

INSTITUTO FEDERAL

Minas Gerais

Campus Avançado Arcos

Lucas de Souza Lemos

Estudo da influência da alteração do Arranjo Físico em uma fábrica de Polietileno Expandido

Arcos - MG

2021

Lucas de Souza Lemos

Estudo da influência da alteração do Arranjo Físico em uma fábrica de Polietileno Expandido

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do tí-
tulo de Bacharel em Engenharia Mecânica
pelo Instituto Federal de Minas Gerais.

Instituto Federal de Minas Gerais

Campus Avançado Arcos

Graduação em Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Maurício Lourenço Jorge

Arcos - MG

2021

Lemos, Lucas de Souza

L557e

Estudo da influência da alteração do arranjo físico em uma fábrica de polietileno expandido [manuscrito]. / Lucas de Souza Lemos. - 2021.

47 f. : il.

Orientadores: Prof. Maurício Lourenço Jorge.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*.

1. Instalações industriais – Layout. – Monografia. 2. Engenharia industrial. – Monografia. 3. Termoplástico. – Monografia. 4. Controle de processo. – Monografia. I. Jorge, Maurício Lourenço. II. Instituto Federal de Minas Gerais, *Campus Arcos*, Bacharelado em Engenharia Mecânica. III. Título.

CDU 658.5 11.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Avançado Arcos
Diretoria de Ensino
Docentes Área Técnica
Av. Juscelino Kubitschek, 485 - Bairro Brasília - CEP 35588000 - Arcos - MG
3733515173 - www.ifmg.edu.br

Ata de Defesa de TCC do aluno Lucas de Souza Lemos, ocorrida em 22/11/2021

Aos vinte e dois dias do mês de novembro de dois mil e vinte e um, às vinte horas, se reuniu virtualmente a banca composta por Prof. Maurício Lourenço Jorge (orientador, IFMG - *Campus* Avançado Arcos), Prof. Rodrigo Herman da Silva (IFMG *Campus* Bambuí) e Fernando Aparecido da Silva de Oliveira (supervisor de manufatura da Denso do Brasil, fábrica Santa Bárbara D'Oeste), para avaliar o trabalho intitulado "Estudo da Influência do Arranjo Físico em uma Fábrica de Polietileno Expandido", apresentado pelo aluno Lucas de Souza Lemos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Mecânico. Após apresentação e arguição, emitiu-se o parecer "aprovado", sendo a verificação das modificações sugeridas de responsabilidade do orientador. Para fins de registro na disciplina Trabalho Acadêmico Integrador X, a banca avaliadora emite, em consenso, o conceito final 80. Nada mais havendo a tratar, a defesa foi encerrada às vinte e uma horas e quinze minutos e eu, Maurício Lourenço Jorge, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os avaliadores.

Arcos, 23 de novembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Lourenco Jorge, Professor**, em 23/11/2021, às 13:04, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Herman da Silva, Presidente do Colegiado**, em 25/11/2021, às 08:43, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Aparecido da Silva de Oliveira, Usuário Externo**, em 26/11/2021, às 10:12, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1016177** e o código CRC **747364BE**.

Resumo

A otimização do arranjo físico de uma empresa é capaz de trazer grandes benefícios por meio da redução de movimentos desnecessários e situações inseguras na linha de produção, propiciando melhor aproveitamento do tempo disponível. No presente trabalho, foi analisada uma empresa fabricante de Polietileno Expandido (EPE), visando otimização do arranjo físico, uma vez que a rápida expansão da empresa ocasionou a adoção de fluxos inadequados dos processos. Assim, foram analisados a disposição das operações, equipamentos e postos de trabalho, bem como os tempos de movimentação do funcionário A (responsável pelo trânsito do material até o almoxarifado) e do funcionário B (responsável pelo trânsito do material até a operação de colaminação), que são as maiores perdas geradas pela necessidade de repouso do EPE. O objetivo foi encontrar alternativas de arranjo físico que permitissem reduzir a movimentação excessiva entre as operações e os estoques intermediários. Dessa forma, foram utilizadas ferramentas de gestão de produção para mensurar os tempos de movimentação e propor 3 alternativas para adequação do arranjo físico, comparando os ganhos obtidos em cada uma. Pela implantação da solução escolhida, estimou-se redução de 43,36 h para 15,2 h horas para o funcionário A (redução aproximada de 65 % no tempo gasto) e 107,28 h para 95 h para o funcionário B (redução aproximada de 13 % no tempo gasto), permitindo à empresa melhor utilização de seus recursos, com impactos positivos em seus resultados operacionais, uma vez que a implantação da solução proposta demanda baixo investimento visto que não será necessário nenhum equipamento novo.

Palavras-chaves: EPE. arranjo físico. linha de produção.

Abstract

The optimization of a company's physical arrangement is capable of bringing great benefits through the reduction of unnecessary movements and unsafe situations in the production line, providing better use of available time. In the present work, a company that manufactures Expanded Polyethylene (EPE) was analyzed, aiming at optimizing the physical arrangement, since the company's rapid expansion led to the adoption of inappropriate process flows. Thus, the layout of operations, equipment and workstations were analyzed, as well as the movement times of employee A (responsible for the transit of material to the warehouse) and employee B (responsible for the transit of material to the collating operation) , which are the biggest losses generated by the EPE's need for rest. The objective was to find physical arrangement alternatives that would reduce excessive movement between operations and intermediate stocks. Thus, production management tools were used to measure movement times and propose 3 alternatives for adapting the physical arrangement, comparing the gains obtained in each one. By implementing the chosen solution, a reduction of 43.36 *h* to 15.2 *h* hours was estimated for employee A (approximate reduction of 65 % in time spent) and 107.28 *h* to 95 *h* for employee B (approximate reduction of 13 % in time spent), allowing the company to better use its resources, with positive impacts on its operating results, once the implementation of the proposed solution requires low investment as no new equipment will be needed.

Key-words: EPE. physical arrangement. production line.

Lista de ilustrações

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Espumas de EPE | 10 |
| Figura 2 – Cadeia representativa de um polímero | 12 |
| Figura 3 – Rede de Proteção de Frutas | 13 |
| Figura 4 – Calço de EPE de Proteção | 13 |
| Figura 5 – Fluxograma para fabricação de produtos de EPE | 14 |
| Figura 6 – Pilares da Sustentabilidade | 16 |
| Figura 7 – Representação esquemática de uma Extrusora de Grãos | 17 |
| Figura 8 – Extrusora de Mantas | 17 |
| Figura 9 – Colaminadora | 18 |
| Figura 10 – Bobinas do Estoque | 19 |
| Figura 11 – Processo de Colaminação | 19 |
| Figura 12 – Prensa Hidráulica | 20 |
| Figura 13 – Arranjo em linha | 23 |
| Figura 14 – Arranjo por processo | 24 |
| Figura 15 – Arranjo em célula | 24 |
| Figura 16 – Ferramentas da Produção Enxuta | 25 |
| Figura 17 – Conceitos do 5S | 26 |
| Figura 18 – Exemplo de cartão Kanban | 27 |
| Figura 19 – Exemplo de um diagrama de espaguete | 28 |
| Figura 20 – Layout Inicial | 30 |
| Figura 21 – Diagrama de Espaguete para materiais no <i>layout</i> atual | 34 |
| Figura 22 – Diagrama de Espaguete para funcionários no <i>layout</i> atual | 35 |
| Figura 23 – <i>Layout</i> Proposto - 1 | 37 |
| Figura 24 – Diagrama de Espaguete - 1 | 38 |
| Figura 25 – <i>Layout</i> Proposto - 2 | 39 |
| Figura 26 – Diagrama de Espaguete - 2 | 40 |
| Figura 27 – <i>Layout</i> Proposto - 3 | 41 |
| Figura 28 – Diagrama de Espaguete - 3 | 41 |

Lista de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Funcionário A - <i>Layout</i> Atual | 35 |
| Tabela 2 – Funcionário B - <i>Layout</i> Atual | 36 |
| Tabela 3 – Funcionário A - <i>Layout</i> Proposto 1 | 38 |
| Tabela 4 – Funcionário B - <i>Layout</i> Proposto 1 | 39 |
| Tabela 5 – Funcionário A - <i>Layout</i> Proposto 2 | 40 |
| Tabela 6 – Funcionário A - <i>Layout</i> Proposto 3 | 42 |
| Tabela 7 – Funcionário B - <i>Layout</i> Proposto 3 | 42 |
| Tabela 8 – Comparativo - Funcionário A | 43 |
| Tabela 9 – Comparativo - Funcionário B | 43 |
| Tabela 10 – Prioridades | 43 |

Sumário

| | | |
|----------|----------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | Justificativa | 11 |
| 1.2 | Objetivo Geral | 11 |
| 1.3 | Objetivos Específicos | 11 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 12 |
| 2.1 | Polietileno Expandido | 12 |
| 2.2 | Processos de Fabricação | 14 |
| 2.2.1 | Reciclagem | 15 |
| 2.2.2 | Extrusão | 16 |
| 2.2.3 | Colaminação ou Laminação | 17 |
| 2.2.4 | Prensagem | 20 |
| 2.2.5 | Estoque Intermediário | 21 |
| 2.2.6 | Montagem | 21 |
| 2.3 | Linhas e Sistemas de Produção | 22 |
| 2.3.1 | Taylorismo, Fordismo e Toyotismo | 22 |
| 2.3.2 | <i>Lean Manufacturing</i> | 25 |
| 2.3.2.1 | MFV | 25 |
| 2.3.2.2 | 5S | 26 |
| 2.3.2.3 | <i>Kanban</i> | 27 |
| 2.4 | Diagrama de Espaguete | 27 |
| 3 | METODOLOGIA | 29 |
| 3.1 | Arranjo Físico Inicial | 29 |
| 3.2 | Análise Exploratória | 30 |
| 3.3 | Estimativa de Consumo e Produção | 32 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 34 |
| 4.1 | Cenário Atual | 34 |
| 4.1.1 | Arranjo Físico Atual | 35 |
| 4.2 | Layout proposto - 1 | 37 |
| 4.3 | Layout proposto - 2 | 39 |
| 4.4 | Layout proposto - 3 | 40 |
| 4.4.1 | Comparativo | 42 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 45 |

REFERÊNCIAS 46

1 Introdução

Atualmente a busca pela redução de custos de produção tem sido muito importante para as empresas, tentando reduzir ao máximo os desperdícios. Segundo [Sordi \(2016\)](#), desperdícios são todos os recursos que foram consumidos de forma ineficiente e ineficaz, desde materiais, produtos defeituosos ou atividades desnecessárias.

Dessa forma, um planejamento adequado de toda empresa se faz necessário. Segundo [Ferreira \(2005\)](#), o diferencial para o sucesso de um negócio está em saber planejar para disputar o mercado e ser capaz de manter-se nele, aumentando a riqueza da empresa.

Uma das formas de reduzir as atividades desnecessárias consiste em uma alteração do arranjo físico ou *layout* da fábrica, permitindo redução de tempos e movimentos, contribuindo para redução dos custos de produção. [Mendonça \(2017\)](#) afirma que uma análise do arranjo físico pode ser considerada como o estudo da posição de cada elemento da fábrica, de forma a causar alterações que possam impactar diretamente nos custos e tempos de produção.

O presente trabalho relata uma análise em uma indústria de Polietileno Expandido (EPE), muito utilizado na fabricação de embalagens e calços, mostrado na Figura 1, onde foi feito um estudo dos principais processos de produção, seus tempos e métodos, a fim de encontrar os impactos causados pela alteração do *layout*. No arranjo físico atual existem situações de fluxo cruzado de matéria prima e produtos em processo, que contribuem para movimentação excessiva, desperdício de tempo, dificuldade de gestão visual e geram condições inseguras. Também foram utilizadas ferramentas de análise, como o Diagrama de Espaguete, para auxiliar na análise de movimentação dos funcionários.

Figura 1 – Espumas de EPE



Fonte: Próprio Autor, 2021.

1.1 Justificativa

Com o constante crescimento da demanda por bens de consumo, as empresas precisam ser capazes de acompanhar essa evolução, caso não queiram perder espaço. Graças à competitividade do mercado, então para permitir o crescimento são necessárias formas alternativas para reduzir os custos e garantir os lucros.

É possível buscar o preço mais baixo da matéria prima ou até mesmo os custos com mão de obra, como fazem muitas empresas. Além disso, outra opção para redução dos custos operacionais consiste na alteração de *layout*, o que muitas vezes pode ser obtido com pouco ou nenhum investimento, reposicionando equipamentos, bancadas ou áreas de armazenamento.

Assim, a empresa analisada busca otimizar o seu *Layout* a fim de garantir o seu lugar no mercado e também conquistar novos espaços. Trata-se de uma empresa fabricante de EPE, localizada na região Sudeste do Brasil, que tem buscado a melhor forma de organização dos equipamentos, visando redução dos custos de produção. Assim, justifica-se a realização de um estudo que permita verificar a influência proporcionada pela otimização do layout, por meio da análise comparativa entre o arranjo físico atual e as propostas desenvolvidas, por meio de ferramentas e indicadores adequados.

1.2 Objetivo Geral

Analisar e mensurar os benefícios e impactos proporcionados pela otimização de *layout* em uma empresa de EPE.

