

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
Campus Ibirubá**

ODAIR PRESTES CAMARGO JÚNIOR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
**Estudo de internalização e criação de um posto de trabalho visando otimização de
custo para uma empresa do ramo agrícola**

**Ibirubá
2024**

ODAIR PRESTES CAMARGO JÚNIOR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Estudo de internalização e criação de um posto de trabalho visando otimização de custo para uma empresa do ramo agrícola

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Gestão e monitoramento de processos industriais.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Adão Felipe Oliveira Skonieski

Ibirubá

2024

Página da biblioteca

Estudo de internalização e criação de um posto de trabalho visando otimização de custo para uma empresa do ramo agrícola

Odaír Prestes Camargo Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Ibirubá, 16 de dezembro de 2024.

Banca Examinadora:

Professor Adão Felipe Oliveira Skonieski
IFRS Campus Ibirubá

Professor Flávio Roberto Andara
IFRS Campus Ibirubá

Professor Émerson dos Santos Passari
IFRS Campus Ibirubá

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho o meu pai, Odair Prestes Camargo, à minha mãe, Neiva Claudete Hartmann, e à minha irmã, Ana Luiza Prestes Camargo, que me apoiaram, compreenderam e motivaram todos os dias. Sem vocês, nada disso seria possível.

Também dedico às minhas avós Olívia Prestes Camargo, e Joana Kuzniewski Hartmann (in memoriam) com todo o meu amor e gratidão.

Vó Joana, você nos deixou no ano de 2024, mas tenho certeza de que está em um lugar melhor. Sou imensamente grato por todo o carinho e cuidado que teve durante minha criação. Te amarei para sempre!

RESUMO

O mercado de implementos agrícolas está em constante evolução tecnológica, o que impõe às fábricas a necessidade de inovar em seus processos de produção. Paralelamente, a crescente concorrência no setor aumenta a pressão para reduzir custos, garantindo preços competitivos e uma margem de lucro adequada. Este estudo tem como objetivo demonstrar os benefícios financeiros alcançados ao substituir um processo terceirizado por um processo internalizado. Para atingir esse objetivo, foram realizados estudos sobre a situação atual, viabilidade da internalização, ferramentas necessárias, arranjo físico e, por fim, a implementação da estação de trabalho. Como principais resultados, destacam-se a redução de custos dos itens, o que proporciona um ganho econômico de aproximadamente R\$ 1 milhão por ano, fortalecendo a saúde do negócio e permitindo-lhe tornar seus produtos mais competitivos no mercado ou reinvestir no aprimoramento do parque fabril.

Palavras-chave: Redução de custo. Internalização de processo industrial. *Lean Manufacturing*. Arranjo físico. *Layout*.

ABSTRACT

The agricultural implements market is constantly evolving technologically, which requires factories to innovate in their production processes. At the same time, the increasing competition in the sector heightens the pressure to reduce costs, ensuring competitive prices and an adequate profit margin. This study aims to demonstrate the financial benefits achieved by replacing an outsourced process with an internalized one. To achieve this goal, studies were conducted on the current situation, the feasibility of internalization, the necessary tools, physical arrangement, and finally, the implementation of the workstation. Key results include cost reduction of the items, providing an economic gain of approximately R\$ 1 million per year, strengthening the business's financial health, and enabling it to make its products more competitive in the market or reinvest in the improvement of the manufacturing facility.

Key words: Cost reduction. Industrial process internalization. Lean Manufacturing. Physical layout. Layout.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

STP	Sistema Toyota de Produção
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
TRF	Troca Rápida de ferramenta
SI	<i>Setup</i> interno
SE	<i>Setup</i> externo
PDCA	<i>Plan, do, check, act</i>
PVC	Policloreto de vinila
PU	Poliuretano
FLEX	Flexível
PPCI	Plano de prevenção e combate a incêndios
IHM	Interface homem máquina
CLP	Controlador lógico programável
NR 17	Norma Regulamentadora n° 17

LISTA DE SÍMBOLOS

R\$	Moeda (Real brasileiro)
“	Polegadas
kg	Quilograma
m	Metro
M	Milhão
k	Milhar

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de um fluxo <i>Kanban</i>	21
Figura 2 - Etapas iniciais do mapeamento do fluxo de valor.	24
Figura 3 - Percepção das funções de trabalho com divisão de inovação e <i>kaizen</i>	25
Figura 4 - Representação do ciclo PDCA.	25
Figura 5 - Representação do deslocamento de sementes através dos tubos.	30
Figura 6 - Representação do deslocamento de ar da turbina através do tubo.	31
Figura 7 - Representação da exaustão do ar da turbina através do tubo.	32
Figura 8 – Mapeamento simplificado do fluxo de valor dos tubos flexíveis no estado atual.	34
Figura 9 - Comparação do item físico com desenho técnico.	35
Figura 10 - Armazenamento dos itens no estoque logístico.	36
Figura 11 - Representação em vista superior da máquina de corte de tubos.	44
Figura 12 - Especificação da área para instalação da talha elétrica feita no software <i>DraftSight 2022</i>	46
Figura 13 - Representação do carro de armazenamento para tubos flexíveis.	47
Figura 14 - Prédio localizado no exterior da manufatura.	49
Figura 15 - Área localizada no subsolo da manufatura.	49
Figura 16 - Área mapeada.	51
Figura 17 - Entrada de material.	52
Figura 18 - Etapa de corte de tubos e controle de produção.	52
Figura 19 - Área de armazenamento dos itens.	53
Figura 20 - Fluxo completo do material no processo.	54
Figura 21 - Posto implementado.	55
Figura 22 - Comparação do modelo virtual com o arranjo físico.	56
Figura 23a - Diagrama de espaguete para tubos maiores que 1.1/2 polegadas.	57
Figura 23b - Diagrama de espaguete para tubos menores ou igual a 1.1/2 polegadas.	58
Figura 24 - Partes principais da máquina de corte de tubos flexíveis.	59
Figura 25 - Identificação dos roletes e sensores.	60
Figura 26 - Identificação da parte de corte.	60
Figura 27 - Item cortado na máquina de corte de tubos flexíveis.	61

Figura 28 – Redução de custos dos itens após a internalização.....	62
Figura 29 - Projeção de gastos comparando o processo externo e interno com dados de volumes do quarto trimestre de 2023.....	63
Figura 30 - Projeção de economia anual e acumulada com dados de volumes do quarto trimestre de 2023.	64
Figura 31 – Mapeamento simplificado do fluxo de valor após a internalização do processo de corte.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tubos flexíveis cortados pelo fornecedor 1.....	38
Tabela 2 – Projeção da demanda da quantidade de peças ao decorrer dos anos.	38
Tabela 3 - Projeção dos custos por item com o estado atual.	39
Tabela 4 - Novo custos dos tubos flexíveis.	40
Tabela 5 - Projeção dos custos por item com o novo processo.	40
Tabela 6 - Economia projetada por item para os próximos anos.....	41
Tabela 7 - Tubos flexíveis que a máquina deve cortar.	43
Tabela 8 - Valor da massa de cada rolo de matéria-prima.....	45
Tabela 9 - Itens e quantidades para a montagem dos reservatórios de insumos.....	48
Tabela 10 - Itens e quantidades para a montagem das ferramentas de plantio.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivos específicos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E O <i>LEAN MANUFACTURING</i>	15
2.2	OBJETIVOS DO STP E <i>LEAN MANUFACTURING</i>	16
2.3	DESPERDÍCIOS PELO STP E <i>LEAN MANUFACTURING</i>	16
2.4	FERRAMENTAS E METODOLOGIAS USADAS PELO STP E LM.....	18
2.4.1	Metodologia 5S	18
2.4.2	<i>Poka-Yoke</i> e <i>Andon</i>	19
2.4.3	Sistema <i>Kanban</i>	20
2.4.4	<i>Heijunka</i>	21
2.4.5	Troca rápida de ferramenta (TRF)	22
2.4.6	Mapa do fluxo de valor	22
2.4.7	<i>Kaizen</i>	24
2.5	<i>LAYOUT</i> : ARRANJO FÍSICO.....	26
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	OBJETO DE ESTUDO.....	28
3.2	METODOLOGIA	28
3.3	CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE PRODUTOS.....	29
3.3.1	Tubo flexível para transporte de semente	29
3.3.2	Tubos flexível dos sistemas de pressão	30
3.3.3	Tubos flexíveis de exaustão	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	ANÁLISE DO ESTADO ATUAL	33
4.1.1	Análise do processo atual	33
4.1.2	Análise dos itens	34

4.1.2.1	Comparação do item físico diante o desenho técnico.....	35
4.1.2.2	Armazenamento e fluxo de material.....	36
4.2	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	37
4.3	ESCOPOS DE AQUISIÇÃO DE MAQUINÁRIOS	41
4.3.1	Escopo de aquisição: máquina de corte de tubos flexíveis	41
4.3.2	Escopo de aquisição: talha elétrica.....	44
4.3.3	Escopo de aquisição: carros logísticos.....	46
4.4	PROJETO DO <i>LAYOUT</i> VIRTUAL	48
4.5	IMPLEMENTAÇÃO DO POSTO DE TRABALHO.....	55
4.5.1	Funcionamento do posto de trabalho	55
4.5.2	Funcionamento da máquina de corte	58
4.6	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	62
5	CONCLUSÃO	67
6	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o mercado de implementos agrícolas passa por um constante avanço tecnológico, o que exige que as fábricas inovem em seus processos de produção. Além disso, a crescente concorrência no setor intensifica a necessidade de reduzir custos, garantindo que os preços dos produtos se mantenham competitivos e que a margem de lucro seja adequada. Assim, observa-se um aumento na adoção da filosofia *Lean Manufacturing* nas fábricas, que promove uma cultura de eliminação de desperdícios, resultando em maior produtividade e redução de custos.

Além de ajudar na identificação de desperdícios nos processos internos da empresa, as práticas da filosofia *Lean Manufacturing* também permitem uma análise abrangente das perdas em todo o fluxo, possibilitando a identificação de oportunidades de melhorias como uma internalização de itens.

A internalização da produção de um produto fabricado por um fornecedor é uma estratégia adotada por empresas que buscam aumentar sua competitividade e eficiência. Essa abordagem proporciona vantagens, como redução de custos operacionais, maior controle sobre a qualidade e agilidade na resposta às demandas do mercado. Além disso, a internalização facilita a inovação e a atualização dos produtos, protegendo ao mesmo tempo a propriedade intelectual da empresa. Ao internalizar a produção, as empresas conseguem integrar melhor os processos, desenvolver competências internas e, conseqüentemente, aprimorar sua posição no mercado.

Para que a internalização de um item seja bem-sucedida, é essencial realizar um estudo de viabilidade que avalie aspectos financeiros, como retornos monetários e o tempo de retorno do investimento. Além disso, a análise das características técnicas e operacionais é crucial para projetar uma estação de trabalho que garanta a segurança operacional, a qualidade do produto, a otimização das operações, um ambiente organizado e um fluxo de material claramente definido.

Através do que foi mencionado, este trabalho abordará a um estudo de internalização de itens e a criação de um posto de trabalho para sua fabricação. O desenvolvimento do tema incluirá desde o estudo de viabilidade financeira, técnica e operacional até a implementação da nova estação de trabalho, evidenciando o funcionamento desta estação de trabalho e por fim comparando os retornos monetários.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se concentra na necessidade de redução de custos em empresas de produção de implementos agrícolas. Em um cenário de alta concorrência de mercado, é fundamental que as empresas aumentem a eficiência de geração de valor, diminuindo ou eliminando os custos desnecessários e assim, maximizando os lucros e aumentando a saúde do negócio.

Realizar um estudo de viabilidade para a internalização dos itens assegurará que os investimentos gerem um retorno monetário. A implementação do posto de trabalho possibilitará a redução e eliminação dos custos associados à compra desses itens de um fornecedor, aumentando assim o lucro no produto. Isso, por sua vez, abrirá oportunidades para novos investimentos na manufatura que visem o aumento da produtividade, segurança ou de futuras internalizações.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é a internalização do processo de corte de tubos flexíveis, com o intuito de reduzir os custos para uma empresa de implementos agrícolas. Esses tubos são utilizados para transportar e distribuir insumos das caixas de armazenagem até as linhas de plantio das plantadeiras. Atualmente, o processo de corte é terceirizado, o que resulta em custos adicionais desnecessários. Assim, o estudo visa analisar a viabilidade de obter ganhos financeiros ao internalizar essa atividade, possibilitando a criação de um posto de trabalho dedicado ao processo.

1.2.1 Objetivos específicos

Com base no objetivo geral apresentado, os objetivos específicos estão delineados abaixo para estruturar a execução das atividades necessárias ao alcance do resultado desejado:

- i. Realizar uma análise do estado atual dos itens, com o objetivo de compreender o funcionamento da fábrica em relação a eles e as características dos itens que se pretende internalizar;

- ii. Avaliação da viabilidade econômica da internalização de processo de corte tubos flexíveis em comparação com este sendo realizado em fornecedor;
- iii. Avaliação das necessidades do novo posto de trabalho, sendo requisitos funcionais do ferramental e definição dos fluxos de entrada, saída e armazenamento de material em um *layout* virtual para implementação do processo de corte interno dos tubos flexíveis;
- iv. Implementação do posto de trabalho para corte interno dos tubos flexíveis se viável;
- v. Análise dos resultados, comparando ganhos monetários dos itens sendo processados externamente com internamente;

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO E O *LEAN MANUFACTURING*

A produção enxuta, ou do inglês *Lean Manufacturing*, é uma filosofia de gerenciamento e um conjunto de práticas que se desenvolveu a partir do Sistema Toyota de produção (STP). O termo “*Lean Manufacturing*” foi difundindo em meados dos anos 1990 com o livro “A máquina que mudou o mundo” de James Womack e Daniel Jones, que analisou o STP e generalizou seus princípios para além da Toyota e da indústria automotiva.

Segundo Jahara, Viera e Reis (2017), o Sistema Toyota de Produção é uma abordagem de gerenciamento de produção criado pela Toyota Motor Corporation, uma das maiores fabricantes de automóveis do mundo. Reconhecido globalmente como um modelo de eficiência e eficácia na manufatura, o STP tem impactado práticas de produção em várias indústrias. Sua origem e evolução estão ligadas a uma série de eventos históricos e inovações ocorridos principalmente na segunda metade do século XX.

De acordo com Womack, Jones e Ross (2004), durante uma excursão aos Estados Unidos, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno visitaram a fábrica da Ford em Detroit e perceberam que seria possível melhorar o sistema de produção da empresa que trabalhavam, a Toyota. Porém, ambos, Toyoda e Ohno, notaram que copiar e implementar não seria o suficiente, devido a dificuldades de econômicas que empresas Japonesas estavam enfrentando no período pós Segunda Guerra Mundial. Assim, Ohno começou a desenvolver ideais que reduziriam desperdícios e simplificariam o processo tornando o mais barato e rápido.

