranjo físico.

**Tabela 2 - Técnicas e ferramentas utilizadas para projeto de layout**

<b>Layout</b>	<b>Técnicas</b>
<b>Posicional (fixo)</b>	Análise da alocação dos recursos
	Utiliza o sistema gerencial do PERT/CPM para sequenciar as tarefas ao longo do tempo
<b>Produto (linha)</b>	Procura-se otimizar o tempo dos operadores e das máquinas, fazendo balanceamento de linha
<b>Processos (funcional)</b>	Fluxogramas
	Diagrama de fluxos
	Diagrama de afinidades
	Carta de relacionamentos
<b>Celular</b>	Análise do fluxo de produção
	Tecnologia de grupos
	Balanceamento
	Roteiros de operação padrão (ROP)

Fonte: Adaptado Slack et al. (2002)

#### **2.4 Técnicas e ferramentas para análise de layout**

Como foi mostrado no tópico anterior algumas ferramentas e técnicas são indicadas para determinados tipos de projeto de layout, mas não se faz obrigado daquelas ferramentas. A escolha de qual utilizar depende do tipo de layout pretendido, da quantidade de informações disponíveis e até da preferência do projetista.

#### **2.4.1 PERT/CPM (*Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method*)**

A técnica Pert teve origem no planejamento e controle de grandes programas de defesa da marinha americana e é possível observar grandes resultados desta técnica em ambientes altamente incertos de projetos de defesa e espaciais. Ela reconhece que as durações das atividades e os custos em gerenciamento de projeto não são fixas, esses tempos de atividades são estimados de uma forma otimista, provável e pessimista, usado a teoria da probabilidade. (SLACK et al. 2007)

Para Neumann e Scalise (2015),

PERT/CPM são técnicas de planejamento e controle de grandes projetos em que, a partir do escalonamento das diversas atividades é possível montar gráficos e estudar o planejamento do projeto e, por consequência, as necessidades de recursos e espaços para execução de cada uma dessas atividades. As redes PERT evidenciam relações de precedência entre atividades e permitem calcular o tempo total de duração do projeto, bem como o conjunto de atividades principais e de apoio, pois todas necessitam de atenção especial, caso contrário os atrasos em sua execução e o aumento dos custos impactam no projeto como um todo. (NEUMANN; SCALISE, 2015)

#### **2.4.2 Diagramas de processo**

O fluxograma é um diagrama utilizado para representar, por meio de símbolos gráficos, a sequência de todos os passos seguidos em um processo (figura 7). Quando um processo é descrito em forma de fluxograma fica mais fácil visualizar e entender seu funcionamento. (PEINADO; GRAEML, 2007)

Como diz Neumann e Scalise (2015) os diagramas de processo, também conhecidos como cartas de processo ou folhas de processo, são ferramentas particularmente interessantes para o detalhamento do processo.

O diagrama de processo tem como foco central registrar a sequência de tarefas dos principais elementos de um processo, as relações de tempo entre diferentes partes de um trabalho e registrar o fluxo de materiais, movimento de pessoas ou informações no trabalho.

Figura 7 - Simbologia para diagrama de processo

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Operação		Armazenagem
	Movimento / Transporte		Sentido de fluxo
	Ponto de decisão		Conexão <sup>1</sup>
	Inspeção		Limites (início, pare, fim)
	Documento impresso	<b>1 -</b>	Utilizado quando o fluxograma não cabe em uma única página
	Espera		

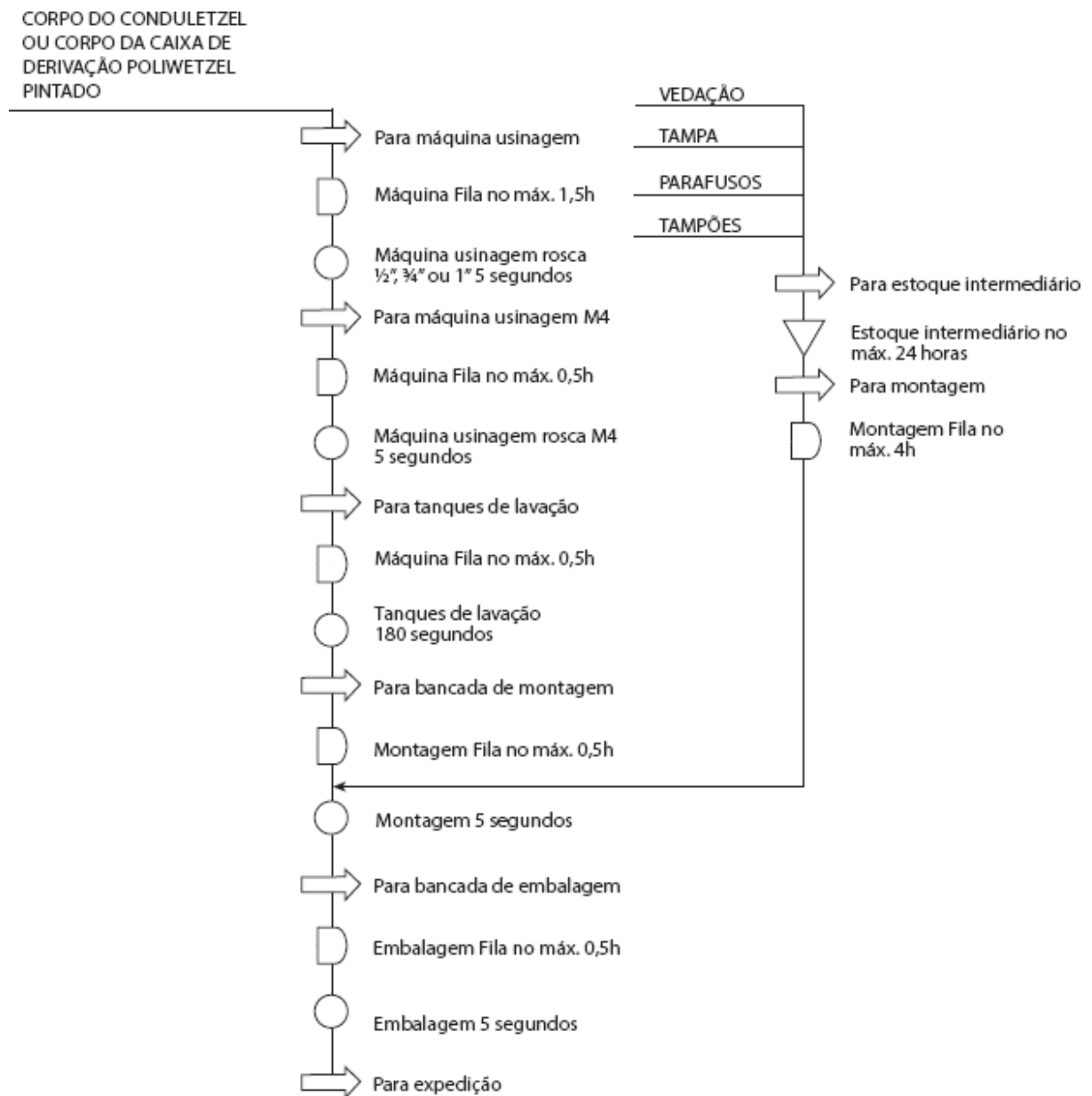
Fonte: Adaptada norma ANSI Y15.3M-1979

Segundo Oliveira (2005), fluxograma é a representação gráfica que apresenta a sequência de um trabalho de forma analítica, caracterizando as operações, os responsáveis e/ou unidades organizacionais envolvidas no processo. Apresenta objetivos principais como:

- A padronização da representação dos métodos e os procedimentos de trabalhos;
- Maior rapidez na descrição dos métodos de trabalho;
- Facilidade na localização e a identificação dos aspectos mais importantes;
- Maior flexibilidade;
- Melhor grau de análise.

Para a elaboração do Diagrama é usado uma simbologia (Figura 8) para cada tipo de operação, não só as que agregam valor, mas as que não agregam e ocupam espaço físico também integram esta ferramenta.

Figura 8 - Fluxograma



Fonte: Neumann e Scalise (2015)

Para Camarotto (2006), os fluxogramas de processo são divididos em cinco tipos básicos:

- Fluxograma singular: Representa a sequência de atividades de processamento de um item que não sofre integrações ou desintegrações de componentes;
- Fluxograma de montagem: Representa o processo de montagem ou desmontagem de um item na qual seus componentes são integrados ou desintegrados;
- Fluxograma de fabricação e montagem (FFM): O esquema mostra a maneira pela qual diversos componentes são processados e reunidos para formar um produto completo

mostrando as sequências das atividades de processamento das partes, a formação de subconjuntos e os pontos de introdução de partes compradas;

- Fluxograma de setores: O modelo fluxograma de setores tem o objetivo de apresentar esquematicamente o fluxo de material, homem ou equipamento através de uma sequência de atividades de produção, mostrando onde é executada cada atividade do processamento;
- Fluxograma cronológico: Fornece a visualização das relações temporais e de ordem cronológica entre as atividades produtivas sobre um fluxo de itens em processamento.