1.3 Objetivos Específicos

- Mapear o processo de produção do EPE na empresa estudada;
- Realizar um estudo de tempos e métodos das principais atividades;
- Elaborar propostas de otimização de *layout* utilizando ferramentas de gestão e organização do fluxo de produção;
- Mensurar ganhos e impactos das modificações propostas.

2 Revisão Bibliográfica

Nesta seção, serão abordados os principais conceitos sobre EPE e seu processo produtivo, assim como fundamentos básicos sobre sistemas produtivos.

2.1 Polietileno Expandido

De acordo com [Batista \(2013\)](#), a palavra polímero pode ser entendida como uma grande repetição de unidades unidas por meio de ligações químicas para formação de alguma estrutura maior. Assim, Segundo [Junior \(2002\)](#), um polímero é uma macromolécula composta por milhares de unidades repetidas, meros, agrupadas por ligação covalente. A Figura 2 representa uma molécula de polímero, considerando que cada anel fosse um mero.

Figura 2 – Cadeia representativa de um polímero



Fonte: [Manrich \(2005\)](#)

Segundo [Batista \(2013\)](#), a grande diversidade dos materiais poliméricos se deve às diversas combinações possíveis entre diferentes cadeias poliméricas. O polietileno (PE), assim como o polietileno expandido (EPE), são polímeros termoplásticos, definidos [Batista \(2013\)](#) como aqueles que podem ser fundidos e resfriados sem perder suas propriedades básicas.

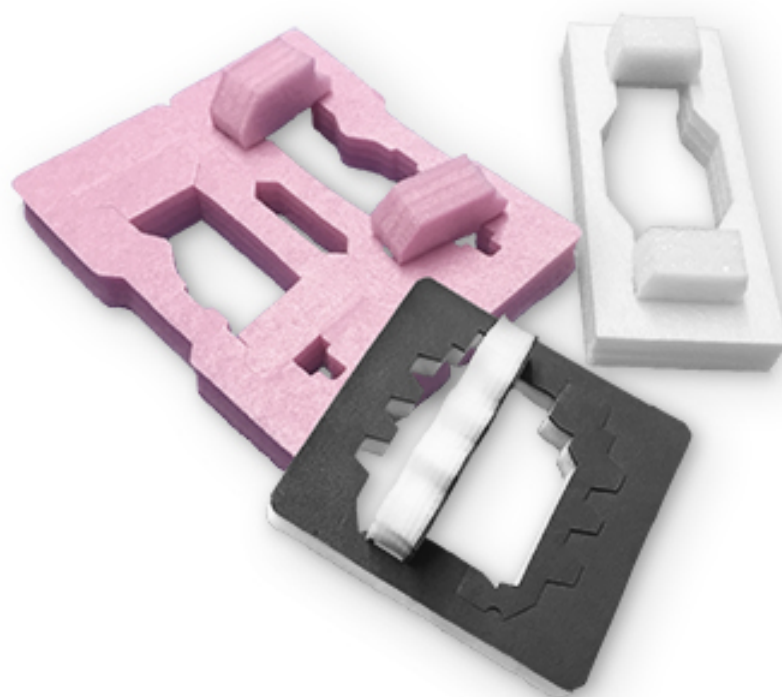
Segundo [Carvalho \(2012\)](#), o polietileno é um dos produtos com maior utilização no mundo. Isso se deve principalmente a seu baixo custo, elevada capacidade de reciclagem e também a seu fácil processamento e grande versatilidade. O polietileno pode ser utilizado de diferentes formas, na forma de calços de proteção, espumas para travesseiros ou como redes para proteção de frutas, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Rede de Proteção de Frutas



Fonte: Próprio Autor, 2021.

Figura 4 – Calço de EPE de Proteção



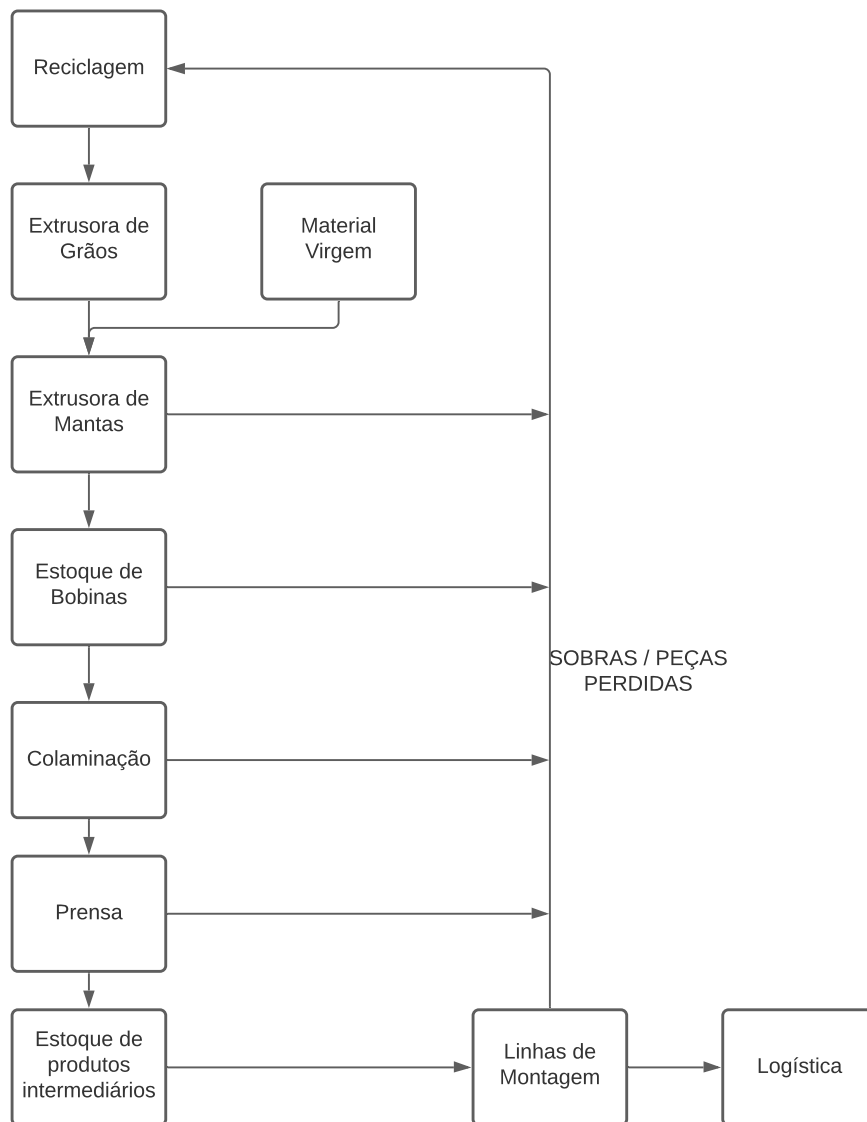
Fonte: Próprio Autor, 2021.

Além dos exemplos mencionados, o EPE pode ser utilizado também na construção de pisos acústicos, utilizados em estúdios, ou ainda como flutuadores de piscina, demonstrando a ampla gama de aplicações desse material.

2.2 Processos de Fabricação

Nesta seção, serão apresentadas as principais etapas envolvidas na fabricação de produtos de EPE. O fluxograma básico de produção do material, é demonstrado no fluxograma na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma para fabricação de produtos de EPE



Fonte: Próprio Autor, 2021.

O processo inicial tem início pela reciclagem, onde as sobras de EPE passam pela extrusora de grãos e seguem para a extrusora de mantas, onde podem ser misturadas ao material virgem, de acordo com o número de vezes que foi feita a reciclagem inicialmente. Em outras palavras, conforme é feita a reutilização do material, maior a quantidade necessária de material virgem para garantir as propriedades das bobinas.

Em seguida, o material precisa passar por um processo de repouso, tempo de cura, a fim de garantir que os gases, como o butano, utilizados no processo de extrusão saiam para a atmosfera, visto que são inflamáveis. Depois do repouso, o material segue para as operações de colaminação e prensagem.

O material, depois de prensado, precisa ficar em repouso novamente, de forma a garantir que o excesso do gás já tenha saído e também que não exista mais encolhimento do material. A produção é finalizada na linha de montagem, onde são retiradas as rebarbas e o material é empacotado. As sobras e peças perdidas são utilizadas novamente no processo de reciclagem para próxima produção de bobinas.

Maior detalhamento sobre os processos de produção do EPE podem ser encontrados a partir do próximo tópico.

2.2.1 Reciclagem

O conceito de sustentabilidade surgiu com o objetivo de fazer o possível para que o desenvolvimento econômico fosse conciliado com aspectos ambientais e sociais também (WCED, 1987), conforme esquematizado na Figura 6. Dessa forma, surgiu o termo desenvolvimento sustentável, definido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, porém, de forma que não comprometa as necessidades que as próximas gerações vão ter (WCED, 1987).

Um dos pilares da sustentabilidade é a reciclagem, que busca garantir a redução no consumo de matérias-primas. Segundo Spinacé e Paoli (2005), a reciclagem de polímeros no Brasil era de aproximadamente 17% em 2000, e, Segundo ABIPLAST (2019), em 2019 chegou a 24%. A utilização dos polímeros continua aumentando e grande parte do seu uso é feita para produção de embalagens (SILVA; NETO, 2016).

Uma vantagem da utilização de recicláveis consiste na possibilidade de redução de custo para obtenção da matéria-prima. O preço de um material reciclado pode ser inferior ao material novo, também chamado de material virgem, possibilitando, com isso, redução dos custos operacionais.

Conforme o polietileno é reutilizado, suas propriedades mecânicas tendem a ser prejudicadas. Por isso, é preciso acrescentar partes de material virgem, que aumenta conforme o material é utilizado novamente. Também é preciso analisar as características do material reciclado, buscando aquele com menor quantidade de impurezas.

Figura 6 – Pilares da Sustentabilidade



Fonte: Magalhaes (2018)

Para reciclagem é necessário a utilização de um aglutinador ou do moinho, ambos seguidos da extrusão para produção do grão. Para determinar qual material deve ir para qual método de reciclagem é preciso analisar as condições dos materiais. Aqueles materiais que possuem gás, apresentando riscos de explosão, ou estejam molhados, vão para o aglutinador, os demais seguem para o moinho

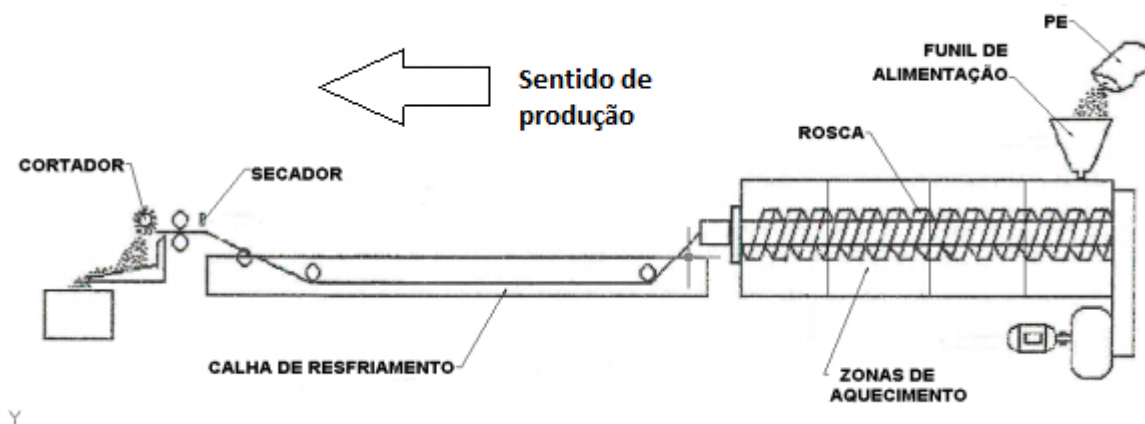
2.2.2 Extrusão

Segundo Rawendaal (2014), a extrusora é o equipamento mais importante em uma indústria de polímeros. De acordo com Spalding (2017), a grande maioria dos materiais de EPE precisam passar por processos de extrusão. As extrusoras existem de diversas configurações, conforme a aplicação e necessidade de cada etapa do processo (SPALDING, 2017). Além disso, é possível obter resultados diferentes por meio da utilização de aditivos na matéria prima.

Conforme Rawendaal (2014), os aditivos servem para melhorar as propriedades do PE e são misturados na matéria prima, no funil de alimentação, para em seguida passarem pelo processo de extrusão de fato. É possível utilizar aditivos do tipo anti-chamas, para melhoria das células no geral ou ainda como injeção de gás para transformar o PE em EPE. Rawendaal (2014) também comenta que criar o polímero é apenas o primeiro passo, também é necessário, ainda, transformá-lo em algum produto útil.

O material pode ser reciclado na própria indústria e ser transformado em grãos pela extrusora, mostrado na Figura 7, ou a empresa pode comprar os pacotes de material para reciclar e utilizar como matéria-prima, utilizando-o diretamente na extrusora de grãos. Em seguida, o material passa extrusora de mantas, ilustrada na Figura 8, e é armazenado em rolos, também chamados de bobinas de EPE.