Segundo Womack, Jones e Ross (2004), como resultado, Taiichi Ohno e Shingeo Shingo, com uma de suas ideias de troca rápida de ferramenta, conseguiu uma redução de um dia para três minutos em uma troca de molde de estampagem, além de eliminar um responsável especialista para alteração do molde e aumentar a qualidade, pois as peças eram fabricadas por necessidade e não por produção em massa, sendo assim não iriam para um estoque onde o problema poderia ser visto apenas quando fossem utilizadas.

Portanto Womack, Jones e Ross (2004) concluí que, o Sistema Toyota de Produção surgiu para simplificar, aprimorar e reduzir qualquer tipo de desperdício dos processos observados na Ford, onde se utilizava um Sistema de Produção em massa. Atualmente, muitas manufaturas mundialmente utilizam das raízes do STP, para implementar o próprio Sistema de

produção, concordando-se com Ohno (1997) que afirma que o STP representa um conceito de sistema de produção utilizável em qualquer tipo de negócio.

2.2 OBJETIVOS DO STP E *LEAN MANUFACTURING*

Segundo Ohno (1997), o principal objetivo do STP é o aumento da eficiência produtiva pela eliminação consciente de desperdício que na maioria das vezes surge na tentativa de produzir o mesmo produto em grandes quantidades sem a necessidade de utilização momentânea.

De acordo com Shingo (1996), o Sistema Toyota de Produção (STP) prioriza a identificação e eliminação de qualquer forma de desperdício que eleve o custo do produto. Além disso, Shingo (1996) afirma que o STP defende uma abordagem alternativa à fórmula tradicional de cálculo do preço (custo mais lucro). Em vez disso, o STP sugere que o lucro deve ser calculado subtraindo o custo do preço. Isso ocorre devido que o preço passou a ser determinado pelo mercado em função da crescente concorrência e consumidores mais exigentes, e a única maneira de aumentar o lucro é reduzindo os custos operacionais.

De acordo com Womack, Jones e Ross (2004), os principais objetivos do *Lean Manufacturing* estão citados abaixo:

- Eliminar os desperdícios do processo;
- Melhorar a qualidade do produto;
- Diminuir estoques;
- Aumentar a flexibilidade de mudança do produto;
- Aumento de capacidade do processo.

2.3 DESPERDÍCIOS PELO STP E *LEAN MANUFACTURING*

Segundo Shingo (1996, p. 110), “a perda é qualquer atividade que não contribuí para as operações, tais como espera, acumulação de peças semiprocessadas, recarregamentos, passagem de matérias de mão em mão, etc.”

De acordo com Shingo (1996), no processo existem operações que agregam valor, sendo as atividades transformadoras da matéria-prima, quais modifica-se a qualidade ou forma do produto aumentando o seu valor através de montagem, estampagem, soldagem, pintura etc. E as que não agregadoras de valor, sendo as que não alteram ou evoluem o produto, mas são

necessárias, como movimentar de um local até outro e desembalar peças. Ainda conforme Shingo (1996), quanto menor a agregação de valor menos eficiente se torna o processo, sendo necessário melhorias reduzindo as atividades não agregadoras, ou seja, desperdícios.

Conforme argumenta Ohno (1997), a eficiência da operação se alcança quando se elimina os desperdícios e eleva-se a porcentagem de trabalho (atividades agregadoras) a 100%. Em complemento, Ohno (1997) classifica os sete desperdícios como:

- i. **Desperdício de superprodução:** É denominado a produção sem demanda em questão de quantidade ou antecipação, causando uma lotação de armazenamento, podem gerar obsolescência de matérias ou produtos, apontamento de problemas de qualidade apenas quando os itens forem utilizados.
- ii. **Desperdícios de tempo em espera:** É denominado a espera desnecessária dos recursos para começar o próximo passo para agregar valor ao produto, ocorrendo por falta de material ou problemas nos equipamentos, ocasionando uma redução na eficiência de produção.
- iii. **Desperdício de transporte:** É denominado o transporte desnecessário de materiais ou produtos entre diferentes etapas do processo. Tendo como possíveis impactos danos durante o transporte e elevação de custo devido aos recursos humanos, logísticos e de armazenamento.
- iv. **Desperdício do próprio processamento:** É denominado a etapa no processo de fabricação que não são necessárias para atingir o resultado como técnicas ou ferramentas mais sofisticadas em uma operação simples, existindo um acréscimo de tempo e custo sem alterar a qualidade ou funcionalidade do produto.
- v. **Desperdício de inventário:** É denominado o acúmulo excessivo de materiais ou produtos finalizados em estoque. Ocasionalmente em custos de armazenamento, riscos de obsolescência e problemas de qualidade.
- vi. **Desperdício de movimento:** É denominado a movimentação desnecessária dos trabalhadores e máquinas durante a operação, como buscar ferramentas em outro posto de trabalho. Logo, gerando ineficiência do processo por aumento de tempo de fabricação nas atividades não agregadoras e fadiga dos trabalhadores ao longo do turno de trabalho.
- vii. **Desperdício de defeitos:** É denominado a produção dos produtos sem atender aos padrões de qualidade, causando retrabalho ou refugo dos materiais, portanto gera custos

adicionais pelos materiais desperdiçados e utilização de recursos que poderiam ser utilizados de forma mais produtiva.

2.4 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS USADAS PELO STP E LM

No Sistema Toyota de Produção e *Lean Manufacturing*, diversas ferramentas e metodologias são empregadas para aprimorar a eficiência das operações de produção, reduzir desperdícios e aumentar o valor entregue ao cliente, resultando em um fluxo de trabalho mais ágil e eficaz.

2.4.1 Metodologia 5S

Segundo Oliveira, Cardoso e Machado (2004), o conceito de 5S surgiu no Japão na metade do século XX e envolve a organização do ambiente de trabalho através da manutenção do essencial, limpeza, padronização e disciplina na execução das tarefas. Oliveira, Cardoso e Machado (2004), ainda relatam que o 5S, são cinco sentidos derivados de palavras japonesas que começam pela letra “S”, sendo eles: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*.

Abaixo é apresentada a explicação simplificada dos cinco sentidos:

- i. ***Seiri (senso de utilização)***: De acordo com Oliveira, Cardoso e Machado (2004), este sentido consiste em manter na área de trabalho com os utensílios necessários para a realização da atividade específica, os que não são essenciais devem ser descartados ou devidamente destinados evitando tarefas adicionais. Boas práticas deste sentido envolvem identificação de materiais, ferramentas e equipamentos.
- ii. ***Seiton (senso de ordenação)***: Segundo Habu (1992 *apud* Oliveira, Cardoso e Machado, 2004), este sentido consiste na organização da área de trabalho, sendo a definição dos locais de estocagem de material, equipamentos e ferramentas para melhor fluxo, tornando a atividade mais rápida e segura. Oliveira, Cardoso e Machado (2004) complementam que com o sentido, a disposição dos recursos nos locais definidos permite um sistema de controle visual aperfeiçoando a funcionalidade do local de trabalho.
- iii. ***Seiso (senso de limpeza)***: Conforme Oliveira, Cardoso e Machado (2004), o sentido consiste na limpeza do ambiente de trabalho, pois as sujeiras e descartáveis podem causar falhas em equipamentos e prejudicar a segurança dos funcionários. Oliveira,

Cardoso e Machado (2004) afirmam que aumento da produtividade e autoestima são benefícios gerados por um ambiente limpo e organizado.

- iv. **Seiketsu (senso de saúde):** Baseado em Oliveira, Cardoso e Machado (2004), o senso consiste na garantia de um ambiente de trabalho agradável, saudável e seguro. Assim, estimula-se a aderência com a filosofia implementada pelo empregador beneficiando em uma diminuição de absenteísmo e aumento de produtividade.
- v. **Shitsuke (senso de disciplina):** Como destacado por Lapa (1998 *apud* Oliveira, Cardoso e Machado, 2004), o senso busca a correção de comportamentos e culturas inadequadas pré-estabelecidas sem alinhamento com a filosofia da empresa. Portanto, busca-se o comprometimento com as normas e procedimentos formais e informais promovendo a melhoria contínua no funcionamento da empresa.

2.4.2 Poka-Yoke e Andon

Segundo Shingo (1996), *poka-yoke* são métodos ou dispositivos para detecção de defeitos ou anormalidades do processo que podem ser utilizados em inspeções para garantia da qualidade dos produtos durante a etapa de fabricação.

Existem cinco classificações, que segundo Shingo (1996) são:

- i. **Método de controle:** O *poka-yoke* interrompe a máquina para o problema ser corrigido.
- ii. **Método de advertência:** O *poka-yoke* sinaliza de forma sonora e/ou visual o operador.
- iii. **Método de contato:** O *poka-yoke* detecta o defeito pela característica do formato e dimensional do produto.
- iv. **Método de conjunto:** O *poka-yoke* utiliza dispositivos que assegura que todos os itens necessários sejam instalados.
- v. **Método de etapas:** O *poka-yoke* detecta os defeitos durante a sequência da agregação de valor do produto. Assim, determina se atividades são seguidas pelo procedimento de trabalho padrão estabelecido.

Segundo Shingo (1996), as máquinas utilizadas na Toyota possuem sistema sinalizador de problemas, que quando o ciclo é interrompido, um painel indicador com luzes sinaliza o

motivo. Shingo (1996, p. 108), afirma que “O *andon* é um controle visual que transmite informações importante e sinaliza a necessidade de ação imediata por parte dos supervisores”. Ohno (1996) classifica os luminosos em três cores que estão abaixo junto com seus significados:

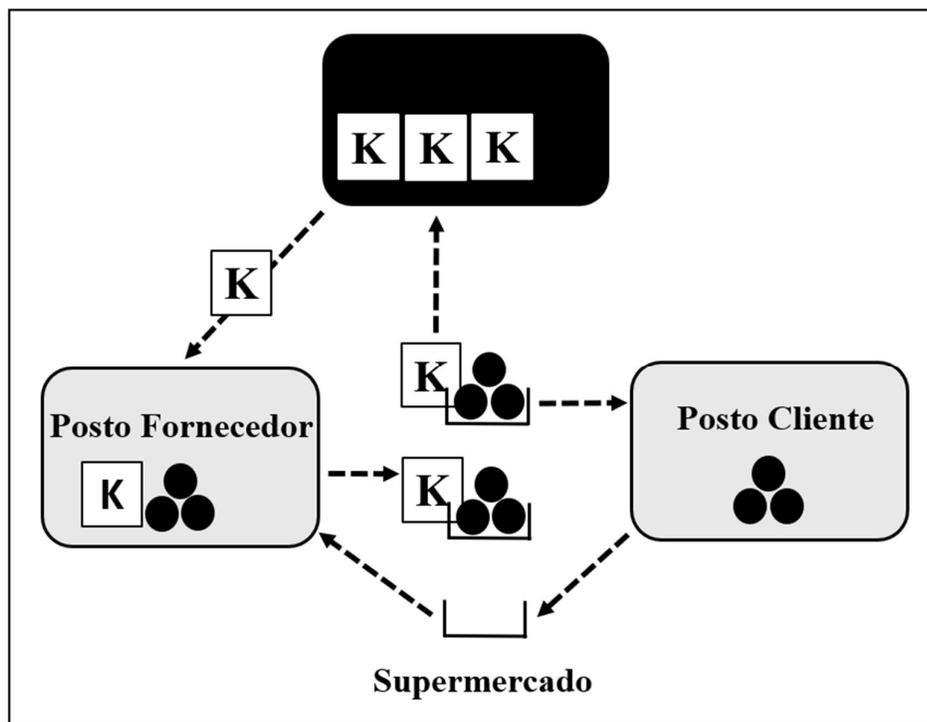
- i. **Iluminação verde:** Operação normal.
- ii. **Iluminação amarela:** Operação com necessidade de ajuste para sequência de produção.
- iii. **Iluminação vermelha:** Operação interrompida completamente, sendo necessário correção do problema.

2.4.3 Sistema *Kanban*

Segundo Tubino (2007), a palavra *Kanban* tem seu nome relacionado com a língua japonesa com significado de sinalização visual ou cartão. Tubino (2007) complementa que, o sistema *Kanban* é uma lógica de produção puxada que foi utilizada inicialmente por Taiichi Ohno em meados de 1960 e tem como base o atendimento ao cliente e a reposição das prateleiras de mercados que estavam substituindo os armazéns. Tubino (2007) explica que, nos armazéns um cliente demorava muito tempo para comprar, devido a operações de busca, pesagem, empacotamento, entrega e cobrança, ao contrário de um mercado, onde o cliente pega suas mercadorias pesadas e embaladas em quantidades padrão que estão disponíveis em uma prateleira.

Na figura 1, visualiza-se um fluxo *Kanban* previamente explicado por Tubino (2007):

- i. O cliente retira as mercadorias de uma embalagem do supermercado para consumo, esvaziando-a. O cartão *Kanban* é colocado no porta cartão e entrega-se a embalagem vazia para reposição;
- ii. Por sua vez, o fornecedor é autorizado a pegar um cartão *Kanban* e iniciar a reposição da embalagem vazia com um lote padrão indicado no cartão. Tanto a embalagem quanto o cartão devem ser disponibilizados novamente ao supermercado.

Figura 1 - Representação de um fluxo *Kanban*.

Fonte: Adaptado de Tubino (2007).

Ohno (1997) afirma que o *Kanban* impede totalmente a superprodução, reduzindo a necessidade de um estoque extra, resultado em menos desperdícios com depósitos (estoque), mão de obra (gerente) e produtos defeituoso (problemas de qualidade).

2.4.4 *Heijunka*

Segundo Womack, Jones e Ross (2004), o termo *heijunka* tem como significado a uniformidade da produção, no qual busca-se garantir que a produção seja distribuída de maneira equilibrada, evitando variações significativas ao longo do tempo.

Corforme Silva e Pasqualini (2016 *apud* Santos *et al.*, 2019), o *heijunka* tem dois objetivos principais: o primeiro é priorizar a alocação da produção de acordo com os pedidos firmados sequenciais; o segundo é equilibrar o processo puxador alocando os itens conhecidos como niveladores posteriormente. Complementam Santos *et al.* (2019) que, após a produção dos itens com pedidos firmados, a capacidade restante é alocada para os itens niveladores. Se houver excesso de capacidade disponível além da demanda planejada, os itens de estabilização

são adicionados ao estoque. Caso contrário, estes são retirados do estoque para atender à demanda planejada.

Portanto Santos *et al.* (2019, p. 5) confirmam que “o *heijunka* se traduz numa lógica de programação da produção baseada no sequenciamento e nivelamento dos recursos produtivos como alternativa as incertezas da demanda, suavizando assim a produção.

2.4.5 Troca rápida de ferramenta (TRF)

De acordo com Shingo (1996), a troca rápida de ferramentas (TRF) é um método que visa reduzir o tempo necessário para alteração (*setup*) de ferramentas em maquinários. A ideia principal do TRF é tornar essas trocas as mais rápidas e eficientes possível, idealmente em menos de 10 minutos, assim reduzindo desperdícios.

Shingo (1996) classifica dois tipos de operação de alteração de ferramentas (*setup*):

- i. **Setup interno (SI):** operações de troca de ferramenta que necessitam de maquinário parado, como a fixação de moldes;
- ii. **Setup externo (SE):** operações de troca de ferramenta que podem ser realizadas com a máquina em produção, como a movimentação de um molde ou estocagem.