### 2.4.3 Carta multiprocesso

De acordo com Camarotto (2006) este método é usado quando o produto é constituído de várias partes, ou para diversos produtos que possuem partes ou processos comuns entre si. Permite o estudo de problemas com maior número de dados.

A Carta de Processos Múltiplos, como mostra a figura 9, consiste em um quadro em forma de matriz correlacionando o processo com os produtos a serem fabricados. A primeira coluna lista as diferentes operações do processo, e as demais os produtos produzidos por essas operações. Cada processo é indicado em etapas numericamente, respeitando-se a sequência de fabricação. Devido à sua estrutura, a Carta de Processos Múltiplos permite a análise de processos simultâneos, sendo adequada à definição e análise de layouts celulares. (NEUMANN; SCALISE, 2015)

Figura 9 - Carta de processos múltiplos

Operação	Produto A	Produto B	Produto C	Produto D	Produto E
Cortar	①	①	①		①
Centrar	②	②	②	①	
Tornear		③	④	②	
Mandrilar		④	③		
Fresar	③				②
Retificar	④			③	
Tratamento térmico		⑤	⑤	④	③

Fonte: Neumann e Scalise (2015)

Ainda de acordo com esses autores a carta de processos múltiplos auxilia na elaboração do layout, devido a:

- Aglomeração de vários processos em “grupos de trabalho” (sequências preferenciais de processamento);
- Equipamentos com posição prefixada (início ou término de processamento do produto);
- Produtos do mesmo material, de mesmo tempo de operação, de operações semelhantes, máquinas semelhantes, qualidades semelhantes etc."

A leitura da carta é fácil e rápida. O número na célula, resultante do cruzamento da linha do processo com a coluna da peça indica a ordem em que aquela peça deve ser submetida àquele processo. (PEINADO; GRAEML, 2007)

#### **2.4.4 Mapofluxograma**

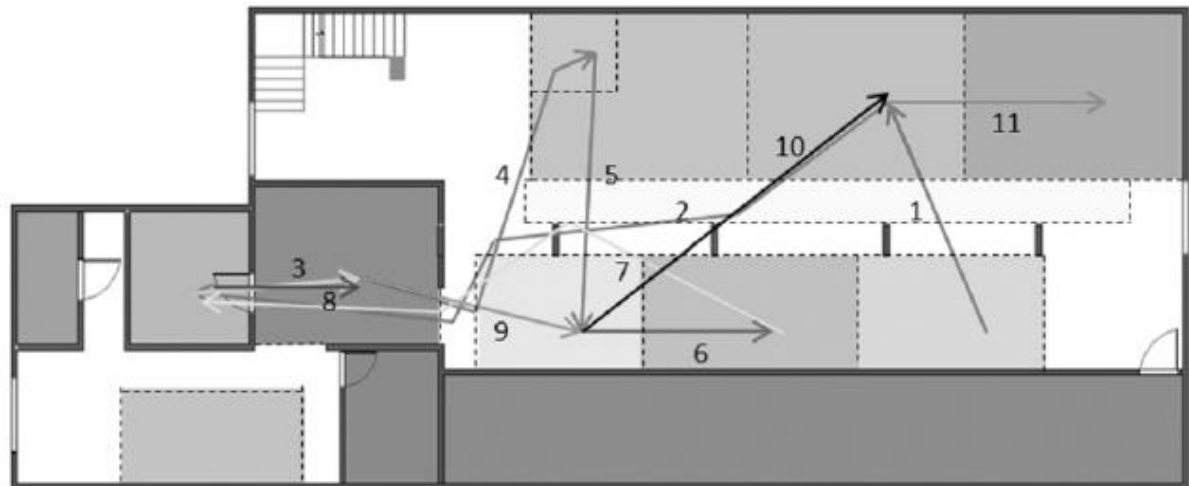
O mapofluxograma representa a movimentação física de um item através dos postos de trabalho dispostos no arranjo físico de uma instalação produtiva, seguindo uma sequência ou rotina fixa. O mapofluxograma permite estudar em conjunto, as condições de movimentação física que segue um determinado processo produtivo, os espaços disponíveis ou necessários e as localizações relativas dos centros de trabalho. (CAMAROTTO, 2006)

Ainda de acordo com o autor Camarotto (2006), o modelo fornece uma visão compacta e global do processo, existente ou proposto, em termos de sua ocupação física na instalação produtiva. É apresentado em duas maneiras básicas, em função da natureza da informação e dos fatores estudados. O mapofluxograma de atividades serve para mostrar os diferentes tipos de atividades ao longo da planta, identificando os locais onde cada tipo é executado. O mapofluxograma de percurso se presta para registrar a sequência das atividades na planta, quando não há necessidade de diferenciar estas atividades. O esquema pode ser desenhado em 2 ou 3 dimensões, sendo que em 2 dimensões a visão é a da planta baixa da instalação em estudo e em 3 dimensões serve para visualizar a trajetória através de diferentes pisos ou andares.

Como pode ser vista na figura 10 abaixo a trajetória ou rota física dos itens, que podem ser produtos, materiais, formulários ou pessoas, é desenhada, por meio de linhas gráficas com indicação de sentido de movimento, sobre a planta baixa em escala da instalação envolvida. Segundo Neumann e Scalise (2015)



Figura 10 - Mapofluxograma



Legenda do percurso		
1. Recepção-Montagem	5. Teste Hidrostático-Limpeza/Decapagem	9. Manutenção-Teste de Estanqueidade
2. Montagem-Sala PQS BC	6. Limpeza/Decapagem-Pintura	10. Teste de Estanqueidade-Montagem
3. Sala PQS BC-Manutenção	7. Pintura-Sala PQS BC	11. Montagem-Expedição
4. Manutenção-Teste Hidrostático	8. Sala PQS BC-Manutenção	

Fonte: Neumann e Scalise (2015)

Ao analisar o mapofluxograma, além da distância total percorrida, também pode se atentar a existência de cruzamentos de fluxos, movimentos de ida e volta excessivas e deslocamentos longos sem fazer nenhuma operação produtiva, isto são indicativos de um layout inadequado.

#### 2.4.5 Carta De-Para

No que diz respeito ao arranjo físico a carta de-para é usada no sentido de indicar as proximidades relativas em função de um critério de eficiência. Os critérios são geralmente minimizar o momento de transporte total, reduzir retornos, minimizar número de viagens e minimizar manuseio de materiais. (CAMAROTTO, 2006).

As cartas são estruturadas em forma de matrizes, em que as linhas possuem os mesmos tópicos das colunas, sendo que o cruzamento de linhas e colunas, o local de registro dos produtos que circulam de um local (“de”) para outro (“para”), conforme a figura 11. Na análise desta ferramenta tem como base o número de produto que passa de um local para outro, definindo a intensidade de fluxo entre as operações, conforme Neumann e Scalise (2015)

Figura 11 - Carta De-Para

De \ Para	1 Cortar	2 Centrar	3 Tornear	4 Mandrilar	5 Fresar	6 Retificar	7 Tratamento térmico
1 Cortar	-	ABC			E		
2 Centrar		-	BD	C	A		
3 Tornear			-	B		D	C
4 Mandrilar			C	-			B
5 Fresar					-	A	E
6 Retificar						-	D
7 Tratamento térmico							-