Figura 7 – Representação esquemática de uma Extrusora de Grãos



Fonte: Adaptado de Almeida (2010)

Em seguida a bobina segue para a operação de colaminação, onde sofre alteração na sua espessura com base na junção de mantas de EPE por meio da aplicação de calor, explicado no próximo tópico.

Figura 8 – Extrusora de Mantas



Fonte: Spalding (2017)

2.2.3 Colaminação ou Laminação

A colaminação é um processo importante para produção de materiais à base de polietileno. Também é conhecido como espessamento ou laminação, que consiste em alterar a espessura do material que está sendo laminado, conforme pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Colaminadora



Fonte: Spalding (2017)

Para colaminação é preciso conhecer a espessura desejada para produção das placas que serão utilizadas nos demais produtos. Dependendo da espessura final, peso e quantidade desejada é feito a escolha de quantas bobinas devem ser utilizadas neste processo.

Salienta-se que as bobinas devem permanecer em repouso por aproximadamente 7 dias antes de passar pelo processo de colaminação, de modo a garantir que os gases inflamáveis tenham se dissipado do material. A Figura 10 mostra um estoque de bobinas de EPE em repouso.

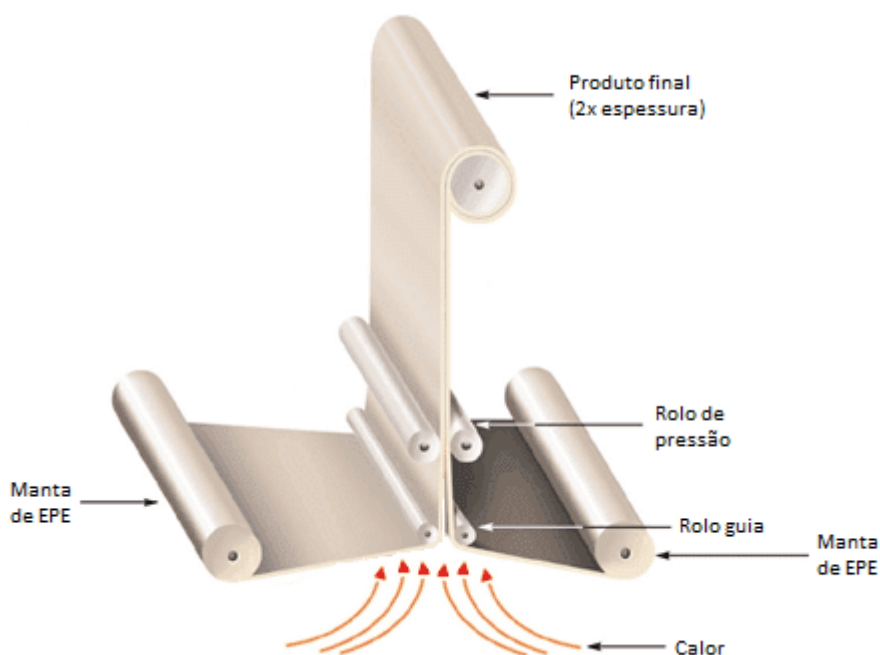
Figura 10 – Bobinas do Estoque



Fonte: Próprio Autor, 2021.

Após o período de repouso, as bobinas são colocadas na colaminadora, onde ocorre a união das mantas por meio de solda térmica, aumentando a densidade e a espessura após o processo. A solda térmica consiste em aplicar, de forma controlada, uma fonte de calor para unir as diferentes bobinas, conforme representado na Figura 11.

Figura 11 – Processo de Colaminação



Fonte: [Chen \(2021\)](#)

Também é possível realizar a laminação por meio da utilização de rolos mergulha-

dos em colas, visto que segundo [Cândido, Almeida e Rezende \(2000\)](#), os rolos são utilizados para evitar saliências, retenção de ar ou desalinhamento no produto colaminado.

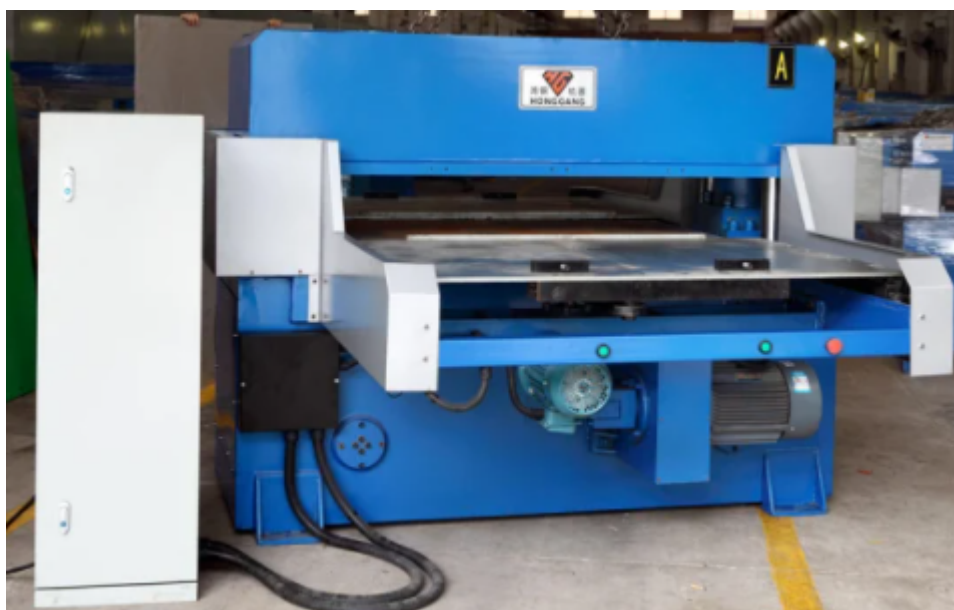
2.2.4 Prensagem

Após a colaminação, o material passa por uma prensa, equipada com gabaritos e lâminas, marcando as mantas para que a equipe de montagem consiga destacar e montar as peças desejadas. As lâminas (facas) são confeccionadas com base no desenho das peças e são fixas na própria prensa de forma que não sofram movimentação acidental.

As facas são acopladas na matriz da prensa. Em seguida, o operador precisa alimentar a prensa com o material a ser cortado e acionar a máquina, formando os *blanks*, que são as espumas de EPE marcadas com o corte da faca.

As peças podem ser de diversos tamanhos. Algumas peças podem necessitar de mais de uma faca, e são soldadas na linha de montagem antes do empacotamento. Dependendo da espessura do material pode ser necessário realizar o corte a quente, facilitando a marcação das peças nas mantas. A Figura 12 mostra um modelo de prensa hidráulica utilizada para corte de mantas de EPE.

Figura 12 – Prensa Hidráulica



Fonte: Adaptado de [Ashter \(2014\)](#)

Após a prensagem, o material precisa ficar em repouso no estoque intermediário por aproximadamente 1 dia, a fim de garantir que não houve contração excessiva do material além do necessário ao final do processo.

2.2.5 Estoque Intermediário

Estoque é a composição de materiais que não possuem utilização prevista em determinado momento, mas que possuem alguma função na empresa. Segundo [Chiavenato \(2007\)](#), se o material permanecer por muito tempo no estoque pode significar comprometimento de capital, porém, caso não exista um estoque mínimo pode haver risco de falta de materiais.

Para melhor planejamento do estoque, é importante conhecer quais as despesas associadas a ele, tais como: necessidade de área física, mão de obra dos funcionários do estoque, equipamentos e acessórios para movimentação, obsolescência, seguros, e materiais auxiliares, além do próprio custo dos itens do estoque.

Dessa forma, é preciso que exista um planejamento e controle adequado de itens no estoque, para garantir o equilíbrio entre a redução de custos e segurança quanto à disponibilidade de matéria prima.

2.2.6 Montagem

Uma das últimas etapas da fabricação de produtos com utilização de EPE consiste na montagem. Após os processos descritos anteriormente, as peças, obtidas nos *blanks*, precisam ser ajustadas, soldadas termicamente e empacotadas.

Durante a montagem é preciso retirar as sobras e rebarbas dos materiais que serão montados. Em seguida, caso necessário, as peças são soldadas por meio de sopradores térmicos manuais, localizados nas bancadas e mesas, permitindo maior agilidade do processo.

Por fim, os produtos são inspecionados com base nas tolerâncias exigidas de fabricação para a peça em produção. Caso esteja com defeitos em relação às tolerâncias, o material pode ser reprovado e encaminhado para o processo de reciclagem.

No processo de montagem é onde existe maior influência de mão de obra, tendo em vista que é realizado de forma manual. Dessa forma, é preciso ser bem cadenciado para evitar variações nos tempos de produção, que possam vir a gerar atrasos nos produtos seguintes da fila de produção. Após este processo o material segue para a área de logística para ser despachado ao cliente.

No próximo tópico serão abordados conceitos relativos a linhas e sistemas produtivos, bem como ferramentas para gestão da produção.

2.3 Linhas e Sistemas de Produção

Segundo [Dembovurski, Oliveira e Neumann \(2008\)](#), uma gestão de produção bem definida busca otimizar e sincronizar os recursos necessários para o processamento de um produto ou serviço, de forma a atender a demanda nas quantidades e também nas datas previstas.

Para analisar a produção é preciso levar em consideração o sistema adotado, seja ele em lotes, sob encomenda ou contínuo, que, conforme [Chiavenato \(2007\)](#) possuem como características principais:

- **Produção em Encomenda:** A produção é planejada somente após receber o pedido, utilizada para produtos mais caros e complexos, comprados em baixa quantidade.
- **Produção em Lote:** A produção é planejada em função de cada lote de produção, ou seja, é limitada em um tipo de produto por vez.
- **Produção Contínua:** A produção é planejada e programada para o período mensal ou anual, dependendo da empresa. Apresenta uma alta padronização e os produtos são feitos em grandes quantidades.

É importante analisar a evolução dos sistemas e metodologias de produção ao longo do tempo, o que permite melhor análise dos métodos atuais. Essa evolução pode ser melhor analisada com base no conhecimento dos conceitos envolvidos no Taylorismo, Fordismo e Toyotismo, assuntos abordados no próximo tópico.

2.3.1 Taylorismo, Fordismo e Toyotismo

Taylorismo, também conhecido como gerenciamento científico, foi criado por Frederick Taylor, por meio de princípios que, segundo [Junior \(1992\)](#), foram aplicados para separação e fragmentação das tarefas e tem sido utilizados até os dias atuais. Possibilitando assim a fragmentação das tarefas, permitindo um estudo mais detalhado de tempos e métodos das diferentes atividades.

Fordismo é o termo atrelado ao engenheiro Henry Ford, conhecido como o criador da linha de montagem e também da produção em massa. Segundo [Tenório \(2011\)](#), a produção em massa deve-se não exatamente às linhas de montagem em movimento contínuo, conforme muitos pensam, mas sim na completa intercambiabilidade entre as peças e facilidade de ajuste das mesmas entre si.

Ao invés do operador buscar as peças para dar continuidade na produção, na linha de montagem o operador espera que as peças cheguem até ele. Ainda segundo [Tenório \(2011\)](#), na linha de montagem é preciso que trabalhadores e ferramentas estejam dispostos

na ordem sequencial e na menor distância possível, garantindo melhor aproveitamento dos recursos.

Segundo [Junior \(1992\)](#), o Toyotismo é uma visão evoluída sobre o fordismo. Porém, uma das suas grandes vantagens consiste em uma maior capacidade de adaptação para responder às constantes mudanças presentes no cenário produtivo.

Embora o Toyotismo seja interessante e seja baseado em conceitos que demonstram resultados positivos, uma análise superficial sobre eles não é suficiente. Segundo [Junior \(1992\)](#), talvez o próprio Toyotismo não seja tão benéfico quando aplicado em ambientes muito diferentes daqueles nos quais foram concebidos.

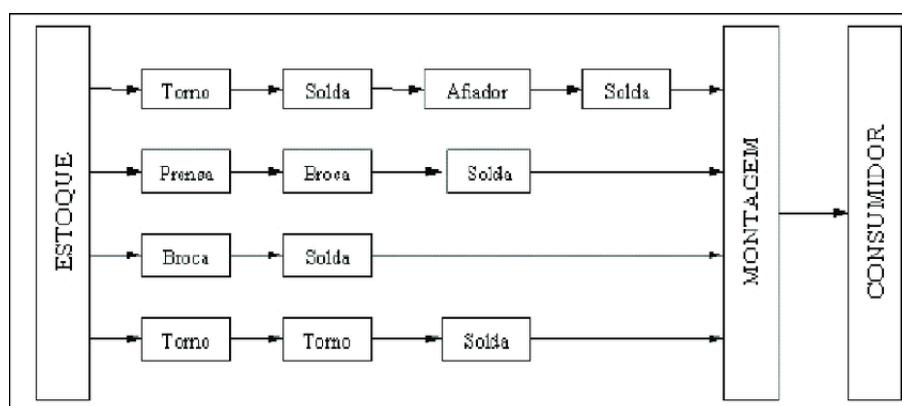
Dessa forma, é preciso que a empresa interessada em adotar esses modelos esteja disposta e apta para adaptar as metodologias a sua própria realidade, de modo a maximizar os possíveis ganhos. Também é preciso que a concepção e implantação do arranjo físico sejam feitas de forma correta, minimizando cruzamento de fluxos e movimentos desnecessários.