Shingo (1996) relata que em uma consultoria prestada para a Toyota Motors em 1970, teve resultados de redução de tempo de *setup* de 4 horas para 1,5 horas identificando, distinguindo e melhorando as operações de SI e SE. Shingo (1996) ainda relata que, em uma segunda consultoria realizada meses depois, a meta do tempo para completar a alteração de ferramenta para o mesmo caso foi definida para 3 minutos. Esse objetivo foi alcançado ao converter os *setups* internos para *setups* externos resultando em uma maior produtividade, uma vez que o SE permitiu que o maquinário continuasse em operação, sem necessidade de parada (Shingo, 1996).

2.4.6 Mapa do fluxo de valor

Segundo Rother e Shook (2003), o mapeamento do fluxo de valor envolve todas as ações necessárias para a produção de um produto, desde a aquisição da matéria-prima até a entrega

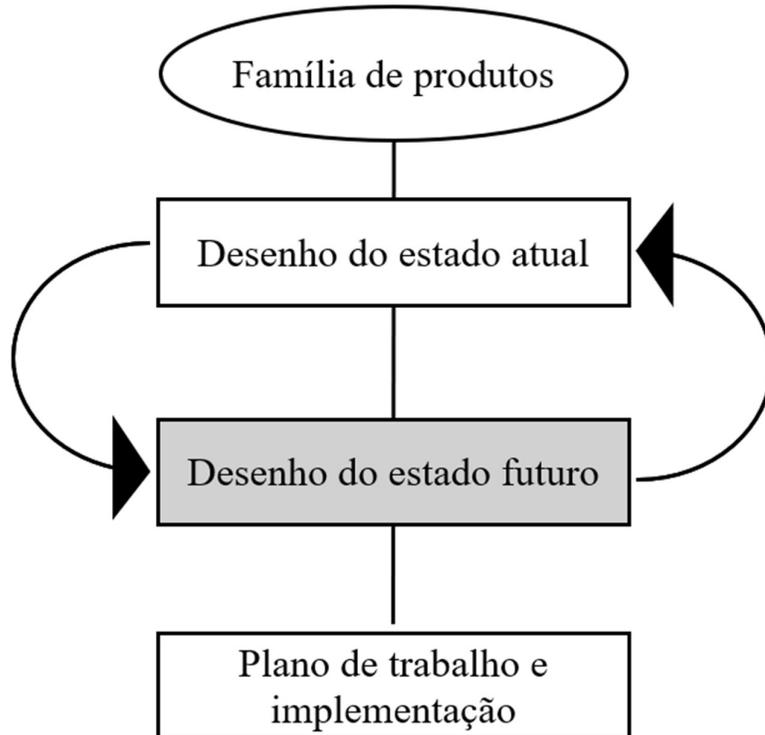
ao cliente. Rother e Shook (2003) ainda complementam que, este mapeamento ajuda na compreensão do fluxo de material conforme este avança as etapas.

De acordo com Rother e Shook (2003), o mapa do fluxo de valor destaca os seguintes pontos:

- i. Ajuda a visualizar o fluxo completo, saindo da visualização de apenas um posto de trabalho específico;
- ii. Ajuda a identificar as fontes de desperdício no fluxo total do material;
- iii. Relaciona o fluxo de informação com o fluxo de material.

Conforme apontado por Rother e Shook (2003), antes de iniciar um mapa de fluxo de valor, é necessário focalizar e definir os produtos que serão incluídos no mapeamento, de forma que os itens são processados semelhantemente e utilizam equipamentos comuns. Além disso, complementam que o primeiro passo é mapear o estado atual por meio da pesquisa e coleta de informações no chão de fábrica, uma vez que isso fornece a base para avançar em direção ao estado futuro. Rother e Shook (2003) também observam que o mapeamento do estado futuro pode revelar aspectos do estado atual que foram inicialmente omitidos. Por fim, os autores concluem que o passo final é a preparação e implementação de um plano para alcançar o estado futuro e após a efetivação, é necessário realizar um novo mapeamento para definir um próximo estado futuro, mantendo assim o processo de melhoria contínua. É possível de visualizar as etapas para melhor entendimento na figura 2.

Figura 2 - Etapas iniciais do mapeamento do fluxo de valor.



Fonte: Adaptado Rother e Shook (2003).

2.4.7 *Kaizen*

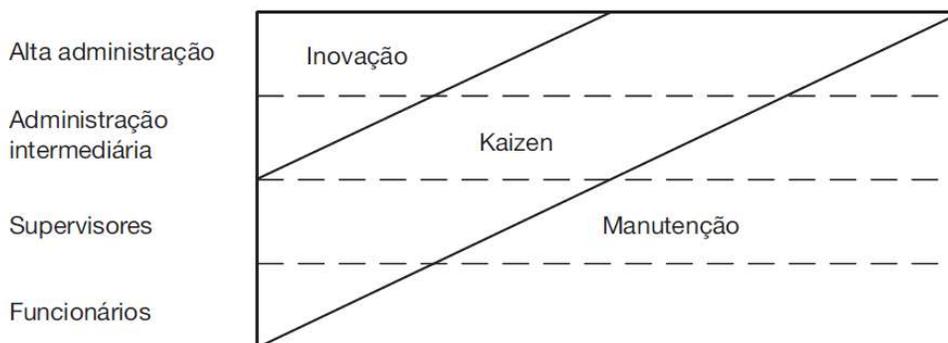
Segundo Ortiz (2010), *kaizen* é um termo japonês que tem como significado melhoria contínua. Ainda conforme Ortiz (2010), esta filosofia trata de envolver todos os funcionários da organização (liderança, engenheiros, operadores, entre outros.) para a busca nas melhorias globais da organização, como aumento de produtividade, redução de estoque, melhoria da qualidade e otimização de espaço no chão de fábrica.

De acordo com Imai (2014), cada funcionário da organização de cargos diferentes possui diferentes funções no contexto de melhorias (figura 3). Conforme Imai (2014), existem duas classificações de melhorias, estas são esclarecidas abaixo:

- i. ***Kaizen***: Pequenas melhorias com resultados gerados por esforços humanos, comunicação, treinamento, trabalho em equipe, autodisciplina. Ou seja, abordagens de bom senso e baixos custos para implementação;

- ii. **Inovação:** Trata-se de melhorias drásticas com resultados gerados por grandes investimentos de novos recursos tecnológicos ou equipamentos.

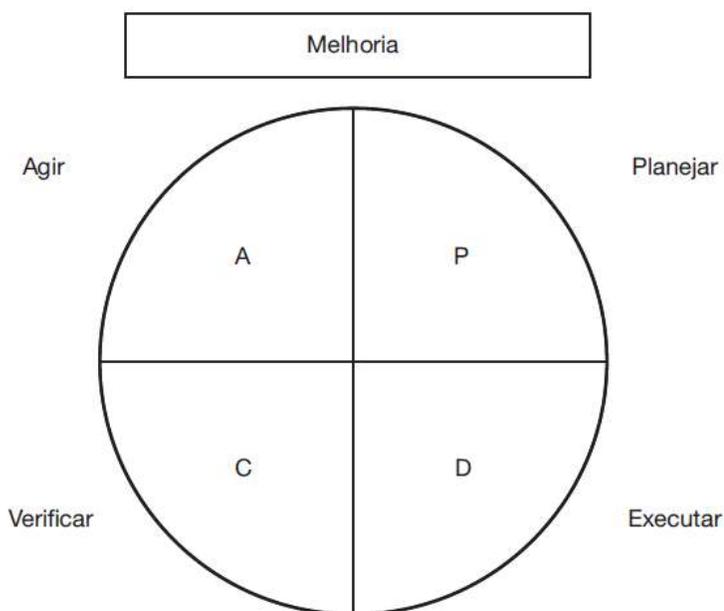
Figura 3 - Percepção das funções de trabalho com divisão de inovação e *kaizen*.



Fonte: Imai (2014)

Segundo Imai (2014), o processo de *kaizen* apoia-se na ferramenta PDCA (figura 4), uma ferramenta de gerenciamento de processos e atingimento de metas. Esta, garante uma melhoria estruturada e eficaz, de forma que depois de implementada, a equipe continue melhorando os padrões, garantindo que o processo *kaizen* mantenha-se ativo e eficiente.

Figura 4 - Representação do ciclo PDCA.



Fonte: Imai (2014).

O ciclo PDCA encontra-se particularizado da seguinte forma:

- i. **Planejar:** Sendo o problema/melhoria conhecido, estabelece-se o objetivo e um planejamento para alcançá-lo;
- ii. **Executar:** Refere-se à execução do plano;
- iii. **Verificar:** Verifica se a ação tomada tende a um resultado positivo ou se resultou na melhoria desejada;
- iv. **Agir:** Sendo o resultado positivo, procede-se à padronização do novo procedimento para evitar a reincidência do problema original, ou define-se novas metas para melhorias contínuas, caso o resultado seja negativo é necessário retornar a etapa de planejamento.

2.5 LAYOUT: ARRANJO FÍSICO

Segundo Peinado e Graeml (2007), *layout* é uma palavra de origem inglesa para arranjo físico. Slack (1999) descreve o arranjo físico industrial como a disposição física de todos os recursos de transformação que compõem uma operação, como: máquinas, equipamentos, instalações e pessoas.

De acordo com Peinado e Graeml (2007), as decisões do *layout* definem como a empresa produzirá, sendo a parte com maior visibilidade e exposição. Os autores ainda complementam que a necessidade de um estudo de arranjo físico sempre é necessária quando se pretende implementar ou reformular um novo posto de trabalho.

Segundo Villar e Nóbrega Júnior (2014), os principais objetivos de um *layout* é o aumento de produtividade, garantir a segurança, aumentar a qualidade e preservação do meio ambiente. Villar e Nóbrega Júnior (2014) citam alguns princípios básicos que um arranjo físico deve possuir:

- i. **Integração:** Os diferentes elementos das instalações industriais precisam ser integrados de forma harmônica, já que a falha de qualquer um deles comprometerá a eficiência geral;
- ii. **Economia de movimentos:** Minimizar as distâncias percorridas pelos recursos transformadores, sendo o menor fluxo possível, devido que o transporte não acrescenta valor ao produto;

- iii. **Fluxo de operações:** O *layout* deve possuir um sentido contínuo a ser percorrido, evitando retrocessos e interrupções;
- iv. **Uso do espaço:** Otimizar o espaço disponível e explorar a verticalização da área operacional, visando a redução de investimentos em edificações;
- v. **Segurança:** Garantir a segurança de funcionários e clientes, tanto durante as operações regulares quanto em situações excepcionais, como evacuações;
- vi. **Flexibilidade:** Facilitar a alteração do arranjo físico em resposta às mudanças nos produtos e processos;

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta o objeto de estudo em análise e descreve o procedimento metodológico adotado para a elaboração deste trabalho.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo abordado neste trabalho se trata de um novo processo fabril de corte de tubos flexíveis em uma empresa do segmento agrícola, fabricante de plantadeiras localizada no estado do Rio grande do Sul.

A empresa busca continuamente melhorar seus processos, aplicando diariamente a filosofia do *Lean Manufacturing*, que tem como objetivos a redução constante de desperdícios, o aumento da qualidade dos produtos, a eficiência operacional e a capacitação de seus funcionários. Ao focar na melhoria dos processos, a empresa procura atender melhor às necessidades de seus clientes, garantindo produtos que superem suas expectativas. Além disso, ao promover a qualificação de seus colaboradores, fomenta um ambiente de trabalho mais engajado e motivado, essencial para a inovação e a sustentabilidade do negócio.

3.2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi dividida em etapas para possibilitar uma ampla análise de todas as necessidades para atender os requisitos financeiros, técnicos e operacionais da empresa, assim garantindo uma maior chance de sucesso na implementação da nova estação de trabalho.

Os seguintes passos foram realizados:

- i. **Estudo do estado atual:** Nesta etapa foi realizado uma pesquisa com objetivo de adquirir os conhecimentos necessários sobre a característica dos itens e dos processos que são submetidos.
- ii. **Estudo de viabilidade financeira:** Nesta etapa foi realizado um estudo de viabilidade que reuniu informações para demonstrar se a internalização do processo seria viável economicamente. Sendo feita projeções de gastos diante

da situação atual ou redução dos custos a partir da implementação do processo de corte de tubos flexíveis.

- iii. **Definição dos escopos de aquisição dos ferramentais:** Nesta etapa, foram definidos os escopos de aquisição das ferramentas para levantar os preços das soluções e verificar o tempo de retorno do investimento com base no estudo de viabilidade, além de validar as ferramentas necessárias para a implementação do processo.
- iv. **Criação de *layout* virtual:** Nesta etapa, foi realizado a criação do *layout*, de modo que foram definidas as posições de entrada e saída de material, posicionamento dos ferramentais e demais necessidades do processo com o objetivo de estabelecer o padrão do posto de trabalho, garantindo segurança, produtividade e eliminação de desperdícios.
- v. **Implementação do posto de trabalho:** Nesta etapa, apresenta-se os resultados da implementação do posto de trabalho do novo processo de corte de tubos flexíveis implementado no parque fabril, com base no padrão do *layout* virtual e nas ferramentas adquiridas.

3.3 CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE PRODUTOS

Para facilitar a compreensão sobre os produtos que serão analisados para a internalização, as informações serão apresentadas abaixo contextualizando cada um deles no âmbito do estudo.

3.3.1 Tubo flexível para transporte de semente

Os tubos flexíveis para transporte de semente representam a maior quantidade do volume analisado no estudo. Eles têm a função de conduzir e distribuir as sementes, transportando-as do tanque de armazenamento até as linhas de plantio (ferramentas) da plantadeira. As setas amarelas na figura 5 indicam o trajeto da semente desde a armazenagem até as ferramentas de plantio de uma plantadeira.

Figura 5 - Representação do deslocamento de sementes através dos tubos.



Fonte: Autor (2024).

3.3.2 Tubos flexível dos sistemas de pressão

Os tubos flexíveis dos sistemas de pressão constituem partes do sistema de vácuo e pressurização da plantadeira. Ambos possuem a mesma matéria-prima e aplicações similares.

Os tubos flexíveis do sistema de vácuo conectam a turbina hidráulica de vácuo ao dosador de sementes na ferramenta de plantio, permitindo a condução do fluxo de ar por meio da sucção gerada, que cria uma pressão negativa necessária para o funcionamento do dosador, sendo o componente responsável pela distribuição com precisão de semente no solo. De maneira similar, os tubos flexíveis de pressurização, destacados na figura 6, conectam a turbina hidráulica de pressurização a parte dos tanques de armazenamento de sementes e fertilizantes,

gerando uma pressão positiva que desloca os insumos do armazenamento até as ferramentas de plantio.

Figura 6 - Representação do deslocamento de ar da turbina através do tubo.



Fonte: Autor (2024).

3.3.3 Tubos flexíveis de exaustão

Os tubos flexíveis de exaustão são de matérias-primas diferentes dos de vácuo e pressurização, porém também constituem o sistema de vácuo. Estes são conectados na turbina hidráulica de vácuo e servem para direcionar o ar aspirado para o exterior da máquina, como representado na figura 7.