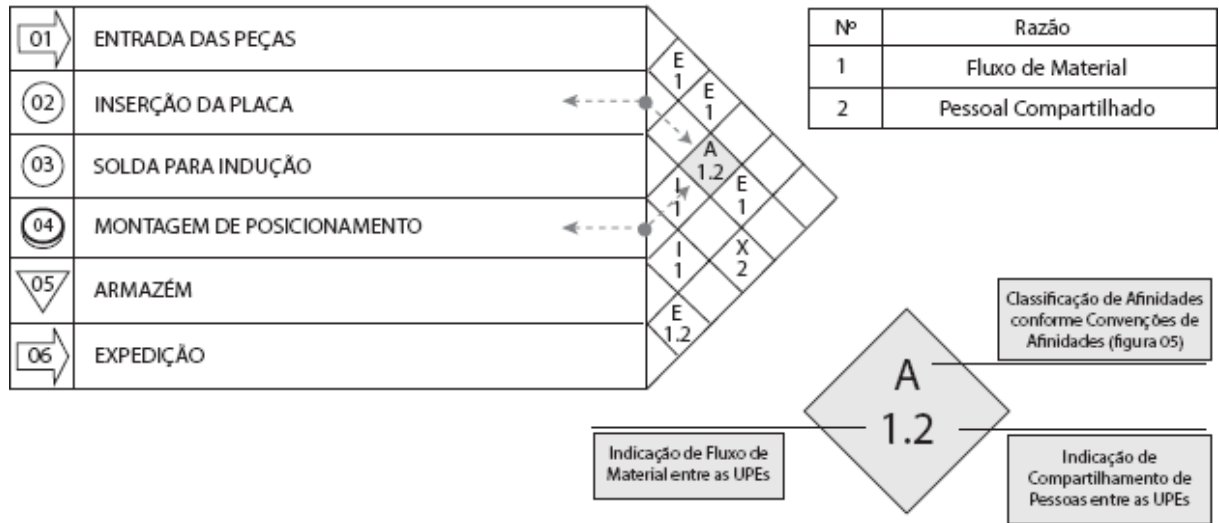
Fonte: Neumann e Scalise (2015)

#### 2.4.6 Diagrama de relacionamento

O diagrama de relacionamento é um método qualitativo para a análise de proximidade entre áreas, setores de produção ou departamentos. Foi desenvolvido em 1961 por Ricard Muther. O diagrama de relacionamento indica ao grau de importância da proximidade entre um par de departamentos. (PEINADO, GRAEML, 2007)

De acordo com Neumann e Scalise (2015) o diagrama de afinidades, como também é conhecido, é estruturado na forma de uma matriz triangular (figura 12). Nas linhas da matriz são listadas as unidades de planejamento de espaço (UPE) no layout. Nas interseções entre linhas na parte triangular da matriz são registradas as afinidades entre as unidades, conforme uma escala de grau de afinidade. Além dos dados de processo, provenientes dos diagramas de processo, também podem ser considerados outros tipos de afinidades, incluindo comunicações, compartilhamento de equipamentos ou de pessoal, entre outros.

Figura 12 - Diagrama de relacionamento



Fonte: Neumann e Scalise (2015)

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

O trabalho propõe a realização de uma pesquisa que pode ser classificada como qualitativa uma vez que busca o entendimento sobre a natureza geral de um determinado assunto abrindo assim espaço para a interpretação. (D'AMBROSIO, 2004).

De modo específico, quanto aos objetivos, a pesquisa a ser realizada é de natureza exploratória, que segundo Gil (2008) permite proporcionar maior familiaridade com o problema, visto que a preocupação central da pesquisa é a identificação dos problemas que acontecem na empresa investigada.

Nesta pesquisa decidimos desenvolver um estudo de caso, através da coleta de dados e observações, pois para entendermos o processo produtivo existente é necessário um aprofundamento na pesquisa dos processos e operações, no desejo de verificar dados como o tempo, os métodos de trabalho, arranjo físico bem como as atividades que não agregam valor ao produto.

Para Barros e Lehfeld (2002), a coleta de dados é imprescindível em qualquer pesquisa científica, pois, observar significa aplicar atentamente os sentidos a um objeto, para dele se adquirir um conhecimento claro e preciso, sendo que a maior vantagem de uso da observação em pesquisas, está relacionada à possibilidade de se obter a informação na ocorrência espontânea do fato.

Apesar da utilização de bases científicas e dados da empresa para a elaboração do novo layout, a proposta do trabalho poderá ou não ser aplicada por alguma inviabilidade, sendo necessária a análise posteriormente do diretor da empresa, assim sendo, os resultados serão explicados descritivamente, sem a aplicabilidade prática do layout proposto.

#### **3.2 Coleta de dados**

A coleta de dados deste trabalho iniciou-se com a realização de uma conversa com o gerente industrial da planta fabril do principal produto da empresa, a fim de levantar informações sobre quantidade de funcionários, tempo de processamento das peças, como ele desejaria o layout, quais os produtos que serão utilizados como base para as linhas e também questões relacionadas ao layout atual da empresa.

Em seguida foram realizadas observações diretas em todos os setores do processo produtivo, afim de conhecer todas as etapas, mas com uma atenção maior nos setores TB (tensão baixa), TA (tensão alta) e montagem, onde será aplicado o trabalho, a fim de definir todos os maquinários e matérias primas utilizadas nos setores citados acima, e também suas funcionalidades e especificações.

O próximo passo foi coletar informações dos produtos com maior demanda, através de consulta das ordens de fabricação durante o período de um ano, que servirá como base para o layout das três linhas dedicadas. Através do PCP (planejamento e controle da produção) foram obtidos dados como informações técnicas do processo produtivo, informação de fabricação e tempo de fabricação com a ajuda do sistema de gerenciamento empresarial da empresa.

Para coletar as dimensões da edificação, máquinas e equipamentos, foi utilizada a trena de 10m e trena a laser de 100m, instrumento próprio para realizar este tipo de coleta de dados além de medições contidas nos arquivos da planta fabril da empresa.

Com os dados e medições necessários em mãos, foi elaborado um projeto do arranjo físico atual, representando como estão dispostos os setores dentro do arranjo físico atual, para isso foi utilizado o *Software AutoCad*. Este se fez importante no trabalho, pois permitiu a visualização de como se encontram dispostos os recursos da empresa.

Para analisar o processo produtivo da organização, foram realizados estudos diários na empresa, por meio de observações indiretas do processo e discussão com o gerente industrial e seus colaboradores, com intuito de observar e questionar como ocorre o processo de produção da empresa.

Com posse dos dados levantados acima, foi elaborado um fluxograma por meio do *Software Microsoft Visio*, como ferramenta de representação gráfica, para a melhor compreensão do fluxo de processo da empresa. E utilizado a ferramenta diagrama de relacionamento, onde mostra a importância da relação entre cada setor produtivo.

Posteriormente com posse de todos os dados, como, dimensões do espaço físico da empresa e máquinas, fluxo da produção e o diagrama de relacionamento do processo bem definidos, foi elaborado uma proposta de um novo layout produtivo.

Por fim, foi realizado uma análise da distância das atividades do layout atual com o layout proposto, foi tomado como base o centro de cada setor ao centro da próxima etapa, utilizando a metragem da planta baixa gerado pelo *Software AutoCad*.

## **4. DESENVOLVIMENTO**

### **4.1 Caracterização da empresa**

A empresa do presente estudo, denominada neste trabalho como empresa X afim de preservar a imagem da mesma, atua a mais de 50 anos no mercado de produtos elétricos e está localizada no estado do Paraná.

É uma das maiores fabricantes de produtos elétricos do Brasil. Atuando neste mercado desde 1962. A empresa oferece uma vasta linha de produtos para distribuição de energia elétrica e é considerada uma das maiores fabricantes de produtos elétricos do Brasil.

### **4.2 Descrição do processo produtivo**

O conhecimento do processo produtivo é fundamental para a elaboração de um projeto de arranjo físico. A seguir, será descrito o processo produtivo da empresa, objeto de estudo deste trabalho.

#### **4.2.1 Processo produtivo**

O processo começa com a chegada de matéria prima vinda de terceiros para o setor de usinagem, onde é feito o corte, dobra e solda desta matéria prima e incorporado alguns acessórios feitos deste mesmo material, seguindo em linha contínua para o setor de tingimento.

No setor de tingimento o processo continua em linha contínua conforme a seguir, primeiramente é feito a limpeza desta peça e posteriormente ela recebe a primeira camada de tinta base e passa por uma estufa. Após a secagem da primeira camada é realizada a pintura com a cor final da peça, passando novamente por uma outra estufa, logo após a secagem na segunda estufa, são feitas as marcações com tinta preta das especificações do produto. Por último a peça é deixada em espera para posteriormente fazer a incorporação da outra parte que compõe o produto final.

Simultaneamente ao processo de usinagem é dado início no setor de TB (tensão baixa) que é composto por várias máquinas que realizam a mesma função. A matéria prima deste processo chega e é distribuída para as máquinas, que realiza o seu trabalho, dando origem a peça de TB. Posteriormente colocado em espera para ser enviado ao setor de TA (tensão alta).

No setor TA, também composto por máquinas iguais, chega outro tipo de matéria prima, diferente das outras que se junta com a peça de TB já pronta, que é destinada as máquinas, onde

esses dois itens são manufaturados, dando origem a peça de TA. Finalmente a peça fabricada fica em espera para ser enviada ao setor de montagem.