Segundo [Figueiredo \(2016\)](#), a escolha de um arranjo físico pode influenciar a localização de máquinas ou disposição de produtos, o que pode afetar os custos e a eficácia geral da produção. Um dos requisitos para um bom arranjo físico é o bom aproveitamento do espaço, ou seja, aproveitar da melhor forma possível os espaços e movimentos disponíveis.

Dentre os principais tipos de Arranjo Físico, Segundo [Sousa \(2020\)](#), têm-se:

- **Linha:** Caracterizado por dispor os equipamentos conforme o fluxo de produção, adequado quando se tem pouca variedade e alto volume devido a padronização, mostrado na [Figura 13](#).

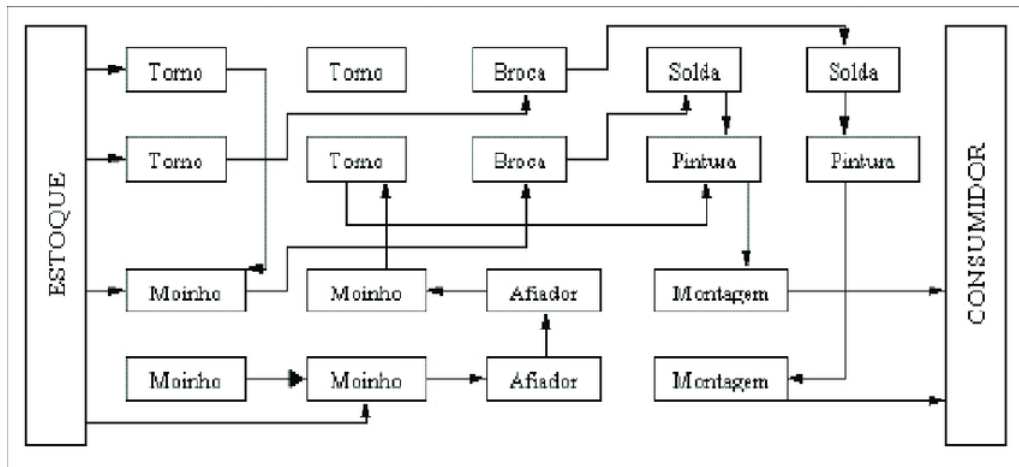
Figura 13 – Arranjo em linha



Fonte: [Júnior \(2017\)](#)

- **Processo:** Permite um elevado grau de variedade, sendo bastante flexível e muito utilizado na prestação de serviços, mostrado na [Figura 14](#).

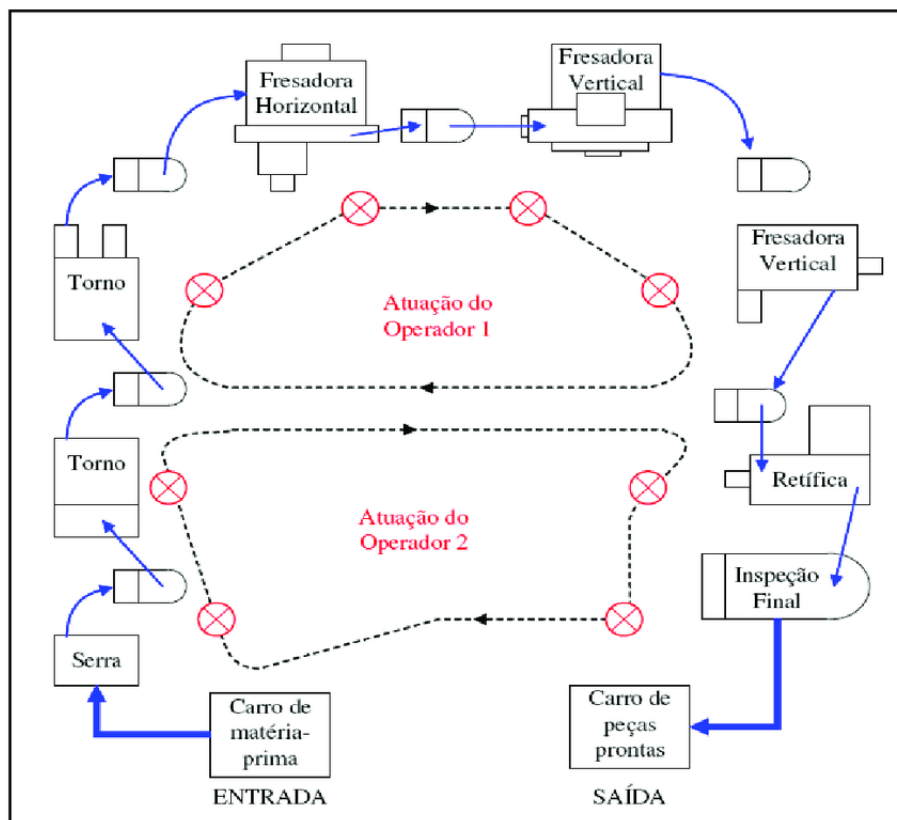
Figura 14 – Arranjo por processo



Fonte: Slack et al. (2009)

- **Célula:** Consiste em agrupar os equipamentos necessários para produzir um item ou parte dele em um determinado setor, mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Arranjo em célula



Fonte: Júnior (2017)

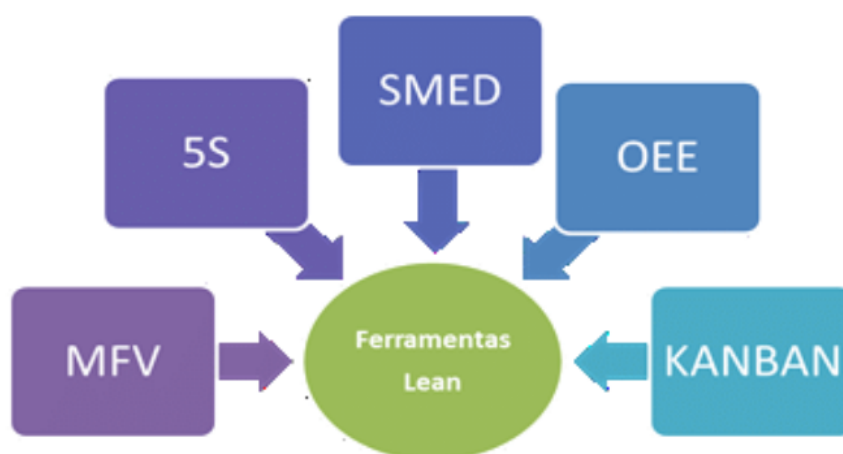
Além desses tipos de layout, é comum haver arranjos mistos, com características de cada um dos tipos mencionados em diferentes trechos do processo. É importante ressaltar a flexibilidade propiciada pelo layout em célula, permitindo à empresa melhores respostas em função da variação da demanda. A flexibilidade nas operações de produção é um dos conceitos nos quais se baseia a filosofia da Produção Enxuta (Lean Manufacturing), assunto abordado no próximo tópico

2.3.2 *Lean Manufacturing*

Uma das formas de otimizar um processo de produção é a adoção e implementação de ferramentas associadas à filosofia *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta), que visam a eliminação de desperdícios e a melhora dos resultados operacionais. Algumas dessas ferramentas podem ser vistas na Figura 16.

É possível realizar a implementação gradativa de tais ferramentas com o objetivo de melhorar o processo produtivo da empresa. É importante destacar que a implantação de tais ferramentas não necessariamente demanda investimentos elevados, no entanto, é importante garantir que sejam implantadas de maneira consistente, maximizando seus ganhos potenciais.

Figura 16 – Ferramentas da Produção Enxuta



Fonte: Rogerio (2018)

2.3.2.1 MFV

Segundo Rosentrater e Balamuralikrishna (2006), o MFV permite analisar as atividades da empresa e descobrir os pontos onde existem desperdícios por meio de observação e análise das diferentes etapas da produção, desde o recebimento da matéria prima até a entrega do produto.

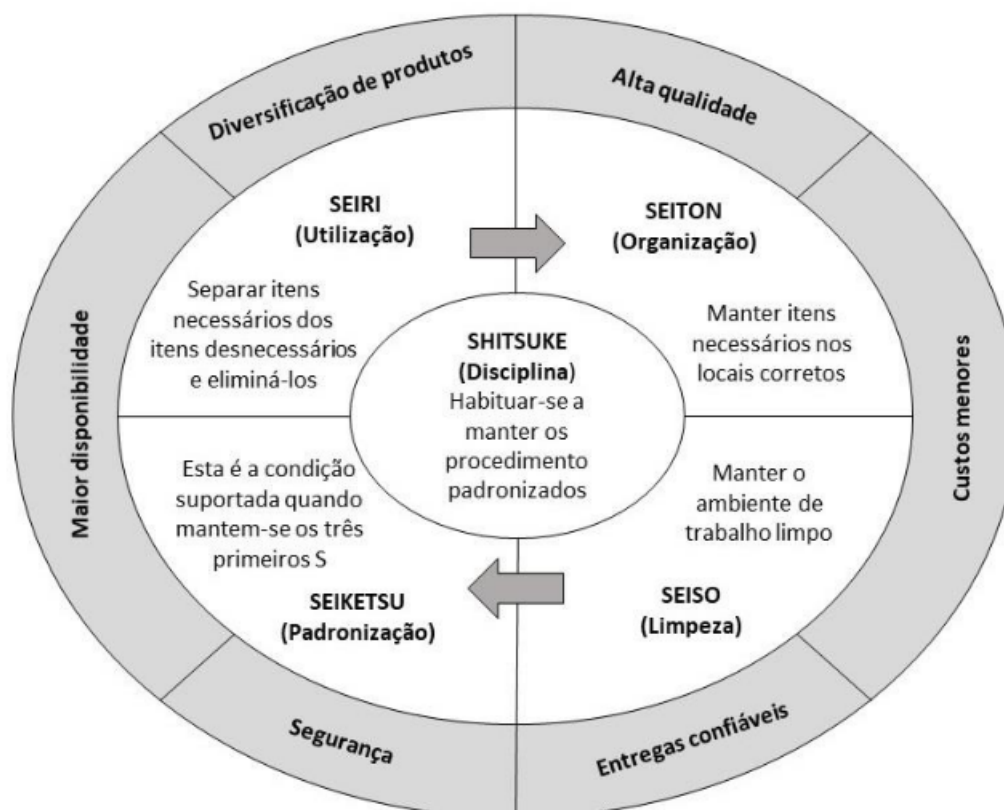
Um ponto importante do MFV consiste em analisar os desperdícios causados pela espera devido aos estoques intermediários, intermediários, de modo que seja possível identificar os tempos de espera que são obrigatórios para o repouso do material e aqueles que de fato são desperdícios para a empresa.

2.3.2.2 5S

Dentre as ferramentas utilizadas pelo Lean Manufacturing, uma das mais conhecidas é o 5S, que, segundo Vanti (1999) são conhecidos como os senso de utilização, organização, limpeza, saúde e autodisciplina. A utilização do 5S é de grande importância para a qualidade, melhorando o controle geral da empresa.

Segundo Osada (1992), o 5S vai além de uma simples organização da empresa, estando atrelado a uma mudança de comportamento dos funcionários, que passam a ter maior cuidado maior com a limpeza, organização, maior integração um com o outro e maior padronização das atividades. Os conceitos do 5S, mostrados na Figura 17, são dos principais fundamentos para outras metodologias, como o TPM ou o STP.

Figura 17 – Conceitos do 5S



Fonte: Sumi (2017)


2.3.2.3 Kanban

Uma importante ferramenta utilizada pela filosofia do *Lean* é o *Kanban*. Definido por Boeg (2010) como uma gestão visual de produção, ou seja, consiste na utilização de cartões com cores diferentes para auxiliar no fluxo de produção e de atividades.

Sua utilização é bastante usual nas empresas, permitindo que o controle de determinadas atividades possa ser feita de forma rápida e eficaz. Um dos exemplos de sua utilização é no controle de estoque, onde é comum existirem quadros com cartões e cores, facilitando a gestão visual. Conforme o material é retirado, os cartões são realocados, de modo que, analisando o quadro é possível observar que a demanda e a necessidade de reposição de determinado material ou item.

O cartão Kanban facilita a troca de informações, permitindo que diversas informações sejam passadas de forma eficaz. A Figura 18 mostra um cartão onde tem-se informações de horários de produção, local de estocagem, número do item e outras informações.