Figura 7 - Representação da exaustão do ar da turbina através do tubo.



Fonte: Autor (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão abordados os resultados referentes ao procedimento metodológico estabelecido anteriormente.

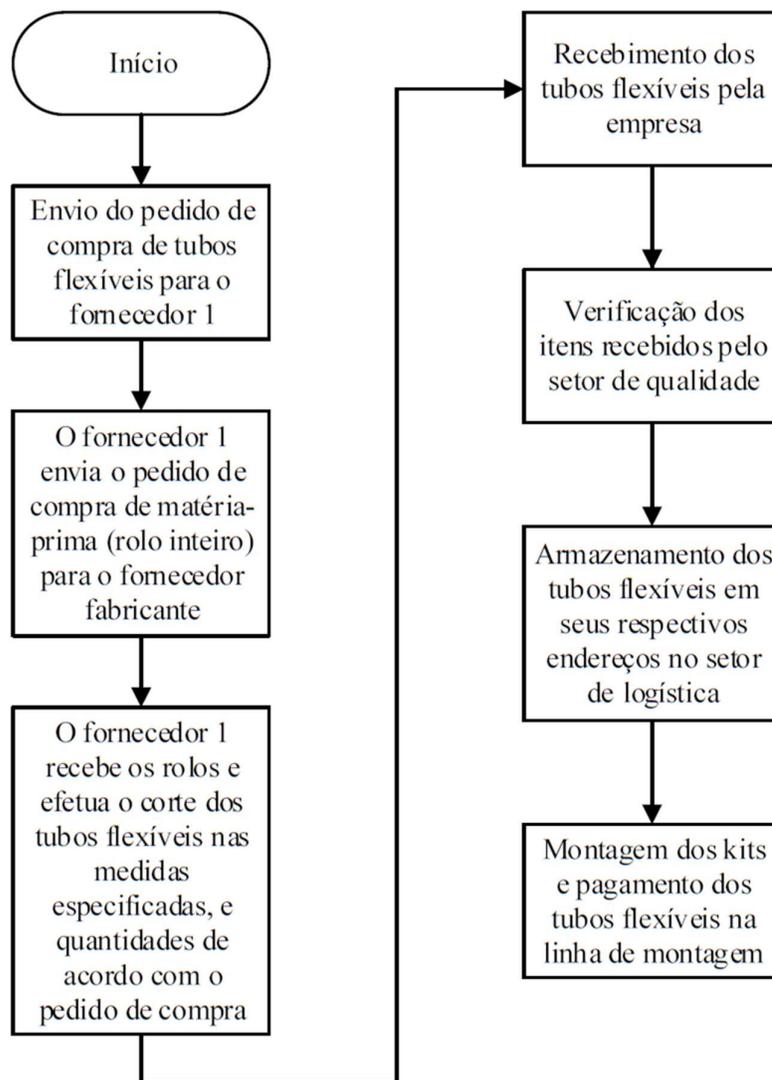
4.1 ANÁLISE DO ESTADO ATUAL

Para analisar o estado atual, a primeira etapa consiste em adquirir conhecimento sobre os produtos e entender como são produzidos, armazenados e entregues no contexto da manufatura. Portanto, é necessário que se realize um acompanhamento observacional para identificar as necessidades do cliente final e aprimorar a qualidade do projeto.

4.1.1 Análise do processo atual

Os itens são adquiridos de um fornecedor primário, nomeado como fornecedor 1 na figura 8, este compra os rolos de tubos flexíveis de um segundo fornecedor, nomeado de fornecedor fabricante. Este segundo fornecedor é o fabricante dos tubos flexíveis, enquanto o primeiro tem a responsabilidade de cortar os tubos e fornecê-los conforme as características de qualidade e dimensões especificadas pelo desenho técnico de cada item.

Figura 8 – Mapeamento simplificado do fluxo de valor dos tubos flexíveis no estado atual.



Fonte: Autor (2024).

4.1.2 Análise dos itens

Uma vez que o processo de corte dos tubos flexíveis é externalizado para um fornecedor de outro estado federativo, se torna possível apenas observar o produto já finalizado dentro da empresa. Pois, este traslado dificulta uma visita técnica para compreender o processo produtivo de cada item. Portanto, a análise concentrou-se nas seguintes observações:

- i. Comparação do item físico diante do desenho técnico;
- ii. Armazenamento e fluxo de material dos itens.

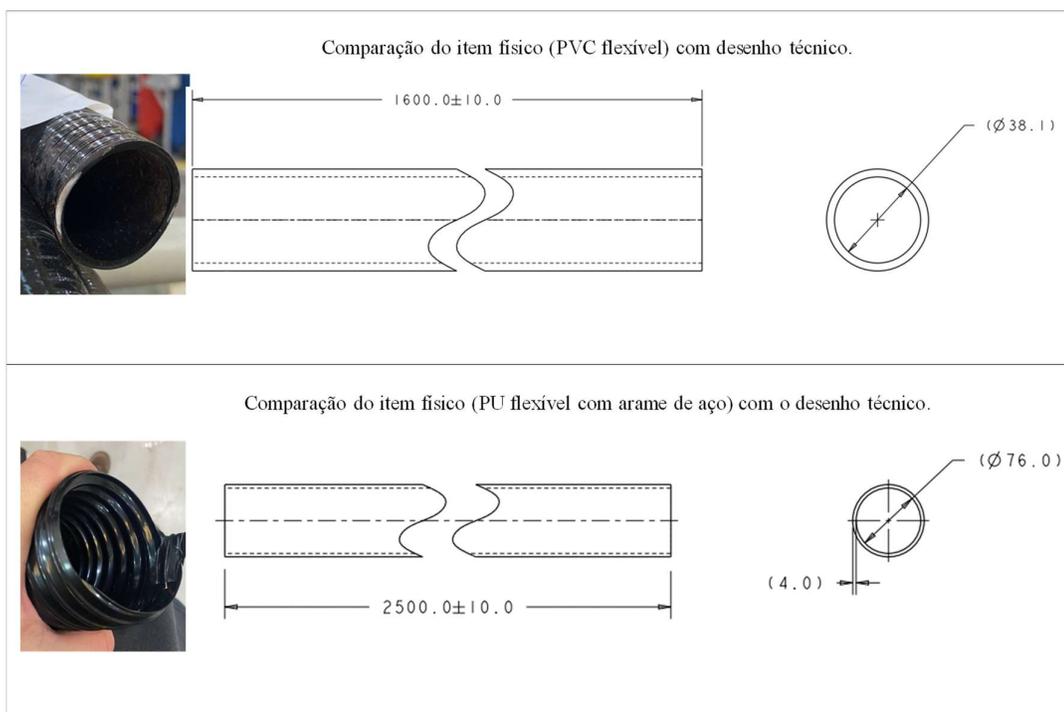
4.1.2.1 Comparação do item físico diante o desenho técnico

Para essa análise, buscou-se o foco na comparação do item físico com o desenho técnico, a fim de observar como as características físicas são resultantes da especificação do documento.

Diante disso, foram consultados os itens fornecidos pela empresa terceirizada responsável pelo corte dos tubos. Foram selecionados dois itens com matérias-primas distintas: um feito de policloreto de vinil (PVC) flexível e outro de poliuretano (PU) flexível com arame de aço cobreado.

Com a informação dos códigos, foi realizada uma verificação no local de utilização desses dois modelos de tubos. Dessa forma, observou-se os itens físicos e a especificação do desenho técnico, conforme mostrado na figura 9.

Figura 9 - Comparação do item físico com desenho técnico.



Fonte: Autor (2024).

Como apresentado na figura acima, o desenho técnico não fornece informações sobre características além das dimensões. Portanto, foi realizada uma avaliação da qualidade e das condições do item físico encontrado, considerando-o uma característica essencial que o processo deve atender. Algumas dessas características são:

- i. O corte em angulação aproximada a 90°;
- ii. O corte não deve gerar amassamentos;
- iii. A ponta do arame sobressalente, quando existir deve ser dobrada ou cortada.

4.1.2.2 Armazenamento e fluxo de material

Após a comparação das características dos itens físicos em relação ao desenho técnico, realizou-se uma análise do armazenamento e do fluxo de material dos tubos flexíveis. Assim como na avaliação anterior, verificou-se os itens com diferentes matérias-primas, porém com foco no armazenamento e transporte até o local de uso.

Na figura 10, é possível observar o estado atual, onde os itens são armazenados separadamente por códigos, mesmo quando são feitos do mesmo material e diâmetros iguais, pois assim evita-se a mistura de itens de mesma matéria-prima com medidas diferentes, cujas diferenças são imperceptíveis sem instrumentos de medição. Além disso, é possível observar que os itens são separados em kits em um carro padrão, que dão suporte a diversos tipos de tubos flexíveis.

Figura 10 - Armazenamento dos itens no estoque logístico.



Fonte: Autor (2024).

4.2 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

O objetivo da elaboração do estudo de viabilidade foi reunir informações suficientes para demonstrar a viabilidade do novo processo e o investimento necessário para sua implementação.

Para a construção deste estudo, foram obtidos diversos dados dos sistemas da empresa, incluindo informações financeiras. Esses dados foram utilizados para calcular os custos da situação atual, os custos futuros associados ao novo processo, e assim determinar o retorno monetário.

Como observado na análise do processo atual, os itens são tubos flexíveis fornecidos por um fornecedor que adquire rolos de um fabricante da matéria-prima e os corta conforme as medidas especificadas pelo pedido de compra da empresa. Assim, a terceirização do processo de corte resulta em custos adicionais, incluindo o frete do fornecedor fabricante para o fornecedor que efetua o corte, o custo de produção e adição de outro frete até a empresa.

Com base nesse cenário, observou-se uma oportunidade de redução de custos e eliminação da dependência da produção do item pelo fornecedor 1. Dessa forma, propôs-se a substituição do fornecedor 1 por um processo interno de corte na empresa, comprando os rolos de matéria-prima diretamente do fornecedor fabricante.

Assim, inicialmente foi realizada uma busca sistêmica para identificar quais itens eram produzidos pelo fornecedor que realiza o corte dos itens. Após a conclusão dessa ação, verificou-se que este fabricava 11 itens, que estão representados na tabela 1.

Tabela 1 - Tubos flexíveis cortados pelo fornecedor 1.

Código	Matéria-prima	Descrição
A	KEL-SP_6	TUBO FLEXÍVEL EXAUSTÃO
B	KPU_3	TUBO FLEXÍVEL PRESSÃO
C	PVC_B1.1/2"	TUBO SEMENTE
D	PVC_B1.1/2"	TUBO SEMENTE
E	PVC_B1.1/2"	TUBO SEMENTE
F	PVC_B1.1/2"	TUBO SEMENTE
G	PVC_B1.1/2"	TUBO SEMENTE
H	PVC_B1.1/2"	TUBO SEMENTE
I	PVC_B1.1/2"	TUBO SEMENTE
J	PVC_B1.1/2"	TUBO SEMENTE
K	KPU_5	TUBO FLEXÍVEL VÁCUO

Fonte: Autor (2024).

Em seguida, buscou-se a informação da projeção do volume dos itens para os próximos 4 anos, a fim de avaliar se os resultados do investimento seriam justificáveis a longo prazo. O resultado obtido está na tabela 2, que por motivos de confidencialidade, os números estão tratados como porcentagens.

Tabela 2 – Projeção da demanda da quantidade de peças ao decorrer dos anos.

Item	2024 (demanda de peças)	2025 (demanda de peças)	2026 (demanda de peças)	2027 (demanda de peças)
TUBOS FLEXÍVEIS	100%	111,27%	120,16%	129,51%

Fonte: Autor (2024).

Os volumes projetam um aumento de aproximadamente 29% de 2027 em comparação a 2024. Este é um resultado positivo para o estudo, pois, com o crescimento da demanda, o valor economizado a cada ano será maior com a internalização do processo.

Para este estudo, o principal interesse é a representação do valor em moeda. Portanto, buscou-se a informação do custo unitário de cada item e multiplicou-se pelos volumes projetados, resultando nos valores estimados para o período de 2024 a 2027, conforme mostrado na tabela 3.

Tabela 3 - Projeção dos custos por item com o estado atual.

Matéria-prima	Gasto atual 2024	Gasto atual 2025	Gasto atual 2026	Gasto atual 2027
KEL-SP_6	R\$ 149.241,15	R\$ 166.066,49	R\$ 179.326,47	R\$ 193.282,50
KPU_3	R\$ 445.340,05	R\$ 495.547,36	R\$ 535.115,55	R\$ 576.760,76
PVC_B1.1/2"	R\$ 98.250,71	R\$ 109.327,42	R\$ 118.056,93	R\$ 127.244,68
PVC_B1.1/2"	R\$ 78.540,25	R\$ 87.394,82	R\$ 94.373,07	R\$ 101.717,63
PVC_B1.1/2"	R\$ 70.036,52	R\$ 77.932,39	R\$ 84.155,09	R\$ 90.704,44
PVC_B1.1/2"	R\$ 720.430,90	R\$ 801.651,74	R\$ 865.661,59	R\$ 933.031,45
PVC_B1.1/2"	R\$ 142.565,70	R\$ 158.638,45	R\$ 171.305,32	R\$ 184.637,11
PVC_B1.1/2"	R\$ 479.944,31	R\$ 534.052,88	R\$ 576.695,64	R\$ 621.576,81
PVC_B1.1/2"	R\$ 640.815,92	R\$ 713.061,03	R\$ 769.997,14	R\$ 829.921,93
PVC_B1.1/2"	R\$ 449.576,84	R\$ 500.261,80	R\$ 540.206,43	R\$ 582.247,84
KPU_5	R\$ 1.253.671,27	R\$ 1.395.009,23	R\$ 1.506.397,17	R\$ 1.623.632,08
TOTAL	R\$ 4.528.413,63	R\$ 5.038.943,59	R\$ 5.441.290,42	R\$ 5.864.757,22

Fonte: Autor (2024).

Com base no gasto atual, foi necessário estimar o custo futuro dos itens caso o processo fosse internalizado. Para determinar esse valor, foi preciso obter informações adicionais e estabelecer interfaces com outros setores da empresa. O setor de Compras forneceu os custos dos rolos de matéria-prima, o setor de Transporte obteve os custos de frete, e a Engenharia de Manufatura calculou os custos de fabricação de cada item.

As informações dos setores de Compras e Transportes são obtidas por meio de cotações e negociações, enquanto a Engenharia de Manufatura realiza um estudo para determinar o tempo necessário para fabricar uma unidade de cada item. Esse tempo, multiplicado pelo valor da hora de operação do setor responsável, resulta no custo de produção. O valor da hora de operação contempla a depreciação dos equipamentos e instalações, consumo de energia elétrica e custo da mão de obra. A soma de todos os valores levantados pelos setores gerou o custo futuro de cada item, que está representado na Tabela 4. Nessa tabela, os custos futuros são comparados com os custos atuais, sendo que, devido à confidencialidade, os dados são apresentados em forma de porcentagens.

Tabela 4 - Novo custos dos tubos flexíveis.