Quando chega ao setor de montagem, a peça de TA que está com a peça de TB incorporada, recebe uma nova matéria prima específica deste setor, onde é feita a junção da peça de TA com esta matéria prima. Posteriormente são feitas as conexões, passando pela solda e finalmente as colocando em estufas para a secagem. Estas etapas são feitas em linha contínua que dão origem a peça montada.

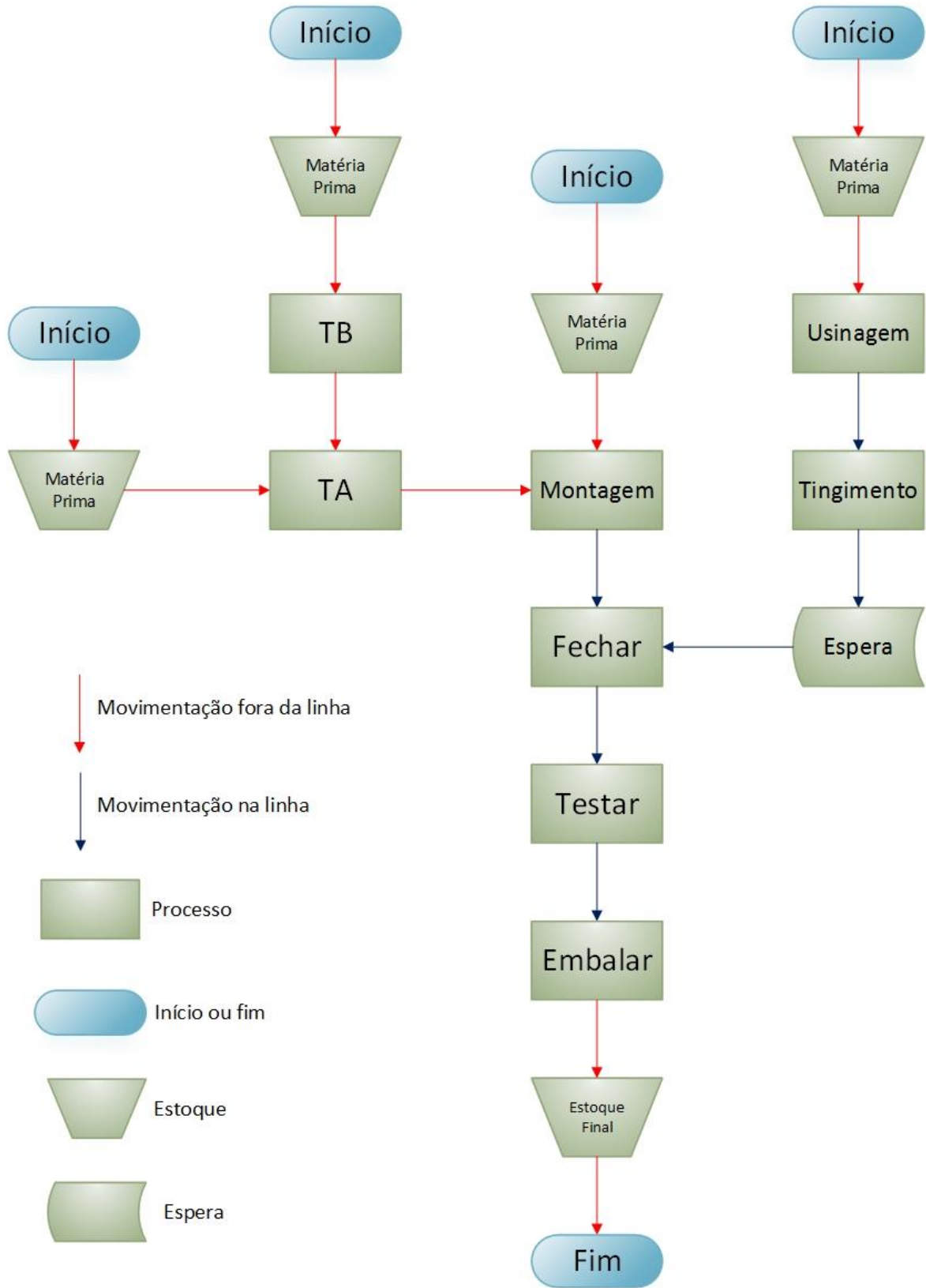
O próximo setor é o de fechamento, que consiste na incorporação da peça que está em espera no setor de tingimento com a peça montada retirada das estufas, dando origem ao produto final. Posteriormente é enviada para o setor de teste.

No próximo setor que é o de teste, são realizados testes afim de identificar se o produto está apto para realizar todas as funções para o qual ele foi projetado. Realizados todos os testes, o produto final é enviado para o setor de embalagem.

No último setor do processo produtivo, basicamente o produto recebe a sua embalagem e então é feita a sua expedição para o consumidor final.

A figura 13 realizada no *Software Microsoft Visio*, representa o fluxograma da empresa descrito acima.

Figura 13 - Fluxo do processo produtivo



Fonte: AUTOR



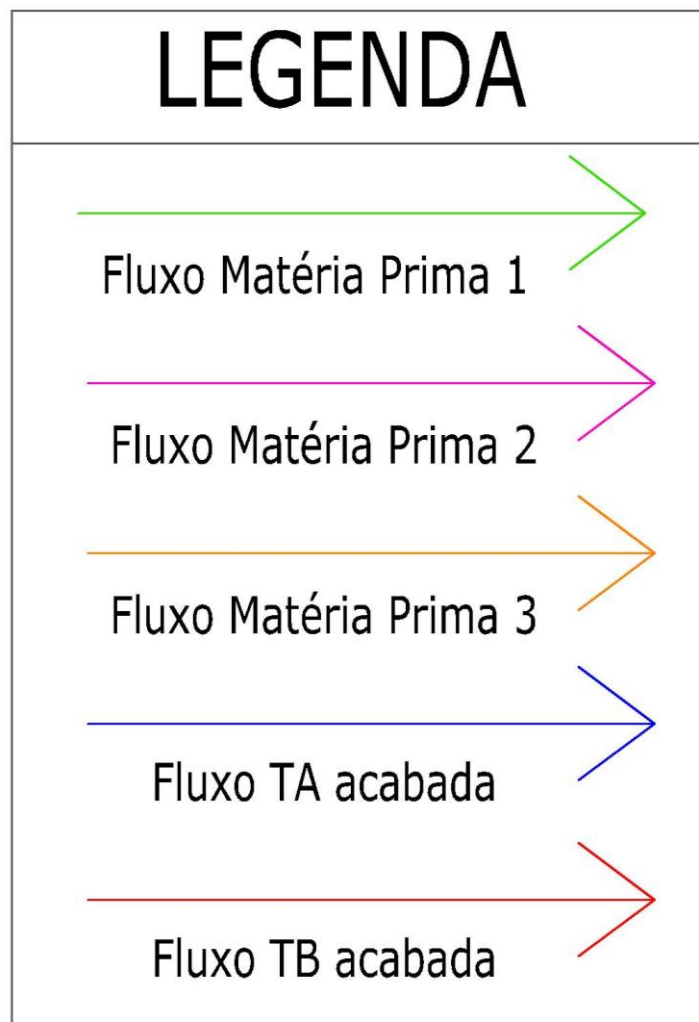
### 4.3 Layout atual

Após ter conhecimento do fluxo do processo, será apresentado o layout atual da empresa de produtos elétricos, mais especificamente a parte final, pois os setores de usinagem e tingimento não serão afetados com a mudança do layout. Para elaborar o arranjo físico foram feitas medições e observações diretas, a fim de ter conhecimento de como os recursos transformadores estão dispostos.

Com a utilização do *software AutoCad* e os dados coletados, podemos representar graficamente como estão dispostos os recursos da empresa no layout atual, como mostra a figura 15.