Figura 18 – Exemplo de cartão Kanban

| | | | |
|---|---|----------------------------------|-------------------------------------|
| Hora da Entrega 10:30 | Área de Estocagem <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1 - 1</div> </div> | | Fábrica Central da Toyota Motors |
|  Fundação Ohashi | Número do Item 53018-60011 | Identificação | Montagem nº 2 |
| Prateleira nº 1 – Embaixo | Nome do Item Linha de pressão do radiador | Usado em FJ Carro tipo (I) | |
| 21 | Tipo de caixa Especial | Capacidade da caixa 30 | 50 |
| Kanban de pedido de peças | | | |

Fonte: Ohno (1997)

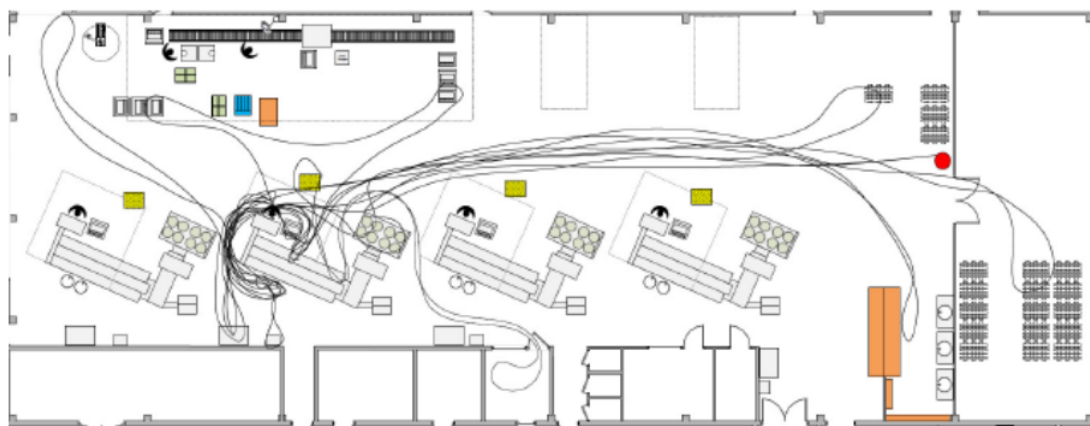
2.4 Diagrama de Espaguete

Segundo Jones e Womack (2004), o Diagrama de Espaguete serve para ilustrar desperdícios relacionados aos movimentos dos funcionários ou dos produtos na empresa. Dessa forma, podem-se identificar os pontos com potencial de otimização.

O diagrama consiste em mensurar e analisar a movimentação e o fluxo em determinada área da fábrica, traçando o caminho percorrido pelos operadores em um determinado intervalo de tempo, de modo que seja possível observar as regiões onde ocorrem fluxos cruzados, movimentações desnecessárias e a rotina de trabalho. Com isto, é possível elaborar um plano de ação para melhorar a condição encontrada, otimizando a movimentação por meio da redistribuição de atividades, alteração de posicionamento de bancadas, máquinas, equipamentos e acessórios, por exemplo.

A Figura 19 mostra um exemplo de aplicação do Diagrama de Espaguete. É possível observar que através do diagrama é possível saber qual foi a movimentação da pessoa naquele determinado setor.

Figura 19 – Exemplo de um diagrama de espaguete



Fonte: [Gunnsteinsson \(2011\)](#)

3 Metodologia

Conforme foi mencionado, o presente trabalho visa propor otimização do arranjo físico de uma indústria fabricante de EPE. Para encontrar a melhor forma de organização da produção nesse caso específico, buscou-se aproximar o layout ao fluxograma de processo apresentado na Figura 5. A partir disso, buscaram-se propostas onde a posição do maquinário se aproximasse de uma produção linear, otimizando a movimentação dos funcionários. De modo a garantir que os resultados fossem satisfatórios, foram analisados os impactos que as alterações pudessem causar no contexto operacional da empresa.

Para o trabalho em questão, foi analisado o arranjo físico atual, com respeito a suas diferentes áreas de produção, observados os pontos de maior lentidão, também conhecido como gargalo, assim como os tempos gastos pelos funcionários durante sua movimentação.

Para elaboração das propostas de arranjo físico, foram priorizadas soluções que minimizassem riscos de acidentes, cruzamento de fluxos, distâncias percorridas pelos funcionários envolvidos e tempos de movimentação.

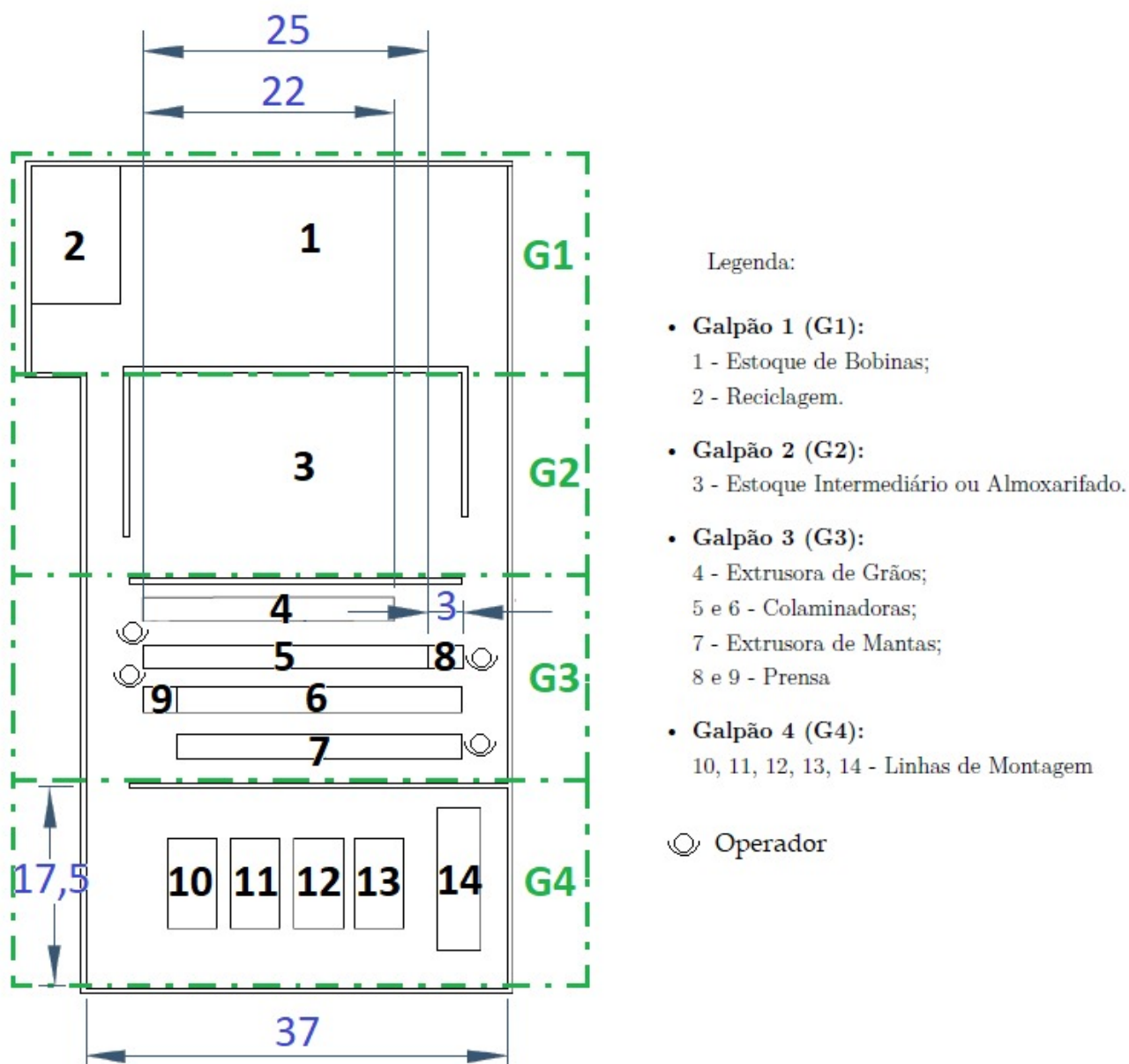
Foram analisados especialmente os funcionários que percorriam as maiores distâncias e os impactos dessa movimentação no fluxo de produção, visto que ocorrem com frequência, devido à localização dos galpões.

É importante notar que trata-se de uma análise local, ou seja, um estudo de caso. Dessa forma, as ferramentas que foram utilizadas não podem ser generalizadas para todos os casos.

3.1 Arranjo Físico Inicial

O arranjo físico inicial pode ser visto na Figura 20, onde é possível identificar cotas, dimensões e operadores.

Figura 20 – Layout Inicial



Fonte: Próprio Autor, 2021.

3.2 Análise Exploratória

Um dos setores em que existe maior movimentação são o Almojarifado, onde são armazenados os produtos intermediários e também as bobinas (matéria prima para colaminação), assim como a área de extrusão, cujo operador é encarregado de levar as bobinas até o Almojarifado. Dessa forma, para obter os melhores resultados, é preciso garantir que o deslocamento dos funcionários de tais setores seja reduzido.

Analisando os registros de produção, foi possível estimar a movimentação diária do responsável por abastecer as linhas de montagem e também obter a produção diária de bobinas, de modo a mensurar os ganhos obtidos com as propostas de otimização do

layout.

Os tempos de movimentação dos funcionários do almoxarifado e da área de extrusão foram medidos. Foi considerado que o ponto de partida do almoxarife era o próprio almoxarifado, para onde ele retorna após entregar os materiais a outros setores da fábrica, enquanto o ponto de partida do outro funcionário é a área de extrusão de mantas de EPE.

A análise foi realizada levando em consideração dois turnos de trabalho, totalizando 4 funcionários, sendo 2 para o setor de abastecimento das colaminadoras e 2 para abastecimento do estoque de bobinas, 1 por turno em cada setor. Dessa forma, foi preciso cronometrar e analisar diferentes tempos e atividades em ambos os turnos.

Pelas premissas do MFV, é interessante que a movimentação desnecessária seja a menor possível. Com isso, pode-se obter redução do tempo de *setup* e de movimentação dos funcionários entre as tarefas.

Para garantir que haja tempo suficiente para buscar a matéria prima no almoxarifado, é fundamental compreender quais as funções desempenhadas pelos funcionários envolvidos. Dessa forma, por meio de uma análise das atribuições diárias do almoxarife e do operador, é possível analisar os impactos que a mudança do arranjo físico pode trazer.

No caso do almoxarife, suas principais atribuições incluem a organização do estoque, auxílio no carregamento dos caminhões, controle do fluxo de materiais, realização de apontamentos e relatórios, entre outras.

Quanto ao operador de máquina, as principais atribuições englobam, essencialmente, executar as tarefas de produção, levar o material pronto para o estoque, realizar reparos e garantir o funcionamento correto dos equipamentos.

Assim, reduzindo-se os tempos de abastecimento das linhas e de movimentação de produtos até o estoque, passa a haver mais tempo disponível para realização de outras tarefas.

Dentre as atividades de mais difícil otimização, estão aquelas que o próprio equipamento realiza. Dessa forma, dentro do fluxo de produção existem alguns parâmetros que não podem ser otimizados por meio da alteração de *layout*, sendo:

- Tempo de repouso das bobinas: de 4 a 7 dias.
- Tempo de repouso do material: aproximadamente 1 hora.
- Capacidade de Produção de bobinas: 12 bobinas por hora.
- Capacidade de Colaminação: 14 bobinas por hora.

Para otimizar esses parâmetros é preciso investimento em equipamentos, o que foge ao escopo do presente estudo. Porém, os intervalos para buscar bobinas no almoxarifado

ou levar o material para repouso no estoque podem ser otimizados a partir da redução de movimentação dos funcionários.

3.3 Estimativa de Consumo e Produção

As colaminadoras e a extrusora de mantas são equipamentos que sofrem pouca influência do operador, ou seja, o consumo de matéria prima e o volume de produção sofrem pouca variação ao decorrer do dia. Para estimar esses dados foi preciso considerar o regime de trabalho dos equipamentos, descontando os tempos de manutenção e períodos de aquecimento.

Os dados obtidos pela análise das colaminadoras foram:

- Horas trabalhadas efetivas (H_c): 16 horas por dia;
- Tempo gasto para consumir uma bobina (C_b): 0,5 horas;
- Bobinas utilizadas simultaneamente (n): 7 bobinas;
- Dias trabalhados (D_m): 24 dias por mês.

Dessa forma, é possível calcular o consumo diário de bobinas (C_d) pela equação:

$$C_d = \frac{H_c \cdot n}{C_b}$$

$$C_d = \frac{16 \cdot 7}{0,5}$$

$$C_d = 224 \text{ bobinas por dia}$$

O consumo mensal (C_m):

$$C_m = C_d \cdot D_m$$

$$C_m = 224 \cdot 24$$

$$C_m = 5374 \text{ bobinas por mês}$$

Realizando agora os cálculos de produção da extrusora de mantas.

Dados:

- Horas trabalhadas efetivas (H_e): 21 horas por dia;
- Produção de bobinas (P_h): 12 bobinas por hora.

Calculando então a produção diária (P_d):

$$P_d = P_h \cdot H_e$$

$$P_d = 12 \cdot 21$$

$$P_d = 252 \text{ bobinas por dia}$$

Produção mensal (P_m):

$$P_m = P_d \cdot D_m$$

$$P_m = 252 \cdot 24$$

$$P_m = 6048 \text{ bobinas por mês}$$

Em seguida será feito uma análise entre o *layout* atual com os propostos, verificando aquele que pode atender as necessidades de consumo e produção da empresa da melhor forma.