Código	Descrição	Custo Atual	Custo Futuro
A	TUBO FLEXÍVEL EXAUSTÃO	100%	86%
B	TUBO FLEXÍVEL PRESSÃO	100%	95%
C	TUBO SEMENTE	100%	91%
D	TUBO SEMENTE	100%	92%
E	TUBO SEMENTE	100%	92%
F	TUBO SEMENTE	100%	75%
G	TUBO SEMENTE	100%	90%
H	TUBO SEMENTE	100%	91%
I	TUBO SEMENTE	100%	87%
J	TUBO SEMENTE	100%	87%
K	TUBO FLEXÍVEL VÁCUO	100%	65%

Fonte: Autor (2024).

Com os custos futuros dos itens, se torna possível de projetar os gastos para os anos seguintes, com base nos volumes apresentados na tabela 2. Os custos futuros relacionados à internalização estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Projeção dos custos por item com o novo processo.

Descrição	Gasto futuro 2024	Gasto futuro 2025	Gasto futuro 2026	Gasto futuro 2027
TUBO FLEXÍVEL EXAUSTÃO	R\$ 129.021,06	R\$ 143.566,80	R\$ 155.030,25	R\$ 167.095,43
TUBO FLEXÍVEL PRESSÃO	R\$ 421.753,85	R\$ 469.302,06	R\$ 506.774,64	R\$ 546.214,22
TUBO SEMENTE	R\$ 89.604,61	R\$ 99.706,57	R\$ 107.667,88	R\$ 116.047,10
TUBO SEMENTE	R\$ 72.298,23	R\$ 80.449,08	R\$ 86.872,73	R\$ 93.633,58
TUBO SEMENTE	R\$ 64.407,06	R\$ 71.668,27	R\$ 77.390,79	R\$ 83.413,71
TUBO SEMENTE	R\$ 540.005,71	R\$ 600.885,54	R\$ 648.864,73	R\$ 699.362,43
TUBO SEMENTE	R\$ 128.841,93	R\$ 143.367,47	R\$ 154.815,00	R\$ 166.863,43
TUBO SEMENTE	R\$ 438.401,73	R\$ 487.826,81	R\$ 526.778,55	R\$ 567.774,93
TUBO SEMENTE	R\$ 556.934,40	R\$ 619.722,76	R\$ 669.206,05	R\$ 721.286,81
TUBO SEMENTE	R\$ 391.947,04	R\$ 436.134,85	R\$ 470.959,11	R\$ 507.611,36
TUBO FLEXÍVEL VÁCUO	R\$ 818.872,98	R\$ 911.192,11	R\$ 983.948,48	R\$ 1.060.523,98
TOTAL	R\$ 3.652.088,60	R\$ 4.063.822,33	R\$ 4.388.308,21	R\$ 4.729.826,99

Fonte: Autor (2024).

A comparação entre os gastos apresentados na tabela 3 e tabela 5 pode ser observada na tabela 6, que demonstra a economia projetada para os próximos anos caso o corte dos tubos seja internalizado.

Tabela 6 - Economia projetada por item para os próximos anos.

Descrição	Economia 2024	Economia 2025	Economia 2026	Economia 2027
TUBO FLEXÍVEL EXAUSTÃO	-R\$ 20.220,09	-R\$ 22.499,69	-R\$ 24.296,23	-R\$ 26.187,07
TUBO FLEXÍVEL PRESSÃO	-R\$ 23.586,20	-R\$ 26.245,29	-R\$ 28.340,91	-R\$ 30.546,54
TUBO SEMENTE	-R\$ 8.646,10	-R\$ 9.620,85	-R\$ 10.389,05	-R\$ 11.197,57
TUBO SEMENTE	-R\$ 6.242,02	-R\$ 6.945,74	-R\$ 7.500,34	-R\$ 8.084,05
TUBO SEMENTE	-R\$ 5.629,46	-R\$ 6.264,12	-R\$ 6.764,30	-R\$ 7.290,73
TUBO SEMENTE	-R\$ 180.425,20	-R\$ 200.766,20	-R\$ 216.796,87	-R\$ 233.669,02
TUBO SEMENTE	-R\$ 13.723,77	-R\$ 15.270,97	-R\$ 16.490,32	-R\$ 17.773,68
TUBO SEMENTE	-R\$ 41.542,58	-R\$ 46.226,06	-R\$ 49.917,09	-R\$ 53.801,88
TUBO SEMENTE	-R\$ 83.881,52	-R\$ 93.338,26	-R\$ 100.791,09	-R\$ 108.635,12
TUBO SEMENTE	-R\$ 57.629,81	-R\$ 64.126,95	-R\$ 69.247,32	-R\$ 74.636,47
TUBO FLEXÍVEL VÁCUO	-R\$ 434.798,29	-R\$ 483.817,12	-R\$ 522.448,69	-R\$ 563.108,10
TOTAL	-R\$ 876.325,03	-R\$ 975.121,26	-R\$ 1.052.982,21	-R\$ 1.134.930,24

Fonte: Autor (2024).

Ao analisar a tabela 6, é evidente que os valores mostram uma redução significativa de custo para um processo simples. No entanto, ainda é necessário avaliar a viabilidade desse processo considerando o investimento necessário para sua internalização e determinar o tempo necessário para obter o retorno financeiro deste investimento.

4.3 ESCOPOS DE AQUISIÇÃO DE MAQUINÁRIOS

Para obter informações sobre os custos dos maquinários necessários para internalizar o processo de corte de tubos, foi necessário elaborar escopos detalhados. Inicialmente, identificou-se as ferramentas essenciais para garantir que o processo fosse otimizado, ágil, seguro e executado com qualidade.

Se torna mandatário para o novo processo os seguintes investimentos:

- i. Uma máquina de corte de tubos flexíveis semiautomática;
- ii. Um meio de movimentação por içamento para movimentação dos rolos;
- iii. Carros logísticos para transporte de tubos cortados até o local de utilização.

4.3.1 Escopo de aquisição: máquina de corte de tubos flexíveis

A máquina de corte de tubos é a principal ferramenta do processo, pois assegura a qualidade, agilidade e segurança na atividade mais crítica, que é o corte dos tubos.

Portanto, para elaborar o escopo, foi necessário pesquisar máquinas padrão disponíveis no mercado e entender quais itens o equipamento deveria suportar, considerando o material da matéria-prima, atendimento da tolerância de comprimento e as dimensões dos diâmetros dos tubos.

As máquinas padrão disponíveis no mercado para essa funcionalidade geralmente apresentam pouca flexibilidade em termos de comprimento, diâmetro e tipo de material a ser cortado. Na maioria dos casos encontrados, são projetadas para cortar tubos com diâmetros inferiores a 2 polegadas. Dado que a pesquisa não encontrou um equipamento comercializado que atendesse plenamente às necessidades do processo, foram realizadas investigações sobre equipamentos existentes com funcionalidades semelhantes às dos modelos padrão, mas que atendessem às especificações dos tubos e do processo a ser internalizado.

Após algumas pesquisas, foram encontrados maquinários semiautomáticos que possuem um sistema de tracionamento responsável por puxar o tubo flexível e realizar cortes em diversos itens, todos com as mesmas dimensões.

Portanto, o escopo elaborado descreveu a necessidade de uma solução que permita medir e cortar tubos flexíveis com base nas informações fornecidas pelo operador, seja por meio da leitura de código de barras ou inserindo a medida diretamente no equipamento. O maquinário deve ser capaz de realizar a medição e o corte de forma autônoma, sem a necessidade de intervenção do operador. Além disso, o equipamento deve estar preparado para realizar o corte subsequente sem precisar reposicionar manualmente a mangueira ou retornar ao ponto inicial se ainda houver material a ser cortado.

O equipamento deve ser capaz de suportar todos os tipos de matéria-prima que serão internalizados, bem como aquelas que serão avaliadas para uma futura migração em uma segunda fase. As matérias-primas que a máquina deve cortar estão descritas na tabela 7.

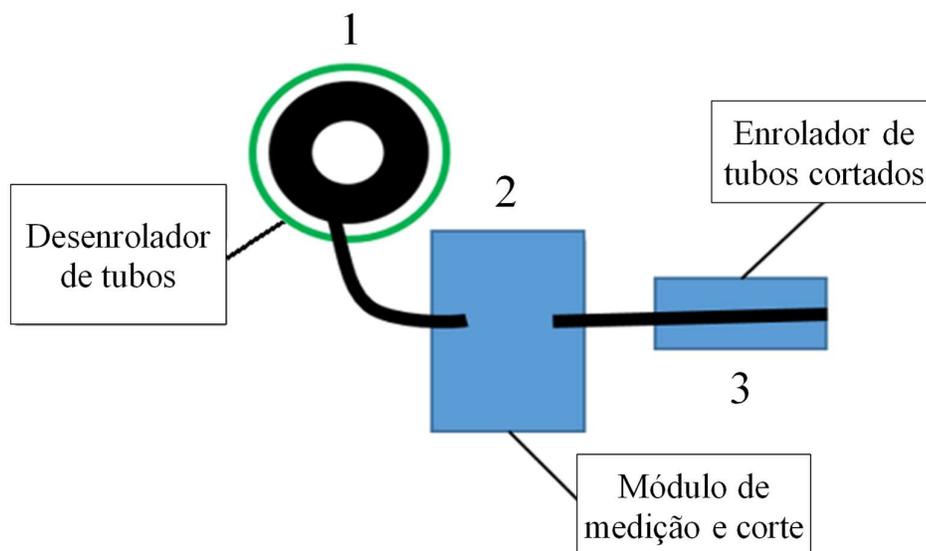
Tabela 7 - Tubos flexíveis que a máquina deve cortar.

CÓDIGO MATÉRIA-PRIMA	DESCRIÇÃO	DIÂMETRO INTERNO	ESPESSURA
KEL_1.2	PU FLEXÍVEL COM ANÉIS DE PVC RÍGIDO	1.1/2 POLEGADAS OU 38,1 MILÍMETROS	7 MILÍMETROS
PVC_B1 1.2"	PVC FLEXÍVEL	1.1/2 POLEGADAS OU 38,1 MILÍMETROS	3,5 MILÍMETROS
PVC_B1 1.4"	PVC FLEXÍVEL	1.1/4 POLEGADAS OU 31,75 MILÍMETROS	5,5 MILÍMETROS
KPU_3	PU FLEXÍVEL COM ARAME DE AÇO	3 POLEGADAS OU 76,2 MILÍMETROS	7,4 MILÍMETROS
KPU_4	PU FLEXÍVEL COM ARAME DE AÇO	4 POLEGADAS OU 101,6 MILÍMETROS	10,4 MILÍMETROS
KPU_5	PU FLEXÍVEL COM ARAME DE AÇO	5 POLEGADAS OU 127 MILÍMETROS	13,2 MILÍMETROS
KEL-SP_6	PU FLEXÍVEL COM ANÉIS DE PVC RÍGIDO	6 POLEGADAS OU 152,4 MILÍMETROS	13,2 MILÍMETROS

Fonte: Autor (2024).

Na Figura 11, a máquina de corte é ilustrada em uma vista superior. O processo começa com o posicionamento do rolo no suporte marcado como número 1. O número 2 destaca a principal seção do equipamento, responsável por tracionar, medir e cortar. Por fim, o enrolador, indicado pelo número 3, é utilizado para enrolar os tubos flexíveis e facilitar o armazenamento.

Figura 11 - Representação em vista superior da máquina de corte de tubos.



Fonte: Autor (2024).

4.3.2 Escopo de aquisição: talha elétrica

A talha é um equipamento utilizado para o içamento e movimentação de peças ou itens com massa ou dimensões excessivas, condições que tornariam o carregamento manual inseguro e não ergonômico.

Para avaliar a necessidade desse equipamento, foram analisados os desenhos técnicos dos itens, bem como as informações sobre os rolos inteiros que seriam recebidos, conforme negociado pelo setor de Compras e as leis e normas regulamentadores vigentes no Brasil. Além das informações sobre comprimento e diâmetro, o desenho técnico também fornece a massa do item. Com base nesses dados, foi determinado o valor da massa para cada especificação de tubo flexível a ser internalizado, e realizado um cruzamento com as dimensões dos rolos. Os resultados dessa análise estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Valor da massa de cada rolo de matéria-prima.

Código	Matéria-prima	Dimensões (m)	Massa (kg/m)	Massa do rolo (kg)
A	KEL-SP_6	30	1,68	50,49
B	KPU_3	20	0,58	11,64
C	PVC_B1.1/2"	50	0,51	25,50
K	KPU 5	15	1,07	15,98

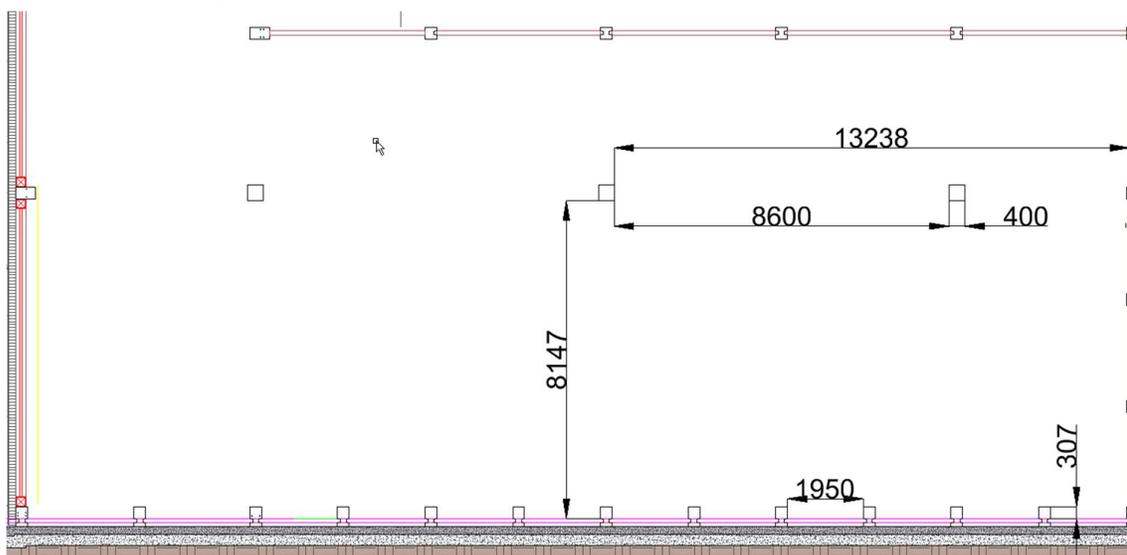
Fonte: Autor (2024).

Após análise, concluiu-se que o rolo com o maior diâmetro possui uma massa de 50 quilogramas, enquanto o item com a segunda maior massa é o de diâmetro 1.1/2" (38,1 mm). Este último, por ser o mais consumido, resulta em uma alta frequência diária de movimentação e elevação.