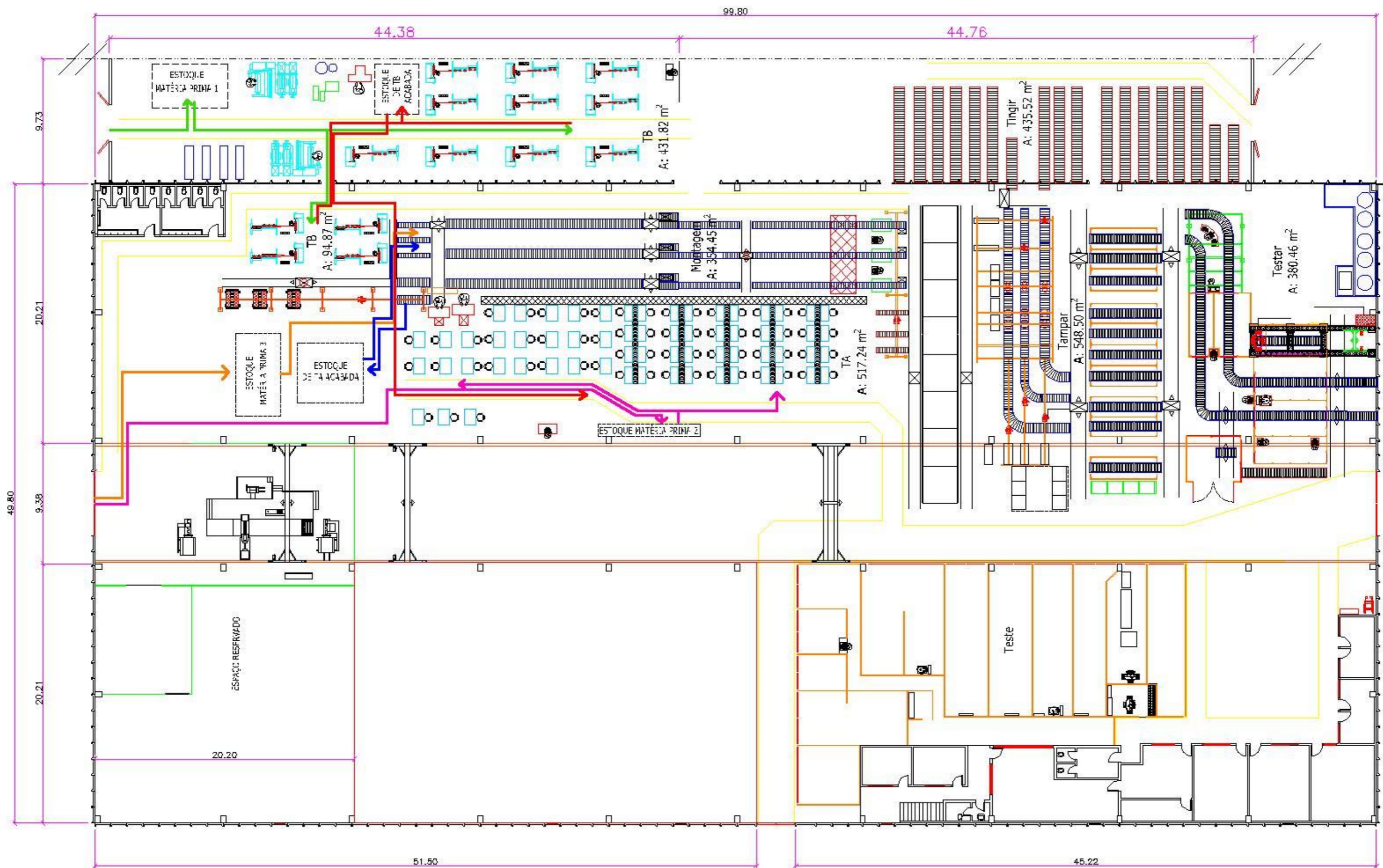
A figura 14 identifica qual fluxo representa cada cor, tanto no layout atual como no proposto, representados pelas figuras 15, 16, 17, 19 e 20.

Figura 14 - Legenda dos fluxos



Fonte: AUTOR

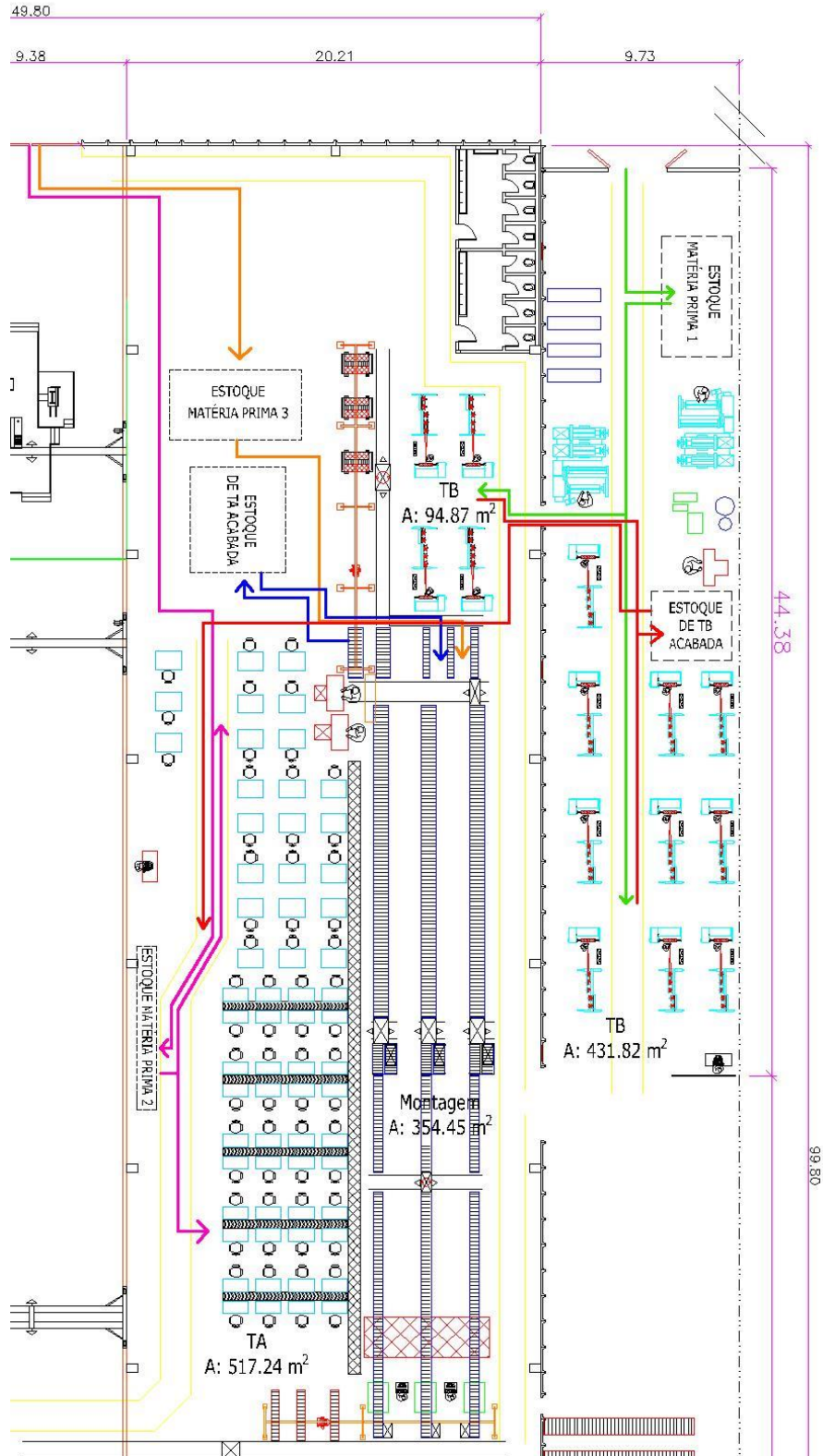
Figura 15 - Visão ampla do layout atual



Fonte: AUTOR

A figura 16 mostra o layout aproximado dos setores objetos de estudo deste trabalho, TB, TA e montagem.