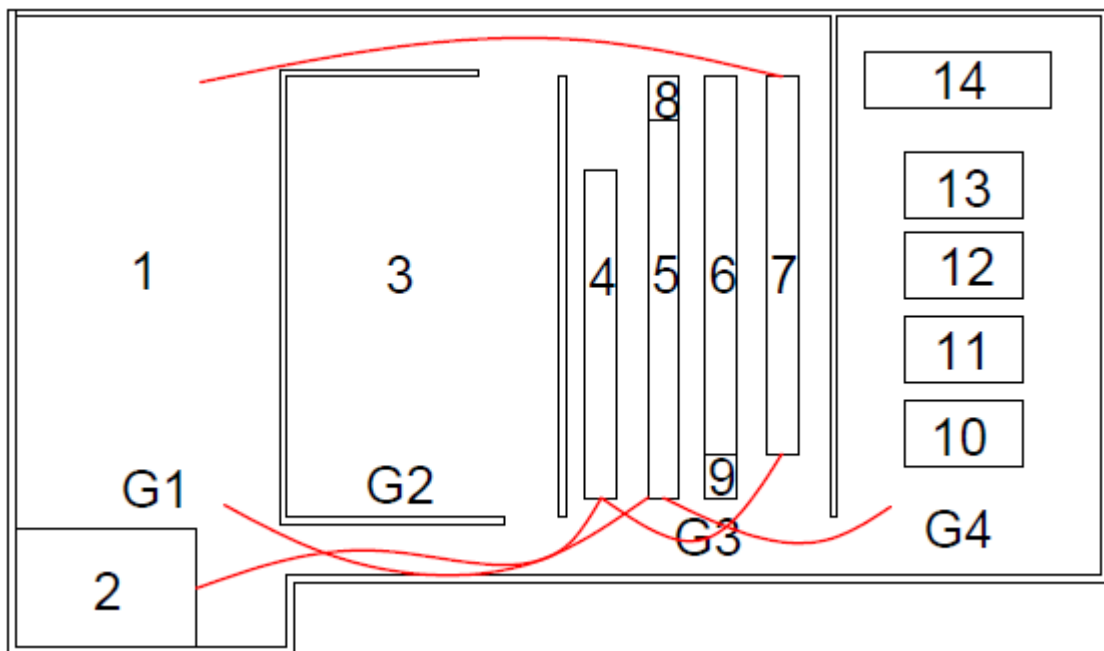
4 Resultados e Discussão

A seguir serão mostrados e discutidos os resultados que foram obtidos através dos estudos propostos, comparando-os com o arranjo físico atual da empresa, buscando demonstrar as melhorias que podem ser obtidas.

4.1 Cenário Atual

Demonstrando o fluxograma de produção, detalhado inicialmente, tem-se conforme mostrado na Figura 21:

Figura 21 – Diagrama de Espaguete para materiais no *layout* atual

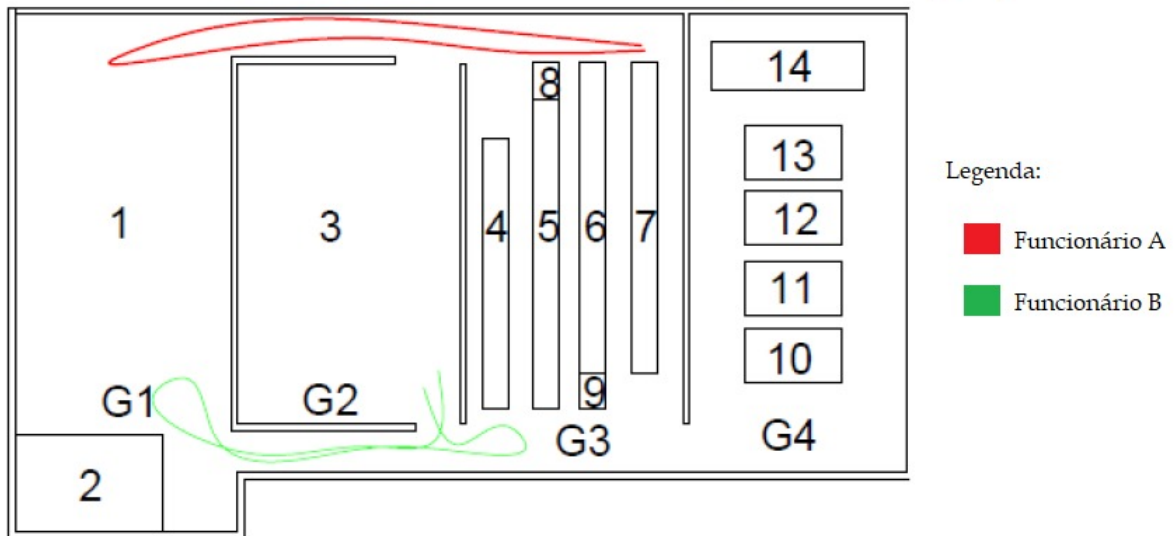


Fonte: Próprio Autor, 2021.

Com isso, é possível observar que a região entre os Galpões 2 e 3 é onde existem mais linhas se cruzando, o que indica um fluxo de materiais e produtos cruzado. Além disso, é possível observar a grande movimentação necessária em alguns setores.

Foi elaborado também o Diagrama de Espaguete relativo à movimentação diária do responsável pela extrusora de mantas para levar a bobina até o estoque de bobinas (funcionário A) e pelo almoxarife (funcionário B) para levar a bobina curada para a colaminação, conforme a Figura 22:

Figura 22 – Diagrama de Espaguete para funcionários no layout atual



Fonte: Próprio Autor, 2021.

4.1.1 Arranjo Físico Atual

Para análise do Funcionário A, operador da extrusora, é preciso considerar que ele conta com um equipamento que permite o carregamento de 3 bobinas simultaneamente. Assim, só é necessário seu deslocamento a cada 3 bobinas produzidas, reduzindo o tempo de movimentação.

A Tabela 1 mostra os resultados de 7 medições distintas em relação ao tempos gastos pelo operador para levar as bobinas da extrusora até o estoque e retornar ao equipamento (T_{ha}).

Tabela 1 – Funcionário A - *Layout* Atual

| Medição | Tempo Gasto |
|--------------|-----------------|
| 1 | 1,33 min |
| 2 | 1,38 min |
| 3 | 1,25 min |
| 4 | 1,28 min |
| 5 | 1,52 min |
| 6 | 1,55 min |
| 7 | 1,11 min |
| Média | 1,35 min |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Calculando então o tempo gasto diário (T_{da}), sabendo que a cada 3 bobinas produzidas será necessária a movimentação:

$$T_{da} = \frac{H_e \cdot P_h \cdot T_{ha}}{3}$$

$$T_{da} = \frac{21 \cdot 12 \cdot 1,35}{3}$$

$$T_{da} = 1,89 h$$

Calculando o tempo mensal gasto pelo funcionário T_{ma} :

$$T_{ma} = T_{da} \cdot D_m$$

$$T_{ma} = 1,89 \cdot 24$$

$$T_{ma} = 45,36 h$$

Portanto, o funcionário gasta, mensalmente, aproximadamente 45 horas para realizar a tarefa de abastecimento.

A Tabela 2 mostra o tempo gasto pelo almoxarife para sair do estoque, buscar as 7 bobinas necessárias e abastecer as colaminadoras (T_{hb}).

Tabela 2 – Funcionário B - *Layout* Atual

| Medição | Tempo Gasto |
|--------------|-------------|
| 1 | 8,33 min |
| 2 | 8,22 min |
| 3 | 8,37 min |
| 4 | 8,28 min |
| 5 | 8,55 min |
| 6 | 8,58 min |
| 7 | 8,33 min |
| Média | 8,38 min |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Sabendo que o consumo diário é de 224 bobinas e que é preciso abastecer a colaminação com 7 bobinas por vez, tem-se que o tempo gasto diário do almoxarife (T_{db}) é:

$$T_{db} = \frac{T_{hb} \cdot C_d}{n}$$

$$T_{db} = \frac{8,38 \cdot 224}{7}$$

$$T_{db} = 4,47 h$$

O tempo gasto mensal (T_{mb}) é:

$$T_{mb} = T_{db} \cdot D_m$$

$$T_{mb} = 4,5 \cdot 24$$

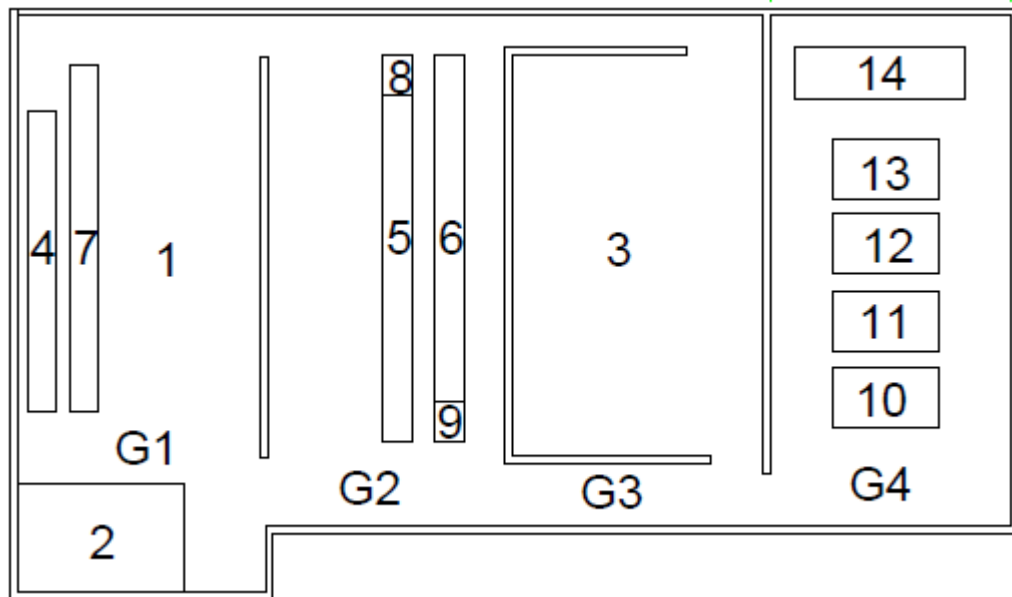
$$T_{mb} = 107,28 h$$

Esses valores mostram os tempos gastos em movimentação com base no arranjo físico atual. Em seguida, foram mostrados os tempos que podem ser obtidos a partir das alterações propostas, permitindo uma análise dos resultados.

4.2 Layout proposto - 1

Buscando um arranjo físico que obedecesse melhor o fluxo de produção, evitando movimentos desnecessários dos funcionários, seria preciso alterar o posicionamento de alguns equipamentos. Dessa forma, foi proposto o arranjo mostrado na Figura 23.

Figura 23 – *Layout* Proposto - 1

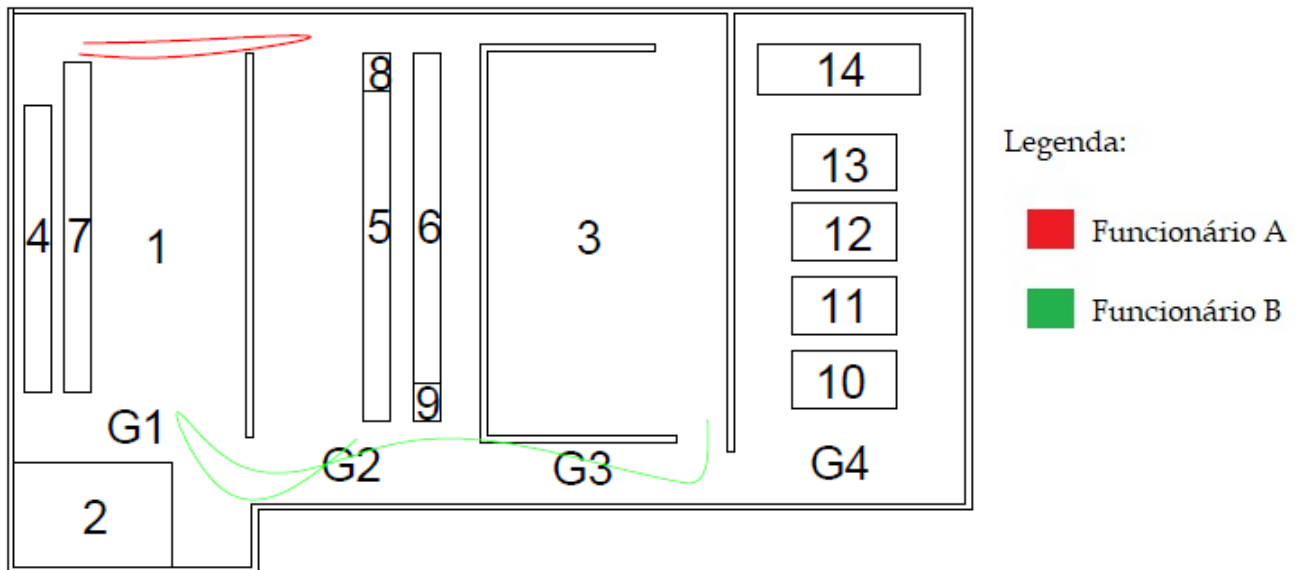


Fonte: Próprio Autor, 2021.

Nessa proposta foram alteradas as localizações das extrusoras e do almoxarifado. As extrusoras de grãos e de mantas foram para o primeiro galpão e o almoxarifado foi trocado com as duas colaminadoras, ficando no terceiro galpão.

Aplicando novamente o Diagrama de Espaguete, tem-se o resultado mostrado na Figura 24.

Figura 24 – Diagrama de Espaguete - 1



Fonte: Próprio Autor, 2021.