De acordo com Brasil (1977), a Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, em seu artigo 198, estabelece a carga máxima de levantamento manual de 60 quilogramas para homens, e uma massa menor, porém não especificada, para mulheres. No entanto, conforme Brasil (2022), em sua Norma Regulamentadora nº 17 (NR 17), define que não é autorizado a elevação manual periódica de cargas que possam comprometer a saúde do trabalhador, especialmente quando a distância de alcance horizontal ou vertical de pega em relação ao tronco ultrapassa 60 centímetros, o que ocorreria no caso da elevação das cargas neste posto de trabalho. Além disso, a NR 17 orienta sobre prevenções que devem ser adotadas para minimizar os riscos ergonômicos e de saúde, como a implementação de meios técnicos facilitadores. Com base nisso, foi estabelecido no escopo a necessidade de uma talha elétrica com a capacidade mínima de elevação de 100 quilogramas.

Além da capacidade de carga içada, foi especificada a largura disponível entre os pilares, para garantir que nenhuma parte da estrutura fique obstruída, e o comprimento total do equipamento, que define a dimensão longitudinal necessária para abranger todo o processo, as medidas podem ser observadas na figura 12. No escopo, também foi especificado o curso de elevação desejado, que representa a diferença entre a altura máxima e mínima e foram indicadas as infraestruturas que podem limitar a instalação, como pilares civis, lâmpadas de iluminação, eletrocalhas para passagem de cabos elétricos e a rede de PPCI (Plano de Prevenção e Combate a Incêndios).

Figura 12 - Especificação da área para instalação da talha elétrica feita no software *DraftSight* 2022.



Fonte: Autor (2024).

4.3.3 Escopo de aquisição: carros logísticos

O transporte dos tubos cortados até os locais de consumo foi baseado nos existentes do setor logístico, utilizando carros que suportam as combinações de peças para cada modelo de máquina. Conforme ilustrado na figura 13, o carro armazena vários tubos flexíveis, que compõem um kit destinado à montagem em uma máquina específica que utiliza esses itens.

Figura 13 - Representação do carro de armazenamento para tubos flexíveis.



Fonte: Autor (2024).

Para elaborar o escopo, foram coletadas informações sobre quais itens seriam consumidos em cada posto, permitindo assim a definição das combinações de tubos que deveriam ser incluídas em cada carro. Com o objetivo de possibilitar uma flexibilidade de expansão para o armazenamento de futuros itens, o estudo de quais tubos seriam armazenados em cada modelo de carro foi conduzido com a intenção de facilitar uma segunda fase de internalização, evitando custos adicionais com retrabalho nos carros de armazenamento descritos neste capítulo. A busca de informações foi realizada de maneira sistêmica, investigando o item para identificar seu local de consumo e o modelo de máquina pertencente. Os resultados se encontram na tabela 9 e tabela 10.

Tabela 9 - Itens e quantidades para a montagem dos reservatórios de insumos.

Posto: Reservatórios; Modelo: 40 linhas de plantio a 45 centímetros				
Item	Código	Descrição	Comprimento	Quantidade
1	A	TUBO FLEXÍVEL EXAUSTÃO	1000mm	1
2	B	TUBO FLEXÍVEL PRESSÃO	2500mm	2
3	H	TUBO SEMENTE	5190mm	2
4	I	TUBO SEMENTE	3710mm	2
5	F	TUBO SEMENTE	1870mm	16

Fonte: Autor (2024).

Tabela 10 - Itens e quantidades para a montagem das ferramentas de plantio.

Posto: Roteamento de tubos; Modelo: 40 linhas de plantio a 45 centímetros				
Item	Código	Descrição	Comprimento	Quantidade
1	K	TUBO FLEXÍVEL VÁCUO	3350mm	2
2	C	TUBO SEMENTE	7910mm	2
3	D	TUBO SEMENTE	6980mm	2
4	E	TUBO SEMENTE	6100mm	2
5	H	TUBO SEMENTE	5190mm	2
6	J	TUBO SEMENTE	4118mm	4
7	I	TUBO SEMENTE	3350mm	4

Fonte: Autor (2024).

As tabelas 9 e 10 mostram os itens e quantidades utilizados na máquina de modelo 40 linhas de plantio com espaçamento de 45 centímetros entre elas, sendo o modelo com o maior número de itens. Observou-se que, em modelos menores, com menor quantidade de linhas de plantio, a variação se limitava na maioria das vezes à quantidade de itens. Por isso, optou-se por incluir no escopo apenas os itens e quantidades do modelo maior, para que o carro logístico fosse dimensionado para a condição mais exigente, cobrindo também as necessidades dos modelos menores. Além disso, foram especificados aspectos como a coloração, tipo de rodízio, e utensílios como o engate de rebocador e a alça de mão para movimentação manual.

4.4 PROJETO DO *LAYOUT* VIRTUAL

Para criar o *layout* virtual, foi necessária a análise de duas áreas disponíveis para a instalação do posto de trabalho. A primeira área está localizada no exterior da manufatura (figura 14), em um prédio separado dentro do terreno da empresa. A segunda opção é uma área situada no subsolo da fábrica, dentro da própria estrutura de manufatura (figura 15).

Figura 14 - Prédio localizado no exterior da manufatura.



Fonte: Autor (2024).

Figura 15 - Área localizada no subsolo da manufatura.



Fonte: Autor (2024).

Com as áreas definidas, foi realizada uma análise para identificar qual delas apresentava os melhores critérios. Os seguintes aspectos foram avaliados:

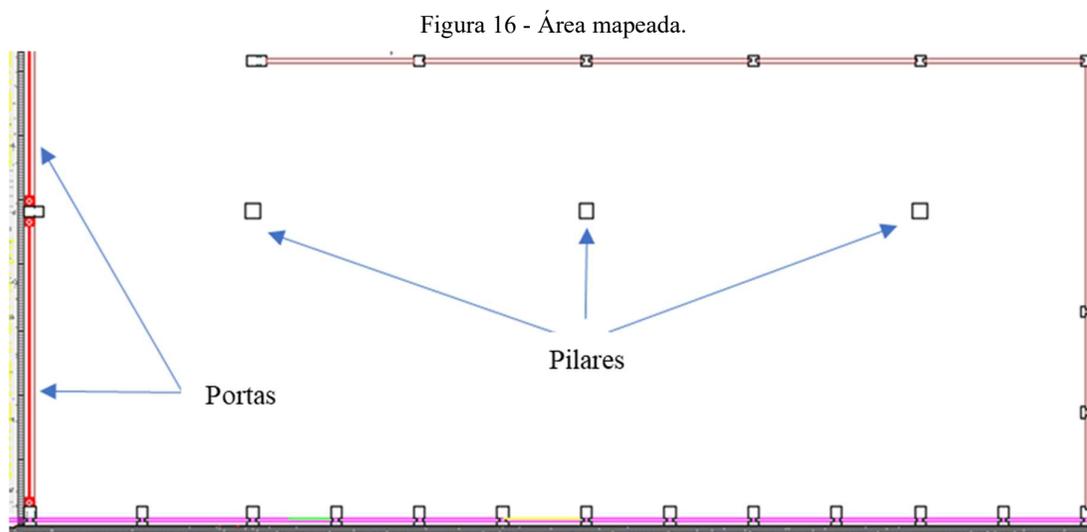
- i. Estrutura civil;

- ii. Infraestrutura elétrica;
- iii. Expansibilidade;
- iv. Flexibilidade;
- v. Acessibilidade para supervisão e manutenção.

Com base nesses critérios, optou-se pela localização no subsolo da manufatura, pelos seguintes motivos:

- i. A estrutura civil já construída, eliminando a necessidade de construir paredes para evitar a entrada de água da chuva ou o frio do inverno.
- ii. A área possui diversas tomadas, permitindo a instalação de múltiplos equipamentos que exigem energia elétrica, e o quadro de distribuição de força tem capacidade disponível.
- iii. A área é maior, proporcionando maior potencial de expansão.
- iv. Com mais espaço e múltiplas entradas, a área oferece mais flexibilidade para possíveis mudanças futuras.
- v. A proximidade com a produção, supervisão e manutenção permite uma resposta mais rápida da cadeia de ajuda.

Com o mapeamento geral da área realizado no escopo de aquisição da talha elétrica, utilizou-se a mesma base para criar o desenho do *layout* virtual. As interferências de estruturas civis foram transferidas para o software *DraftSight 2022*, que permite a criação de *layouts* virtuais. Após o uso da ferramenta, concluiu-se que a área disponível estava mapeada conforme ilustrado na figura 16.



Fonte: Autor (2024).

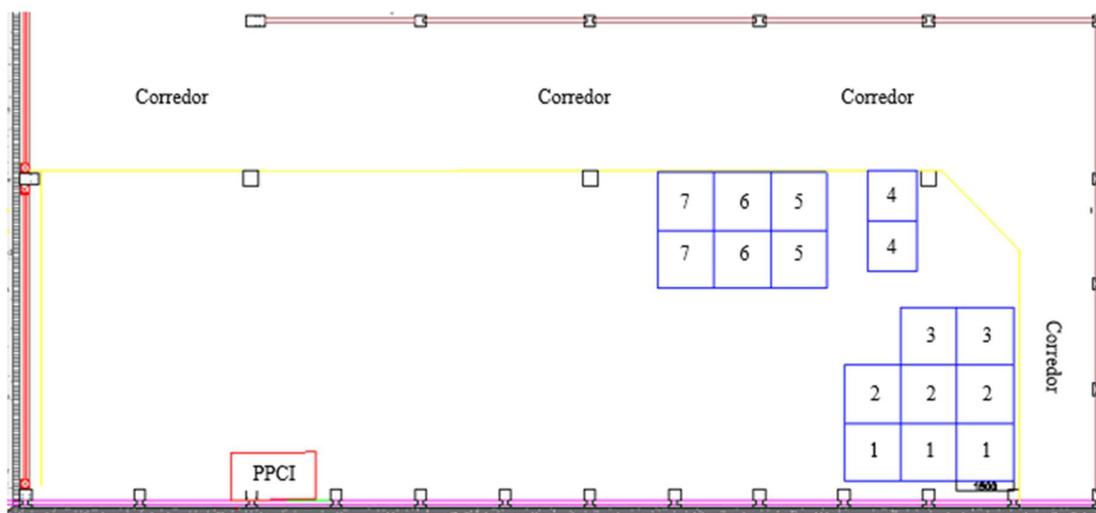
Em seguida, foi planejado o fluxo do material desde o início até o final de sua produção. Nesta fase, foram contempladas a entrada do material, a transformação do produto (corte dos tubos flexíveis nas medidas necessárias) e a saída do material (armazenamento).

Para a entrada do material, é necessário um corredor para a entrega dos rolos de tubos não cortados. Sendo que alguns itens têm maior demanda do que outros. Para esses itens, foram previstas três posições de abastecimento, enquanto para os tubos com menor demanda foram definidos dois locais de abastecimento, como ilustrado na figura 17.

O *layout* virtual foi desenvolvido com a previsão de uma segunda fase de migração para incluir outros tubos que utilizam as matérias-primas estudadas e novas que serão implementadas. A numeração dentro dos quadrados azuis indica os respectivos modelos de tubos conforme descrito abaixo:

1. 1.1/2" PVC flexível/PVC_B1 1.2" (1ª fase de migração);
2. 1.1/4" PVC flexível/PVC_B1 1.4" (2ª fase de migração);
3. 3" PU flexível com arame de aço/KPU_3 (1ª fase de migração);
4. 4" PU flexível com arame de aço/KPU_4 (2ª fase de migração);
5. 1.1/2" KEL_1.2 (2ª fase de migração).
6. 5" PU flexível com arame de aço/KPU_5 (1ª fase de migração);
7. 6" PU flexível com anéis de PVC rígido/ KEL-SP_6 (1ª fase de migração);

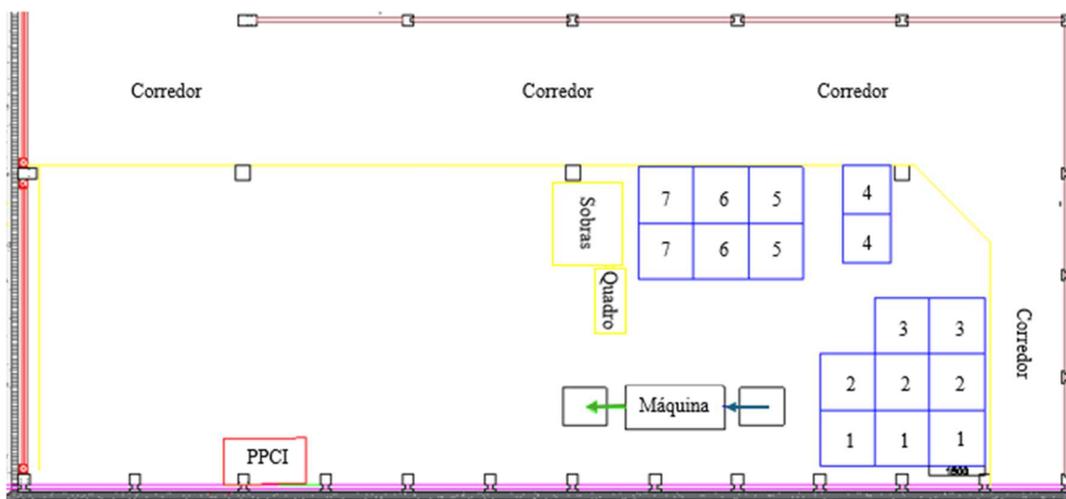
Figura 17 - Entrada de material.



Fonte: Autor (2024).

Para a fase de produção, que envolve o corte dos rolos de tubos nas medidas necessárias, foi designada uma área para uma máquina padrão semelhante às disponíveis em pesquisas na internet. Além disso, foi estabelecida uma posição para um quadro de controle que irá monitorar os itens a serem produzidos diariamente. Dado que a máquina cortará tubos com medidas variadas, é necessário reservar uma área específica para o manejo das sobras e sucatas. Portanto, tanto a área de controle e produção quanto a área destinada às sobras e sucatas estão representadas na figura 18.

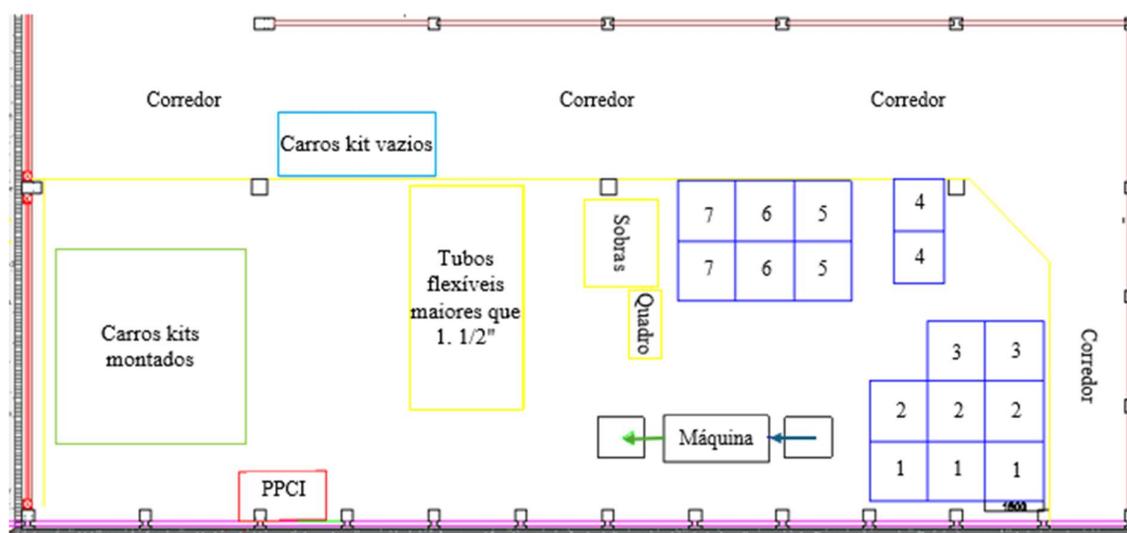
Figura 18 - Etapa de corte de tubos e controle de produção.