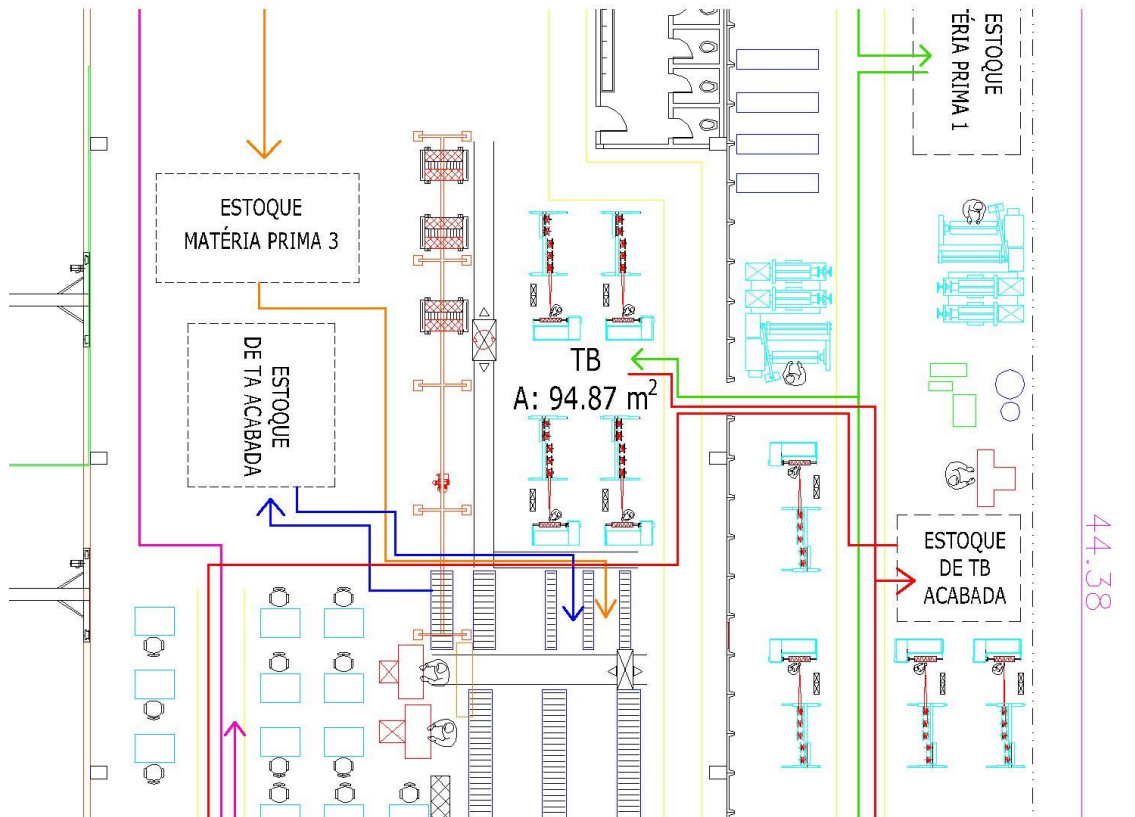
Figura 16 - Layout atual dos setores TB, TA e montagem



Fonte: AUTOR

Um dos pontos mais críticos em relação ao cruzamento de fluxo de materiais está representada abaixo pela figura 17.

Figura 17 - Cruzamento de fluxo de materiais



Fonte: AUTOR

#### 4.3.1 Considerações sobre o layout atual

Com a análise da figura 15, podemos observar que o arranjo físico atual apresenta um fluxo desordenado entre os setores de TB, TA e montagem que são os objetos de estudo deste trabalho. A abertura na parede para a passagem do setor de TB para o restante da fábrica é pequena, pois além de ter o tráfego de peças prontas de TB para o setor de TA, existe o fluxo de matéria-prima 1 e o fluxo de pessoas, portanto existe uma grande movimentação em um pequeno espaço.

Algumas máquinas de TB estão localizadas separadas das outras máquinas, o que ocasiona o aumento do fluxo da matéria-prima, e o cruzamento do fluxo de peças de TB prontas para o estoque com o de materiais, conforme figura 17.

Outro ponto de melhoria, é que no início do setor de montagem o fluxo de matéria prima 3 cruza com o fluxo de peças de TB para o setor de TA e com o fluxo de peças de TA prontas para o setor de montagem, gerando uma grande movimentação em um pequeno espaço e conseqüentemente pode ocorrer estresse nos funcionários e acidentes de trabalho.

O espaço onde é armazenada a matéria prima 2, fica distante da entrada da mesma, tendo que atravessar um grande espaço para ser armazenada, além de voltar para abastecer as máquinas do início do setor de TA.

Outro destaque, é que os setores fornecedores e clientes uns dos outros, estão com a disposição errada, fazendo com que o caminho que o produto percorre para chegar ao destino é longo e com cruzamentos que podem gerar algum conflito, como perda de tempo acarretando em uma baixa produtividade, como ilustra a figura 16.

Pode se destacar como um ponto falho, o cruzamento de materiais com as demarcações de fluxo de pessoas, podendo gerar acidentes.

O presente layout já se apresenta balanceado, pois não há máquinas e mão de obra ociosas e nem supercarregadas, assim o número de máquinas que se apresentam no layout é o correto para o atendimento da demanda atual da empresa, não se fazendo necessário um novo estudo de balanceamento.

#### **4.4 Proposta de reestruturação de layout**

Na elaboração da proposta de reestruturação do arranjo físico, além de considerar o fluxo de operação da empresa e respeitar as dimensões das máquinas, equipamentos e delimitações de estoques, é essencial definir uma relação de proximidade dos setores em que o processo ocorre. Portanto a frase ‘cada setor é fornecedor e cliente de outro setor dentro da empresa’ se faz verdade.

Para elaborar e definir uma relação de proximidade entre os setores da empresa, utilizou-se o seguinte método: Diagrama de relacionamento. Na continuidade deste trabalho será apresentada a aplicação prática deste método.

##### **4.4.1 Diagrama de relacionamento**

Com os dados obtidos através do fluxograma apresentado na Figura 13, foi possível realizar o diagrama de relacionamento de atividades, onde foi definido quais operações necessitam de

proximidades e quais não necessitam, sendo utilizado para isso algumas siglas que definem o grau de proximidade requerido, conforme é apresentado abaixo:

- A – Muito importante;
- E – Importante;
- I – Normal;
- O – Desejável;
- U – Sem importância;
- X – Indesejável.

Quadro 1 - Diagrama de relacionamento

Diagrama de Relacionamento		Usinagem	Tingimento	TB	TA	Montagem	Fechar	Testar	Embalar
Nº	Processo	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Usinagem	X	A	U	U	U	O	O	U
2	Tingimento		X	U	U	U	A	U	I
3	TB			X	A	E	U	O	U
4	TA				X	A	U	O	U
5	Montagem					X	A	O	U
6	Fechar						X	A	U
7	Testar							X	A
8	Embalar								X

Fonte: AUTOR

Os cruzamentos dos setores que apresentarem a letra A, faz com que eles tenham uma relação de extrema importância, pois estão diretamente ligados em todos os pontos, como, decisões de fabricação e retrabalho. Os cruzamentos assinalados com a letra E tem um grau de importância um pouco menos que a anterior, mas estes setores também são importantes um para o outro. Como explicado na legenda acima cada letra representa o grau de importância que cada setor tem com o outro, estabelecendo uma relação entre eles.

#### 4.4.2 Diagrama de arranjo de atividades

Após realizar o diagrama de relacionamentos e com os dados obtidos na tabela 3, foi realizado o diagrama de arranjo de atividades, onde é demonstrado graficamente a relação existente entre as atividades, utilizando para isso linhas de ligação que representam o grau de proximidade requeridas entre as atividades.

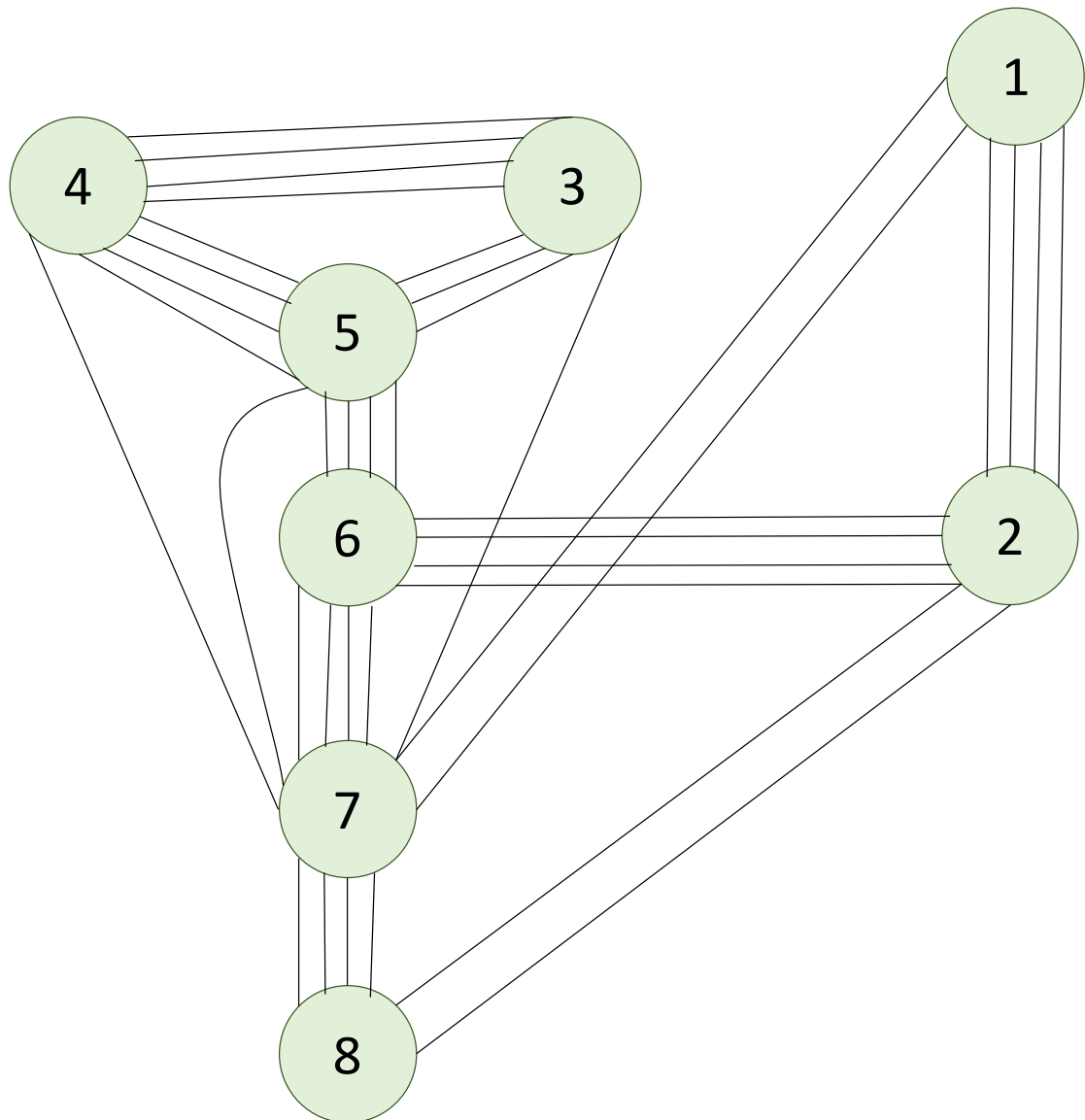
As atividades com maiores números de ligações são as que devem ficar próximas na elaboração do layout. O valor das linhas de ligações foi realizado utilizando o grau de proximidade definido na tabela 3, e então para a elaboração deste diagrama são atrelados valores de linhas de ligações conforme o grau de proximidade, conforme é mostrado a seguir:

- A – Valor 4, representa 4 linhas de ligação;
- E – Valor 3, representa 3 linhas de ligação;
- I – Valor 2, representa 2 linhas de ligação;
- O – Valor 1, representa 1 linha de ligação;
- U – Valor 0, sem linha de ligação;
- X – Valor -1, sem linha de ligação.

A seguir na Figura 18, será demonstrado graficamente a relação existente entre as atividades, onde cada número representa uma atividade, conforme é apresentado abaixo:

1. Usinagem;
2. Tingimento;
3. TB;
4. TA;
5. Montagem;
6. Fechar;
7. Testar;
8. Embalar.

Figura 18 - Diagrama de arranjo de atividades



Fonte: AUTOR

O projeto de um novo layout resultou em uma alteração no posicionamento dos setores, pois o setor de número 3 ficou mais próximo do setor 4, com quem tem forte ligação e são setores fornecedores e clientes. A sequência de operações para a produção de uma parte do produto, como descrito no fluxograma, parte do setor 3 passando pelo 4 e terminando esta parte no setor 5, portanto a nova disposição dos setores se apresenta com os setores 3, 4 e 5 em sequência, com uma distância curta entre eles.



#### 4.5 Proposta de layout

Após a elaboração do diagrama de relações de espaço apresentado na Figura 18, identificou-se quais processos devem permanecer próximos uns dos outros. O próximo passo é direcionar e instalar estes processos, dentro do espaço físico disponível na empresa em estudo, e para isso foi realizado uma planta layout, utilizando o *software AutoCad*. Para a realização desta planta layout utilizou-se as mesmas medidas do espaço do barracão, que foram coletadas para a realização da planta do layout atual.

O tipo de layout adotado para a elaboração da proposta, levando em consideração o tipo de processo de manufatura e o tipo de processo de serviço que a empresa opera, foi o layout por produto, ou também descrito como layout em linha. Portanto as suas operações seguem um fluxo linear, passando por todas as etapas em sequência, não sendo possível alterar esta ordem. Nos setores TB e TA mesmo não estando em linha, são as máquinas agrupadas que realizam a mesma função.

Na elaboração da proposta os setores de tingimento, fechar e testar não foram afetados, pois não se faz necessário no momento, tendo em vista que estes setores já estão próximos uns dos outros e os fluxos entre eles estão bem definidos não tendo cruzamentos e o espaço físico destes setores está atendendo as necessidades. Portanto o foco do trabalho são os setores de TB, TA e montagem.

Os espaços de escritório e banheiros como podem ser vistos nas plantas, não sofreram mudanças, pois são áreas de difíceis mudanças. As áreas de teste identificadas se mantiveram no mesmo lugar devido a instalação e os equipamentos utilizados para esta tarefa serem de uma complexidade alta, seria inviável obter uma mudança neste local. Já a área identificada como reservada, faz parte de outro local da empresa e não tem relação alguma com o layout e também por decisão da empresa não poderá deslocar esta área.

O setor de TB, que antes tinha algumas máquinas dentro do mesmo espaço físico que o setor de montagem, mas longe da maioria das máquinas e a chegada do estoque de matéria prima que ficam fora deste espaço, gerando uma grande movimentação. A proposta do novo layout, apresentou o setor de TB dentro do mesmo espaço físico com todas as máquinas agrupadas e maior espaço entre elas. A chegada da matéria prima deste setor agora é feita pelo lado onde o setor foi instalado.

No novo layout o setor de TA recebeu algumas mudanças, como a disposição das suas máquinas, aumentando o espaço entre elas e melhorando o abastecimento de matéria prima que

agora pode ser feito por carrinhos em trilhos. O estoque de peça de TA pronta não sofreu grandes mudanças, mas foi realocado para não ter o seu fluxo cruzando com outros.

Outra área modificada, foi o setor de montagem, onde as linhas foram espaçadas para melhor convivência dos operadores que trabalham no decorrer delas. Já o estoque de matéria prima do setor de montagem, sofreu a mudança de lugar, ficando mais próximo para abastecer as linhas e sem o cruzamento com outros fluxos.

Os cruzamentos de fluxos que eram constantes no setor de montagem e TA, com a proposta do novo layout não se tem mais cruzamento, gerando mais rapidez no processo, conseqüentemente aumentando a produtividade e diminuindo custo.

Pode-se ainda falar que com a proposta do layout, entre os setores de TB, TA, montagem, Tampar e Testar não há barreiras físicas, como paredes, por exemplo, facilitando a comunicação entre os setores e rapidez na resolução de problemas que possam vir a ocorrer.

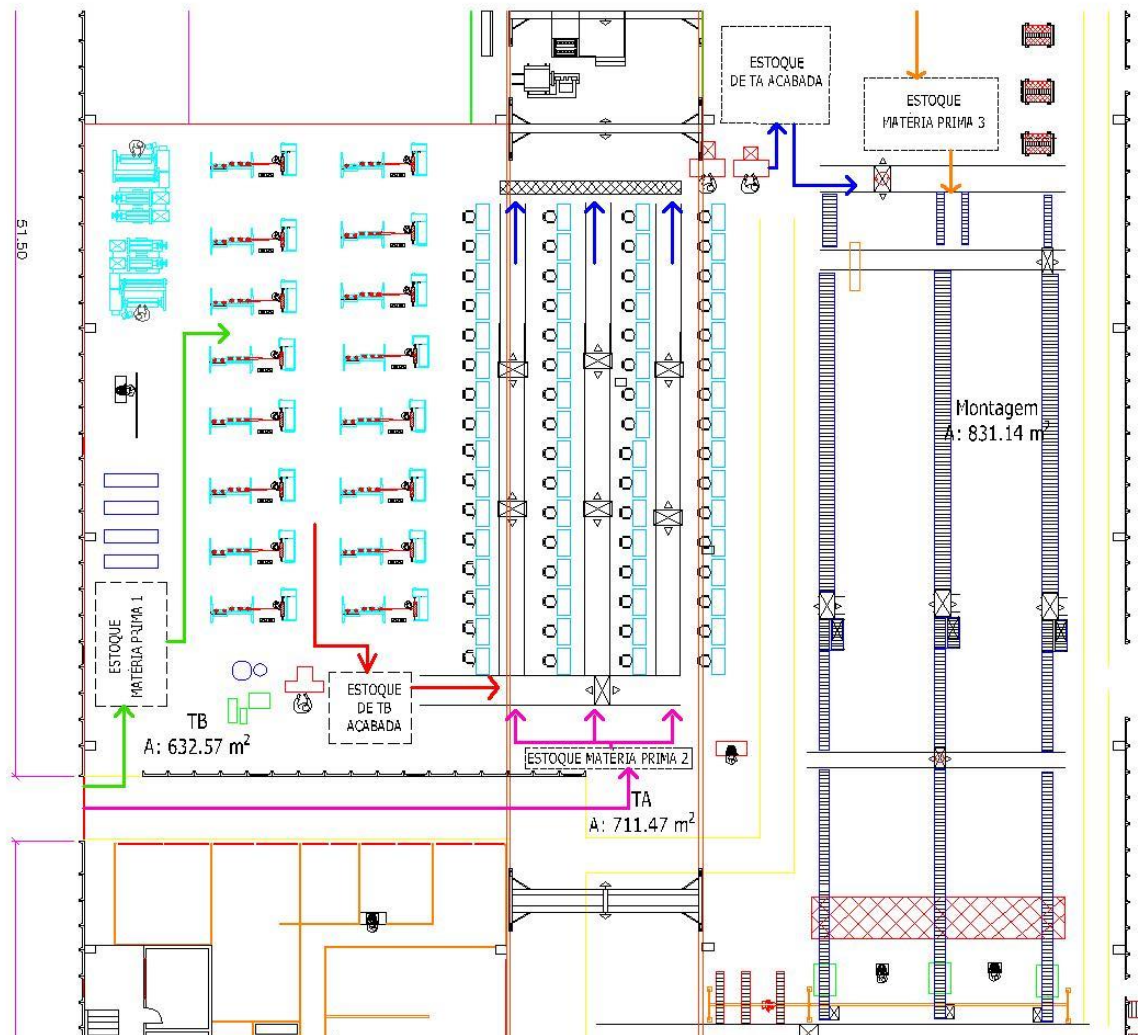
A empresa teve um ganho com esta proposta de um espaço físico que antes era ocupado pelo setor de TB, podendo futuramente expandir a sua produção ou também outros setores da empresa que não estão representados no layout.