Para analisar os tempos necessários no arranjo físico Proposto-1, foi preciso solicitar aos funcionários que realizassem o novo trajeto algumas vezes apenas para cronometragem. Como o estudo foi realizado em relação à redução de movimentação, foi considerado apenas o tempo de deslocamento entre um galpão e outro até chegar no equipamento.

Dessa forma, a Tabela 3 mostra os tempos que foram obtidos para o funcionário A, (T_{ha}), no arranjo físico Proposto-1.

Tabela 3 – Funcionário A - *Layout* Proposto 1

| Medição | Tempo Gasto |
|--------------|-----------------|
| 1 | 0,45 min |
| 2 | 0,47 min |
| 3 | 0,38 min |
| 4 | 0,48 min |
| 5 | 0,45 min |
| 6 | 0,5 min |
| 7 | 0,42 min |
| Média | 0,45 min |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

É possível notar que o T_{ha} foi reduzido de 1,35 para 0,45 minutos (redução de 66%). Refazendo os cálculos é possível obter que o tempo por dia (T_{da}) e o mensal (T_{ma}) foram reduzidos para 37,8 min e 15,2 h respectivamente.

Para o outro funcionário foi possível montar a Tabela 4.

Tabela 4 – Funcionário B - *Layout* Proposto 1

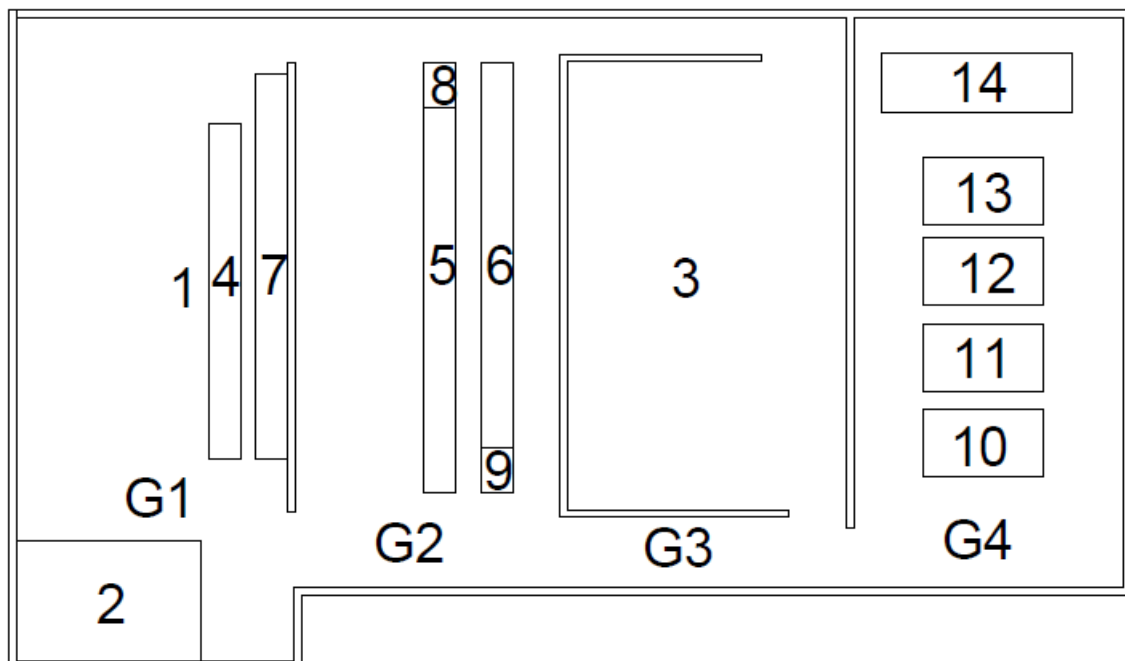
| Medição | Tempo Gasto |
|--------------|-----------------|
| 1 | 7,20 min |
| 2 | 7,32 min |
| 3 | 7,38 min |
| 4 | 7,67 min |
| 5 | 7,55 min |
| 6 | 7,58 min |
| 7 | 7,63 min |
| Média | 7,48 min |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Refazendo novamente os cálculos, os novos valores para T_{hb} , T_{db} e T_{mb} foram de respectivamente: 7,48 min, 3,99 h e 95 h.

4.3 Layout proposto - 2

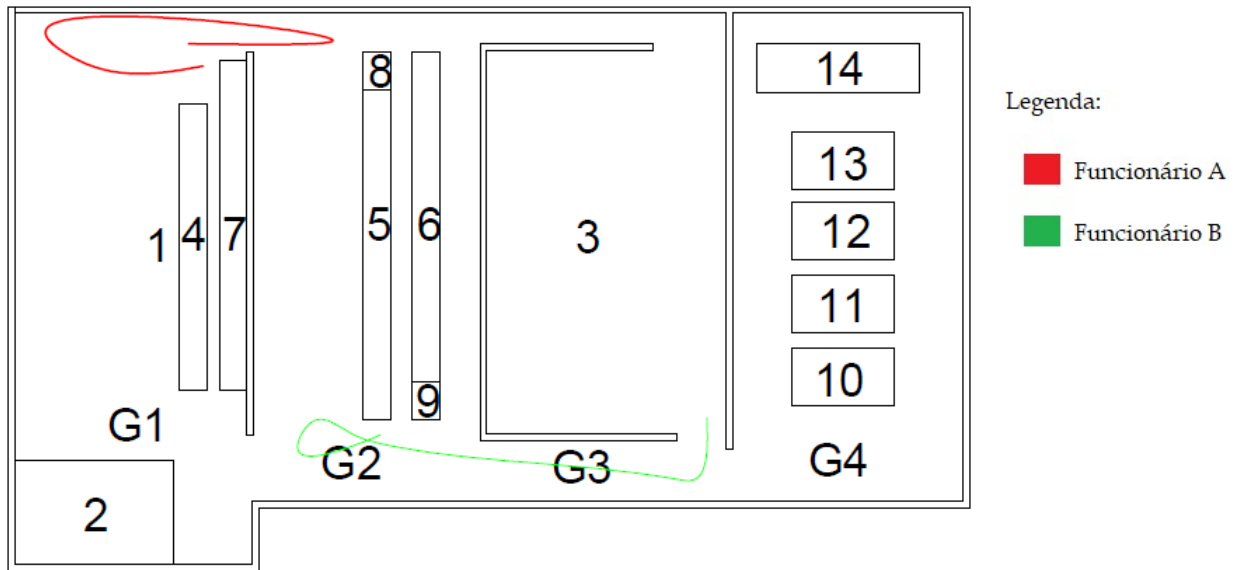
A segunda sugestão é mostrada na Figura 25, onde é possível observar que as máquinas continuam nos mesmos galpões, conforme a Proposta - 1, porém, desta vez as extrusoras de grãos e manta estão mais próximas da parede da direita no Galpão 1.

Figura 25 – *Layout* Proposto - 2

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Realizando o Diagrama de Espaguete, mostrado na Figura 26, é possível observar que não houve alteração para o funcionário B em relação a deslocamento.

Figura 26 – Diagrama de Espaguete - 2



Fonte: Próprio Autor, 2021.

A Tabela 5 mostra os tempos gastos para realizar as tarefas do Funcionário A.

Tabela 5 – Funcionário A - *Layout* Proposto 2

| Medição | Tempo Gasto |
|--------------|----------------|
| 1 | 0,35 min |
| 2 | 0,5 min |
| 3 | 0,42 min |
| 4 | 0,52 min |
| 5 | 0,48 min |
| 6 | 0,53 min |
| 7 | 0,45 min |
| Média | 0,5 min |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

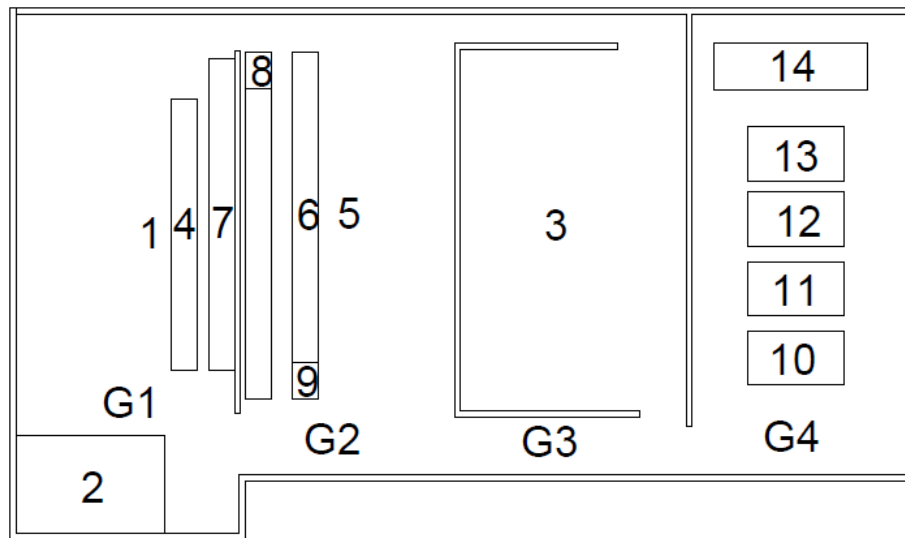
É possível notar que o T_{ha} foi de 0,50 min. Refazendo os cálculos é possível obter que o tempo diário (T_{da}) e o mensal (T_{ma}) foram reduzidos para 42,40 min e 16,8 h respectivamente.

Os resultados para os tempos do funcionário B são os mesmos obtidos com o *Layout* Proposto 1, calculados anteriormente.

4.4 *Layout* proposto - 3

A Figura 27 mostra o último *layout* proposto, onde é possível notar que as máquinas estão nos mesmos galpões que as propostas anteriores. Porém, as extrusoras estão localizadas a direita do galpão 1, igual a proposta 2, mas as colimações estão a esquerda no galpão 2.

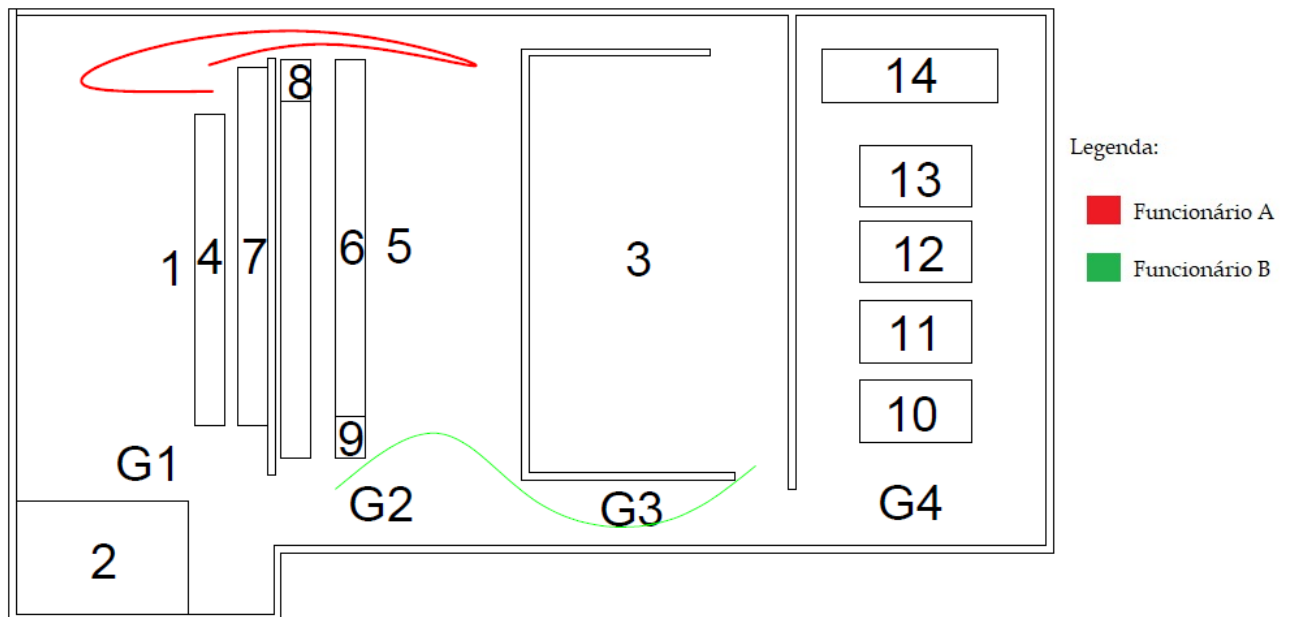
Figura 27 – Layout Proposto - 3



Fonte: Próprio Autor, 2021.

A Figura 28 mostra a análise pelo Diagrama de Espaguete da terceira proposta.

Figura 28 – Diagrama de Espaguete - 3



Fonte: Próprio Autor, 2021.

A Tabela 6 mostra os tempos do funcionário A para realizar as tarefas com base na proposta número 3.