Fonte: Autor (2024).

Para definir o armazenamento, foi considerada a variedade de itens e as quantidades necessárias para atender à demanda diária de produção. Assim, decidiu-se que os tubos de alto volume, com diâmetros de 1.1/4 e 1.1/2 polegadas, seriam armazenados diretamente em carros logísticos, sendo cortados no mesmo dia em que seriam utilizados na montagem. Para os tubos com diâmetro igual ou superior a 3 polegadas, optou-se pelo uso de caixas de madeira padrão e pallets, armazenando-os em quantidades maiores para cobrir vários dias de produção. A área de armazenamento está ilustrada na figura 19.

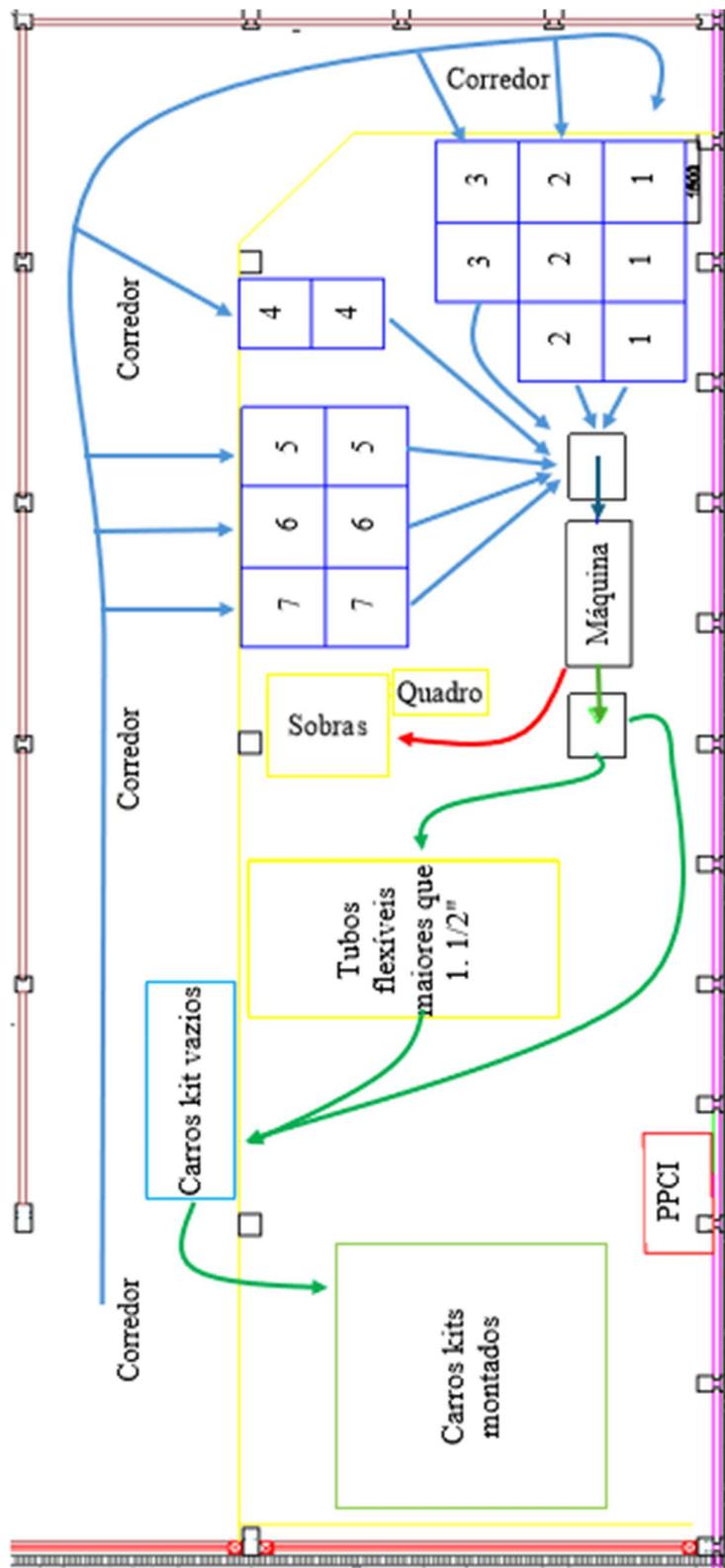
Figura 19 - Área de armazenamento dos itens.



Fonte: Autor (2024).

Assim, após a definição das áreas para a entrada de material, transformação do item e saída do material, o fluxo do material está ilustrado na figura 20. Nessa figura, as setas azuis indicam o percurso da matéria-prima até o processo de corte, as setas verdes mostram o trajeto dos itens cortados até o armazenamento, e a seta vermelha representa o destino das sobras e sucatas geradas durante o corte.

Figura 20 - Fluxo completo do material no processo.



Fonte: Autor (2024).

4.5 IMPLEMENTAÇÃO DO POSTO DE TRABALHO

Neste tópico são abordados com maior foco, o funcionamento do posto de trabalho com ênfase na operação e o funcionamento do equipamento de corte de tubos flexíveis.

4.5.1 Funcionamento do posto de trabalho

Após a realização do estudo de *layout* virtual e a aquisição dos ferramentais, foi realizado as instalações no local físico, como pode ser observado na figura 21.

Figura 21 - Posto implementado.

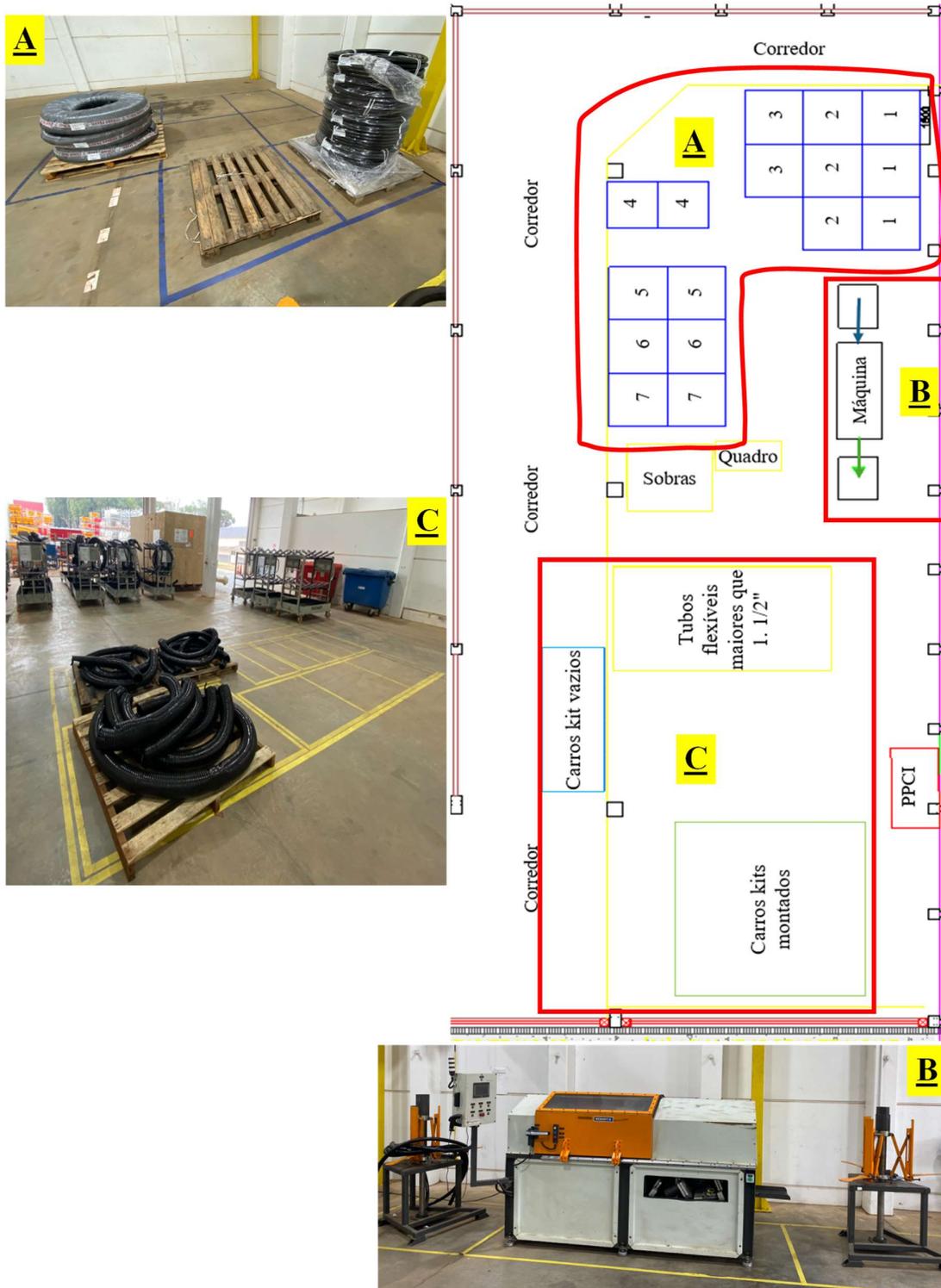


Fonte: Autor (2024).

Na figura 22, é apresentado o arranjo físico implementado junto ao modelo virtual. Onde:

- A. Entrada de material;
- B. Área de processamento com a máquina de corte de tubos;
- C. Armazenamento de peças cortadas.

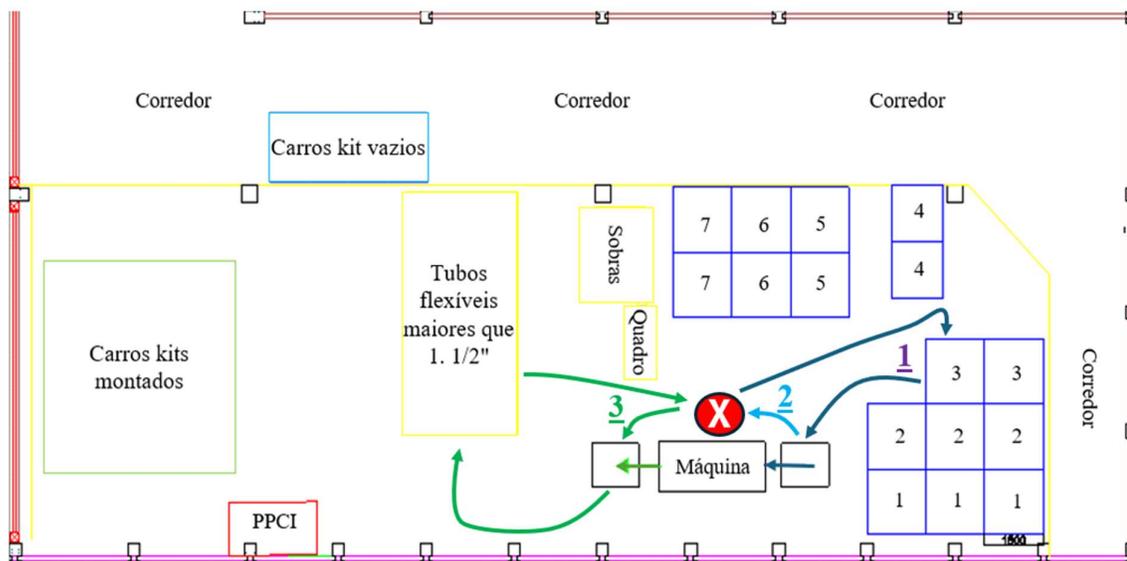
Figura 22 - Comparação do modelo virtual com o arranjo físico.



Fonte: Autor (2024).

O processo funciona conforme as figuras 23a e 23b. A figura 23a ilustra o diagrama de espaguete para o corte de tubos com diâmetro superior a 1.1/2 polegadas, enquanto a figura 23b mostra o corte de tubos com diâmetro inferior a 1.1/2 polegadas e a montagem dos kits.

Figura 23a - Diagrama de espaguete para tubos maiores que 1.1/2 polegadas.

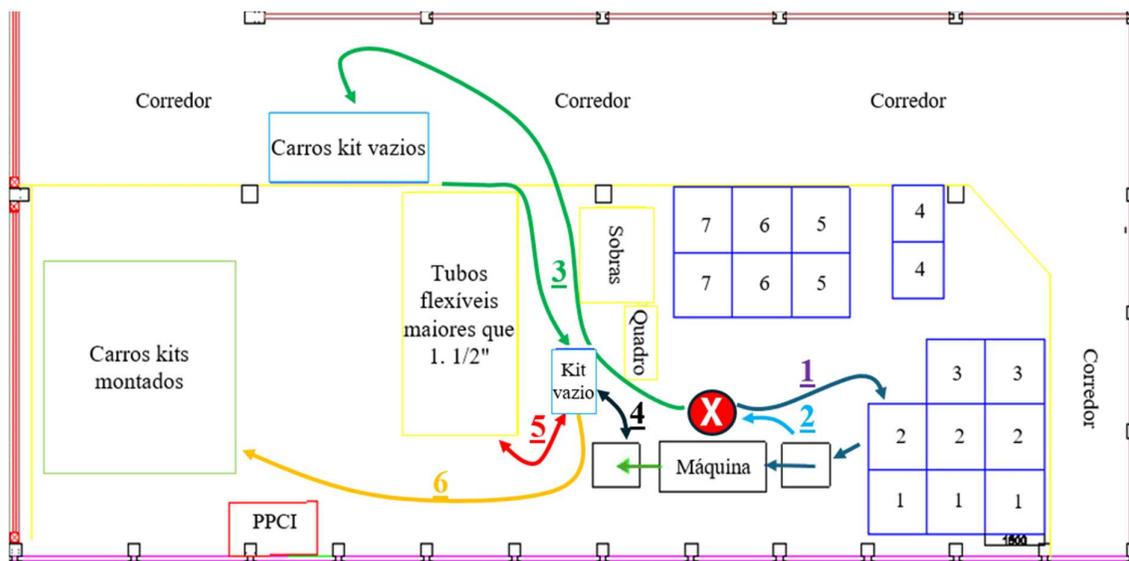


Fonte: Autor (2024).

Legenda da figura 23a:

1. Alimentação da máquina de corte com os rolos de tubos;
2. Programação e início do ciclo da máquina para execução do corte do item necessário;
3. Movimentação dos tubos cortados para o local de armazenamento.

Figura 23b - Diagrama de espaguete para tubos menores ou igual a 1.1/2 polegadas.



Fonte: Autor (2024).