Como foi descrito no tópico do layout atual, a proposta de um novo layout não precisou ser balanceada, pois o número de máquinas representadas é o correto para atendimento da demanda atual da empresa.

A seguir, figura 19, é mostrado a proposta do novo layout já com as modificações para os setores de TB, TA e montagem, podendo ser facilmente percebido o que foi descrito acima.



Figura 20 - Layout proposto para os setores TB, TA e montagem



Fonte: AUTOR

#### 4.6 Análise das distâncias entre as atividades

Foi realizada uma análise das distâncias percorridas em metros entre uma atividade e outra, onde utilizou-se dos projetos do layout atual e da proposta de layout realizados no *software AutoCad* para medir as distâncias. As distâncias foram medidas utilizando como base o centro de uma atividade produtiva até o centro de outra atividade, como exemplo a medida do centro das máquinas de TB, até o centro do estoque de TB acabadas e assim por diante.

Estas medições servirão de método comparativo, para definir se a proposta de layout é melhor comparada ao layout atual, em quesitos de redução de deslocamento de materiais dentro da produção.

No quadro 2, são apresentadas as distâncias percorridas durante as atividades no novo layout e no layout proposto.

Quadro 2 - Análise de distância entre o layout atual e o layout proposto

Ligação entre os processos	Distância percorrida em metros (m)	
	Layout Atual	Layout Proposto
Matéria prima 1 para TB	39,5	26,7
Peça TB para estoque de TB acabada	25,3	24,6
Estoque de TB acabada para TA	54,8	17,4
Matéria prima 2 para TA	21,3	11,4
Peça TA para estoque de TA acabada	2,6	1,6
Estoque de TA acabada para montagem	6,5	6,1
Matéria prima 3 para montagem	28,1	12,3

Fonte: AUTOR

Após coletados os dados das distâncias percorridas no arranjo físico atual e no proposto, foram analisadas as distâncias totais percorridas nas duas situações somente entre os setores estudados TB, TA e montagem, conforme mostra a quadro 3, a seguir.

Quadro 3 - Comparação da distância total percorrida

	Distância percorrida em metros (m)
Layout atual	178,1
Layout proposto	100,1

Fonte: AUTOR

Houve uma diferença significativa das distâncias percorridas entre o layout atual e o layout proposto. As conclusões relativas a estes dados serão avaliadas no próximo tópico.

## 5. CONCLUSÃO

O estudo de caso elaborado teve como objetivo propor um projeto de layout dos setores de TB, TA e montagem de uma empresa do ramo elétrico, visando eliminar características que não agregam valor ao produto e melhorar o fluxo de materiais dentro da empresa.

Após uma comparação do projeto do arranjo físico atual da empresa com o novo projeto proposto, é de fácil observação que as melhorias que a proposta apresenta terão grandes resultados. Primeiramente, com o acesso apropriado para as matérias primas de cada setor, os espaços dos setores delimitados e os equipamentos alocados adequadamente, resultarão em um melhor fluxo interno, que é um dos principais processos que não agregam valor ao produto.

O layout proposto apresenta uma solução viável para o fluxo cruzado de matéria prima dos setores e produtos acabados para o próximo setor que dependa desse produto, como por exemplo, a peça de TB acabada para o setor de TA e assim por diante, que é considerado um dos maiores problemas do layout atual e a distância entre os setores gerando movimentações excessivas.

Após análise das distâncias percorridas no layout atual e no layout proposto, podemos concluir que obterá uma redução de aproximadamente 43% na distância total percorrida na comparação entre os dois layouts. Com a aproximação dos processos produtivos de relacionamento forte, o operador terá um ganho significativo em sua eficiência, pois terá que se deslocar uma distância menor e assim diminuirá o tempo de fabricação, o que contribuirá com o aumento da produção e a redução de custos. Desta forma a ordem dos setores segue a ordem de agregação de valor produtivo, evitando que um processo atrapalhe o outro.

Uma proposta de um novo layout envolve diversos fatores que influenciam nos seus aspectos, tornando uma tarefa muito difícil. Dificilmente um projeto não sofrerá alterações durante sua implantação, por isso o mesmo deve ser estudado e ter um ótimo conhecimento de todo o processo.

Conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados e a proposta de layout apresentada é um projeto viável, pois os problemas que a empresa vem apresentando e foram mencionados no início deste trabalho, como movimentação excessiva de materiais, sequenciamento do fluxo de operações desordenadas, má utilização do espaço físico, foram corrigidos e melhorados.

Outros aspectos importantes para trabalhos futuros que possam ser realizados, assim como um programa de 5S efetivo, um projeto de iluminação e climatização e facilidade de acesso às

ferramentas e materiais, visando aperfeiçoar o sistema de produção e trazer muitos outros benefícios para a empresa.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANTON, C.I.; EIDELWEIN, H.; DIEDRICH, H. **Proposta de melhoria no layout da produção de uma empresa do vale do Taquari**. Revista Destaques Acadêmicos, vol. 4, n. 1, 2012.
- BARROS, Adil J. P. LEHFELD, Neide A. S. **Projeto de pesquisa**. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.
- BATISTA, G. **Apostila de administração da produção**. Baseada nas obras: Moreira, Daniel. Administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira, 1999. Slack, Nigel. Administração da produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002. Ritzman, Larry. Administração da produção e operações. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.
- BORBA, M. **Arranjo Físico**. Santa Catarina: Ufsc, 1998.
- CAMAROTTO, J. A. **Projeto de Unidades Produtivas**. Apostila. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2006.
- D'AMBROSIO, U. Prefácio. In: BORBA, M de C., ARAUJO, J de L. (Org). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004. P.11-23.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- MARTINS, P. G; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed., rev. aum. e atual. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2001. 619 p.
- MOURA, R. A. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. 6. Ed.rev. São Paulo: Instituto IMAM, 2008. v.1.
- NEUMANN, C; SCALISE R. K. **Projeto de fábrica e layout**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas, Organização e Métodos**. São Paulo: Atlas, 2005.
- PEINADO, J; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007. 750 p.
- ROTHER, M; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo**. Lean Institute Brasil, São Paulo, 2002.
- SLACK N., CHAMBERS, S; HARRISON A., **Administração da Produção**. Editora Atlas, Segunda edição, 2002.



SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. Tradução: Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. Revisão Técnica: Henrique Luiz Corrêa. São Paulo: Atlas, 2007. 747 p.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R., **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle de Produção**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

TUCCI, A. de M. **Estudo de melhoria das condições de trabalho e layout na indústria de artefatos de vidros**. 2006. 181 f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

VIEIRA, A. C. G. **Manuais CNI: Layout**. Rio de Janeiro: Apex, 1976.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**