Tabela 6 – Funcionário A - *Layout* Proposto 3

| Medição | Tempo Gasto |
|--------------|-----------------|
| 1 | 0,62 <i>min</i> |
| 2 | 0,63 <i>min</i> |
| 3 | 0,55 <i>min</i> |
| 4 | 0,65 <i>min</i> |
| 5 | 0,62 <i>min</i> |
| 6 | 0,67 <i>min</i> |
| 7 | 0,58 <i>min</i> |
| Média | 0,62 <i>min</i> |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

É possível notar que o T_{ha} foi de aproximadamente 0,62 *min*. Refazendo os cálculos é possível obter que o tempo por dia (T_{da}) e o mensal (T_{ma}) foram reduzidos para 52,2 *min* e 20,88 *h* respectivamente.

A Tabela 7 mostra os tempos para o funcionário B realizar as tarefas.

Tabela 7 – Funcionário B - *Layout* Proposto 3

| Análise | Tempo Gasto |
|--------------|-----------------|
| 1 | 8,08 <i>min</i> |
| 2 | 7,58 <i>min</i> |
| 3 | 7,40 <i>min</i> |
| 4 | 8,58 <i>min</i> |
| 5 | 7,97 <i>min</i> |
| 6 | 8,17 <i>min</i> |
| 7 | 7,92 <i>min</i> |
| Média | 8 <i>min</i> |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Refazendo os cálculos, os novos valores para T_{hb} , T_{db} e T_{mb} foram de respectivamente: 8 *min*, 4,25 *h* e 101,76 *h*.

4.4.1 Comparativo

Para elaboração das propostas, buscou-se identificar possibilidades de remanejamento dos equipamentos. Nessa etapa, ficou evidente que o maior incidência de fluxo cruzado ocorre entre os galpões 2 e 3, visto não haver um fluxo linear produção.

Caso a posição de outros equipamentos fosse modificada poderia haver prejuízo a outros setores. Por exemplo, caso as linhas de montagem fossem alteradas, poderia ser pouco benéfico, tendo em vista que trata-se da etapa final do processo produtivo da empresa.

Dessa forma, as propostas de *layout* buscaram garantir que o material seguisse sempre um fluxo de produção linear, evitando retornar a outros galpões. Após definida a

ordem correta dos galpões, foi preciso analisar a disposição dos equipamentos dentro de cada um.

Com as propostas elaboradas e analisadas, é possível reunir e comparar os resultados, o que pode ser visto nas Tabelas 8 e 9

Tabela 8 – Comparativo - Funcionário A

| Parâmetro | Layout | | | |
|-----------|----------|------------|------------|------------|
| | Atual | Proposto 1 | Proposto 2 | Proposto 3 |
| T_{ha} | 1,35 min | 0,45 min | 0,50 min | 0,62 min |
| T_{da} | 1,89 h | 37,8 min | 42,40 min | 52,2 min |
| T_{ma} | 43,36 h | 15,2 h | 16,8 h | 20,88 h |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Tabela 9 – Comparativo - Funcionário B

| Parâmetro | Layout | | | |
|-----------|----------|------------|------------|------------|
| | Atual | Proposto 1 | Proposto 2 | Proposto 3 |
| T_{hb} | 8,63 min | 7,48 min | 7,48 min | 8 min |
| T_{db} | 4,47 h | 3,99 h | 3,99 h | 4,25 h |
| T_{mb} | 107,28 h | 95 h | 95 h | 101,76 h |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Analisando os comparativos entre os tempos gastos dos funcionários em relação aos diferentes tipos de propostas seria possível escolher o primeiro layout. Porém, Buscando garantir uma análise mais completa, considerando também outros critérios relevantes à produção, foi elaborada a matriz de prioridades mostrada na Tabela 10, onde 1 significa o melhor valor (mais favorável) e 5 o pior valor (menos favorável).

Tabela 10 – Prioridades

| | Atual | Proposto 1 | Proposto 2 | Proposto 3 |
|--------------------------------|-------|------------|------------|------------|
| Fluxo cruzado | 5 | 1 | 1 | 2 |
| Tempo gasto | 5 | 1 | 2 | 3 |
| Risco de incêndio | 3 | 2 | 3 | 5 |
| Linearidade da Produção | 5 | 1 | 2 | 3 |

Fonte: Próprio Autor, 2021.

Conforme a produção é cada vez menos linear, existe maior chance de fluxo cruzado e maiores riscos de acidentes. Outro ponto importante a ser considerado são os riscos de incêndio, uma vez que tempos excessivos de movimentação diminuem a possibilidade de reação em caso de alguma ocorrência ao equipamento. Dessa forma, a opção mais interessante é a proposta 1, onde foi possível a obtenção dos melhores resultados e menores tempos de movimentação que indicam redução de aproximadamente 65% para o funcionário A e 13% para o funcionário B.

Com estes resultados, é possível observar que a região onde o fluxo era interrompido, ou seja, onde os materiais retornam a algum galpão anterior, foi melhorada. Dessa forma a fábrica passa a ter um fluxo de produção sem interrupções ou contrafluxos.

Com isso, os funcionários podem auxiliar em outras etapas ou setores da empresa, permitindo redução de custos, diminuindo a necessidade de mão de obra adicional para realizar as tarefas dentro da fábrica.

Além disso, são capazes de realizar com uma melhor qualidade as tarefas nas quais são responsáveis, evitando e diminuindo chances de possíveis acidentes devido à estarem desatentos e errarem alguma operação ou em caso de alguma falha de equipamento por exemplo terem um tempo mais rápido de reação.

Portanto, a solução proposta permite redução de tempos de movimentação, melhoria no fluxo de produção e redução de condições inseguras, tornando-a viável para implantação com investimento relativamente baixo, visto que não será necessário a compra de nenhum equipamento.

5 Considerações finais

Nem todas as empresas são concebidas com o melhor arranjo físico. Porém, isto não significa que elas não podem se adaptar, possibilitando expansão e aumento de produção por meio da otimização do fluxo produtivo e arranjo físico.

Conforme analisado no trabalho, a otimização do arranjo físico pode trazer diversas vantagens para a empresa. É importante notar que as reduções de tempo obtidas permitem que os funcionários auxiliem em outras atividades onde houver necessidade na empresa. Além disso, os ganhos obtidos com a mudança de *layout* englobam também melhoria do fluxo produtivo e das condições de trabalho.

Permitir que o funcionário acompanhe o funcionamento do seu equipamento não significa que ele esteja ocioso. Com isso, é possível que o mesmo perceba falhas ou desajustes que ele mesmo consiga resolver, desenvolvendo sua autonomia para cuidar melhor do seu equipamento.

Dessa forma, as vantagens que podem ser observadas vão além de resultados quantitativos, ou seja, envolvendo também aspectos qualitativos. A qualidade de serviço e disponibilidade do funcionário podem ser melhor aproveitadas, além de garantir que o fluxo de produção seja o mais uniforme possível.

Melhorando-se o fluxo de produção, passa a ser mais viável a implementação de novas ferramentas de gestão da produção, especialmente aquelas associadas à filosofia da Produção Enxuta, consolidando as práticas existentes e possibilitando um ciclo virtuoso de melhoria contínua na empresa.

Referências

ABIPLAST. *ÍNDICE DE PLÁSTICO RECICLADO PÓS-CONSUMO*.

2019. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/noticias/>

[indice-de-plastico-reciclado-pos-consumo-cresceu-em-2019-segundo-estudo-encomendado-pelo-picpla](http://www.abiplast.org.br/noticias/index-de-plastico-reciclado-pos-consumo-cresceu-em-2019-segundo-estudo-encomendado-pelo-picpla)

>. Citado na página 15.

ALMEIDA, R. d. S. Influência da velocidade de rotação no processo de extrusão do polipropileno virgem e reciclado. [sn], 2010. Citado na página 17.

ASHTER, S. A. 4 - lamination. In: ASHTER, S. A. (Ed.). *Thermoforming of Single and Multilayer Laminates*. Oxford: William Andrew Publishing, 2014. p. 65–81. ISBN 978-1-4557-3172-5. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781455731725000049>>. Citado na página 20.

BATISTA, R. A. Obtenção do polietileno a partir de fontes renováveis. 2013. Citado na página 12.

BOEG, J. Kanban em 10 passos. *Tradução de Leonardo Campos, Marcelo Costa, Lúcio Camilo, Rafael Buzon, Paulo Rebelo, Eric Fer, Ivo La Puma, Leonardo Galvão, Thiago Vespa, Manoel Pimentel e Daniel Wildt. C4Media*, 2010. Citado na página 27.

CÂNDIDO, G. M.; ALMEIDA, S. F.; REZENDE, M. C. Processamento de laminados de compósitos poliméricos avançados com bordas moldadas. *Polímeros*, SciELO Brasil, v. 10, p. 31–41, 2000. Citado na página 20.

CARVALHO, F. de. Síntese e propriedades de nanocompósitos de polietileno/nanolâminas de grafeno obtidos através de polimerização in situ. 2012. Citado na página 12.

CHEN, M. *Made in Chine*. 2021. Disponível em: <<https://hgcutting.en.made-in-china.com/product/SKqzmzDnPZXVB/China-Hydraulic-Plastic-Plywood-Sheet-Press-Cutting-Machine-HG-B30T-.html>>.

Citado na página 19.

CHIAVENATO, I. *Administração*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.

DEMBOGURSKI, R. A.; OLIVEIRA, M. d.; NEUMANN, C. Balanceamento de linha de produção. *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro*, 2008. Citado na página 22.

FERREIRA, M. A. A importância do planejamento estratégico para o crescimento das empresas. *Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais*, v. 2, n. 1, p. 34–39, 2005. Citado na página 10.

FIGUEIREDO, L. H. W. d. Aplicação dos tipos de layout: uma análise da produção científica. 2016. Citado na página 23.

GUNNSTEINSSON, Å. *Analysis of an assembly process of electric detonators with application of lean manufacturing*. 2011. Citado na página 28.

- JONES, D. T.; WOMACK, J. P. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. [S.l.]: Gulf Professional Publishing, 2004. Citado na página 27.
- JÚNIOR, J. H. C. G. *Análise do desempenho dos arranjos físicos distribuídos em ambiente de roteamento de tarefas com flexibilidade de seqüência de fabricação*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- JUNIOR, S. V. C. *Ciência dos polímeros*. Artliber editora, São Paulo, 2002. Citado na página 12.
- JUNIOR, T. W. Fordismo, toyotismo e volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido. *Revista de administração de Empresas*, SciELO Brasil, v. 32, n. 4, p. 6–18, 1992. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- MAGALHAES, L. *Sustentabilidade*. 2018. <<https://www.todamateria.com.br/sustentabilidade/>>. Citado na página 16.
- MANRICH, S. *Processamento de Termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes*. [S.l.]: Artliber Ed., 2005. Citado na página 12.
- MENDONÇA, B. H. Proposta de alteração de arranjo físico, baseado na metodologia lean e aplicação do diagrama de espaguete: Uma pesquisa-ação em uma metalurgia. *XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2017. Citado na página 10.
- OHNO, T. *O sistema Toyota de produção além da produção*. [S.l.]: Bookman, 1997. Citado na página 27.
- OSADA, T. *Housekeeping, 55's: seri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke/Takashi Osada*. [S.l.]: Instituto IMAM, 1992. Citado na página 26.
- RAWENDAAL, C. *Polymer Extrusion*. [S.l.]: HANSER, 2014. Citado na página 16.
- ROGERIO, R. Mapa de fluxo de valor aplicado em uma micro cervejaria. 2018. Citado na página 25.
- ROSENTRATER, K.; BALAMURALIKRISHNA, R. Value stream mapping—a tool for engineering and technology education and practice. In: *Proceedings of the 2006 ASEE IL/IN Conference, Fort Wayne, IN, USA*. [S.l.: s.n.], 2006. Citado na página 25.
- SILVA, E. A. d.; NETO, J. M. M. Possibilidades de melhorias ambientais no processo de reciclagem do polietileno. *Polímeros*, SciELO Brasil, v. 26, n. SPE, p. 49–54, 2016. Citado na página 15.
- SLACK, N. et al. *Administração da produção*. [S.l.]: Atlas São Paulo, 2009. v. 2. Citado na página 24.
- SORDI, G. Dimensionamento da viga principal de uma ponte rolante. Centro Universitario UNIVATES, 2016. Citado na página 10.
- SOUSA, A. R. de Frederico celestino barbosa. 2020. Citado na página 23.
- SPALDING, A. C. M. *Handbook of Industrial Polyethylene and Technology*. [S.l.: s.n.], 2017. Citado 3 vezes nas páginas 16, 17 e 18.

SPINACÉ, M. A. d. S.; PAOLI, M. A. D. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Química nova*, SciELO Brasil, v. 28, n. 1, p. 65–72, 2005. Citado na página 15.

SUMI, W. K. S. *O Papel do 5S na Implantação de Ferramentas de Produção Enxuta: Um Estudo de Caso*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2017. Citado na página 26.

TENÓRIO, F. G. A unidade dos contrários: fordismo e pós-fordismo. *Revista de administração pública*, SciELO Brasil, v. 45, p. 1141–1172, 2011. Citado na página 22.

VANTI, N. Ambiente de qualidade em uma biblioteca universitária: aplicação do 5s e de um estilo participativo de administração. *Ciência da Informação*, SciELO Brasil, v. 28, p. 333–339, 1999. Citado na página 26.

WCED, S. W. S. World commission on environment and development. *Our common future*, Oxford University Press London, v. 17, n. 1, p. 1–91, 1987. Citado na página 15.