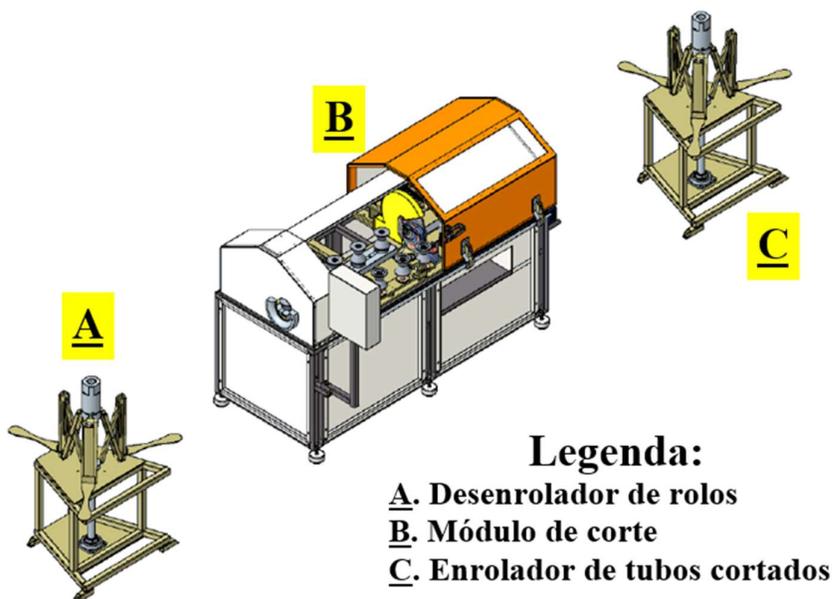
Legenda da figura 23b:

1. Alimentação da máquina de corte com os rolos de tubos;
2. Programação e início do ciclo da máquina para execução do corte do item necessário;
3. Aproximação do carro para montagem do kit;
4. Montagem do kit com peças menores ou igual ao diâmetro de 1.1/2";
5. Montagem do kit com peças maiores ao diâmetro de 1.1/2";
6. Movimentação do carro kit até a área de kits completos.

4.5.2 Funcionamento da máquina de corte

A máquina de cortar tubos flexíveis é composta por três partes principais que são identificadas na figura 24.

Figura 24 - Partes principais da máquina de corte de tubos flexíveis.



Legenda:

- A. Desenrolador de rolos**
- B. Módulo de corte**
- C. Enrolador de tubos cortados**

Fonte: Autor (2024).

A explicação de cada parte é descrita nos itens abaixo:

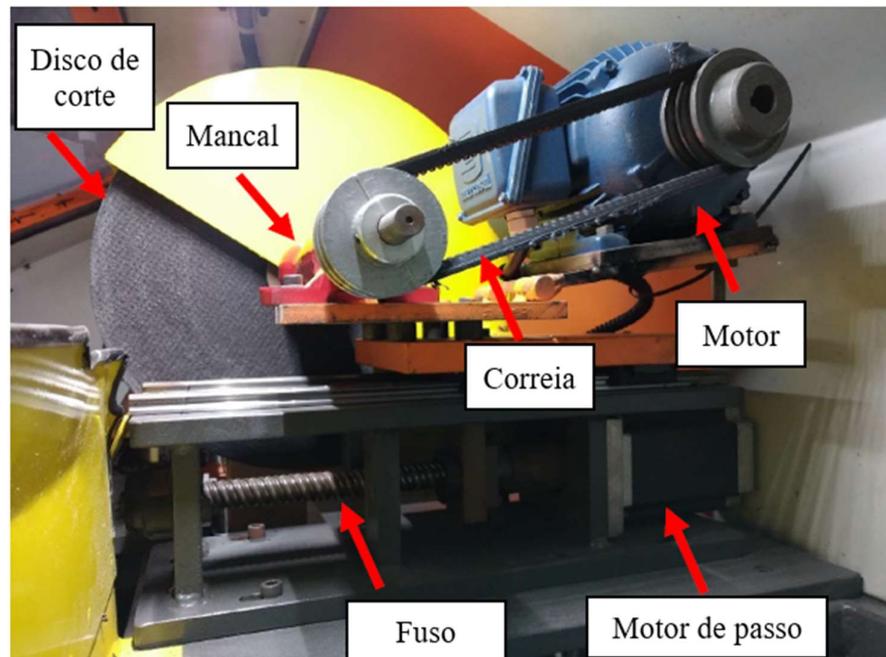
- A. Desenrolador de tubos:** Tem a função de suportar o rolo de tubos, por possuir o movimento de rotação em seu eixo facilita o desenrolamento dos rolos que são tracionados pelo módulo de corte.
- B. Módulo de corte:** É responsável por tracionar, medir e cortar os tubos flexíveis. Nesta etapa, há um painel com uma tela IHM (interface homem-máquina), que permite ao operador selecionar o tubo a ser cortado. O tracionamento é realizado por um conjunto de roletes (figura 25) que giram e entram em atrito com o tubo flexível, realizando o movimento de puxada. Após o último rolete, um sensor (figura 25) conta os pulsos, comunicando-se com a programação instalada no CLP (controlador lógico programável) e convertendo os pulsos em milímetros. A última etapa é o corte, que é realizado por um motor ligado por correia dentada a um mancal, no qual é montado um disco abrasivo. Todo o conjunto é posicionado sobre um suporte que se move em guias lineares, sendo acionado por um motor de passo montado em um fuso. A figura 26 ilustra as partes que compõem o sistema de corte.
- C. Enrolador de tubos cortados:** Tem a função de auxiliar no enrolamento de mangueiras com comprimento maiores que 2 metros.

Figura 25 - Identificação dos roletes e sensores.



Fonte: Autor (2024).

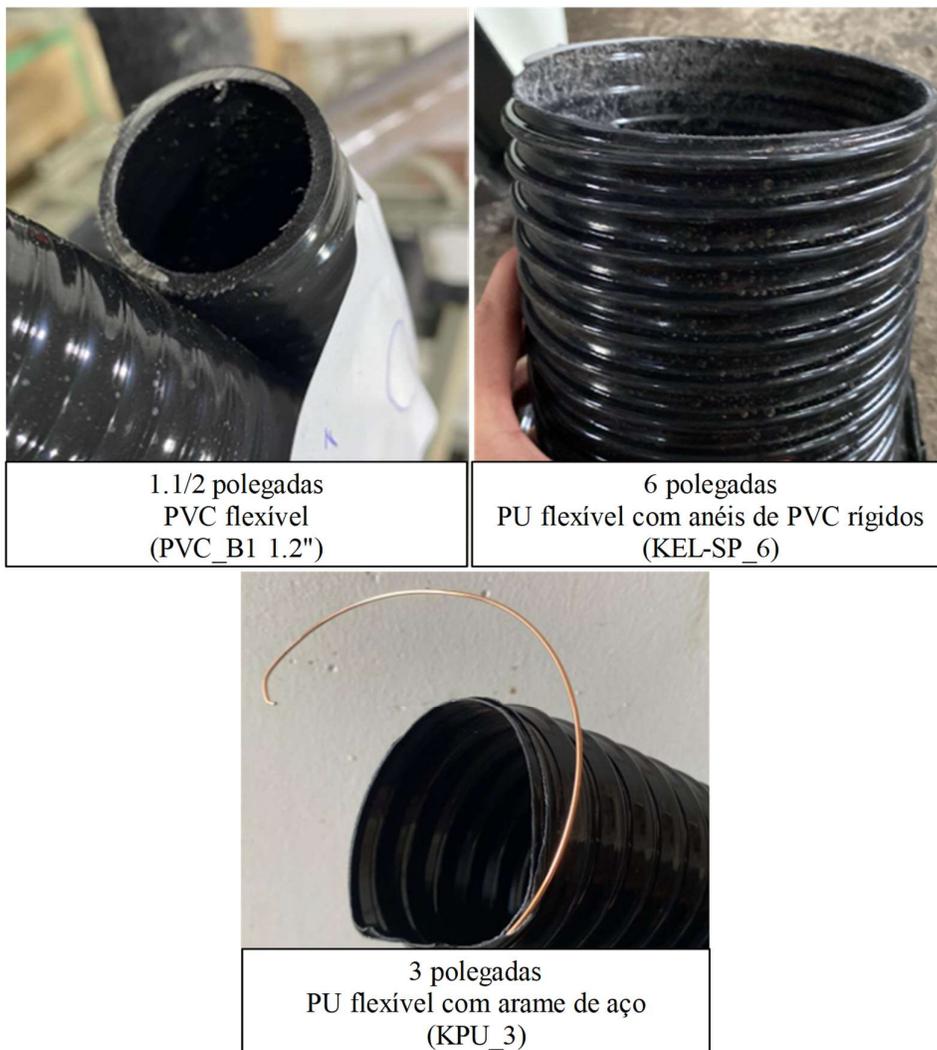
Figura 26 - Identificação da parte de corte.



Fonte: Autor (2024).

A figura 27 ilustra a seção de corte de um tubo de semente com diâmetro de 1. 1/2 e 6 polegadas, mostrando um corte realizado aproximadamente a 90°. Ainda nesta imagem, é apresentado o corte em um tubo flexível de 3 polegadas com arames de aço. Nessa imagem, observa-se o rompimento do polímero que envolve o arame na seção do corte, sendo necessário remover o excesso de metal para garantir que ele não fique visível.

Figura 27 - Item cortado na máquina de corte de tubos flexíveis.



Fonte: Autor (2024).

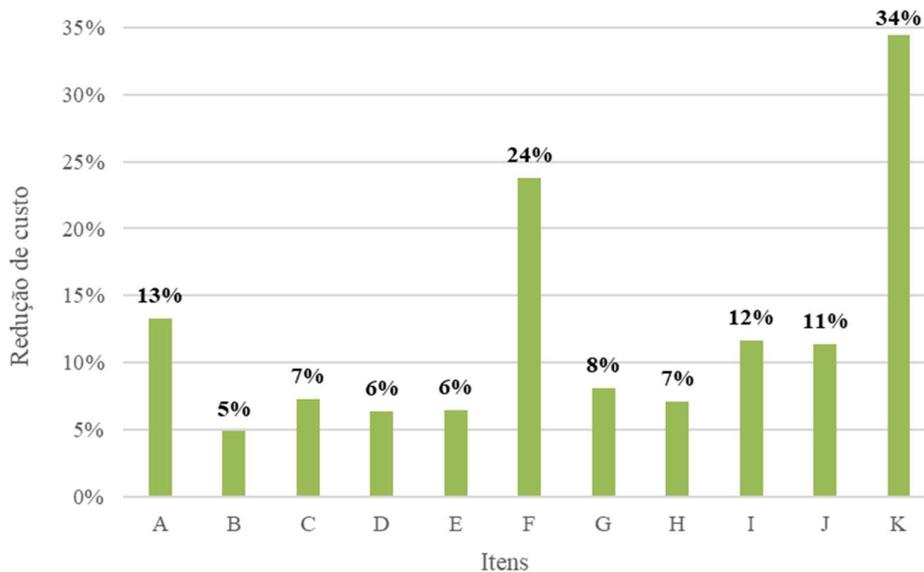
4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nos dados do estado atual, no estudo de viabilidade e na implementação do posto de trabalho, é possível analisar os resultados da adoção do novo processo.

A internalização da estação de trabalho para o corte de tubos flexíveis resultou em uma redução significativa na complexidade do armazenamento e no controle de estoque no setor logístico. A análise do estado atual revelou que, para cada código de produto, era necessário um endereço de armazenamento específico dentro da fábrica, o que facilitava o gerenciamento do estoque e evitava a mistura de códigos semelhantes. No entanto, isso impactava negativamente o uso de áreas nobres da fábrica, que poderiam ser aproveitadas para outras finalidades. Com a implementação do novo processo, tornou-se possível o armazenamento em áreas externas, uma vez que a armazenagem é feita por lotes de rolos de matéria-prima, sendo que o item específico é gerado apenas após a manufatura.

A redução de custo foi validada após a implementação e os resultados estão apresentados nas figuras 28, 29 e 30.

Figura 28 – Redução de custos dos itens após a internalização.

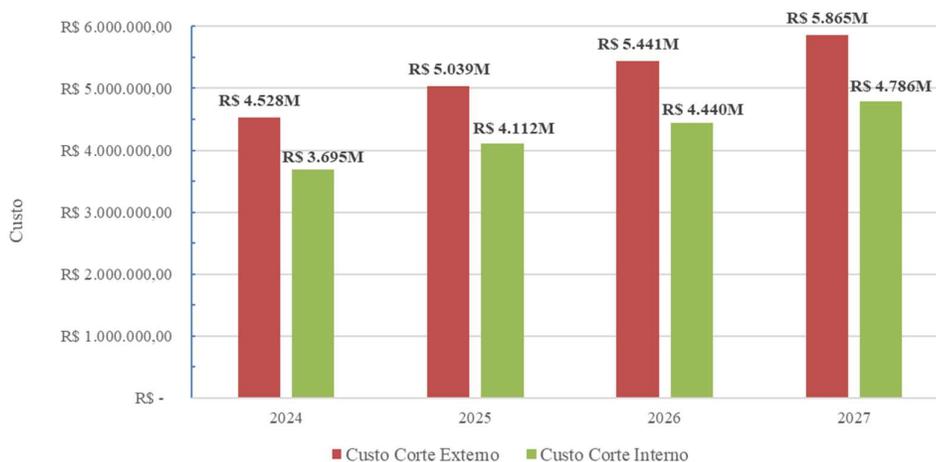


Fonte: Autor (2024).

De acordo com os dados apresentados na figura 28, observa-se que a variação de custos tende a ser equiparável na maioria dos itens. A dispersão do resultado do item “K”, nomeado

como tubo flexível de vácuo e matéria-prima PU flexível com arame de aço de 5 polegadas, pode ser atribuída a dificuldades no processo ou discrepância de valor por parte do fornecedor terceirizado, uma vez que os custos de frete e manufatura se mantêm agrupados de maneira homogênea em comparação com os demais itens.

Figura 29 - Projeção de gastos comparando o processo externo e interno com dados de volumes do quarto trimestre de 2023.



Fonte: Autor (2024).

Na figura 29, é possível observar uma redução média anual de aproximadamente R\$ 1 milhão com a mudança do corte de tubos flexíveis de externo para interno. A figura 30 facilita a análise, permitindo que se observe um crescimento estável na economia anual, em razão do aumento da demanda anual por peças apresentado na tabela 2.

Figura 30 - Projeção de economia anual e acumulada com dados de volumes do quarto trimestre de 2023.



Fonte: Autor (2024).

Outro resultado econômico positivo é o curto prazo de retorno do investimento necessário para implementar o processo, que, conforme a normativa da empresa, é de 3 anos. Os custos dos investimentos e manutenção para o primeiro ano dos equipamentos adquiridos foi de aproximadamente R\$ 570 mil, inferior à economia prevista no ano inicial de cerca de R\$ 833 mil, conforme a figura 30. Assim, ao fazer o quociente entre o valor investido e a economia de 2024, obtém-se um retorno de investimento de 0,68 anos (8 meses), o que significa que o investimento será recuperado no primeiro ano de operação.

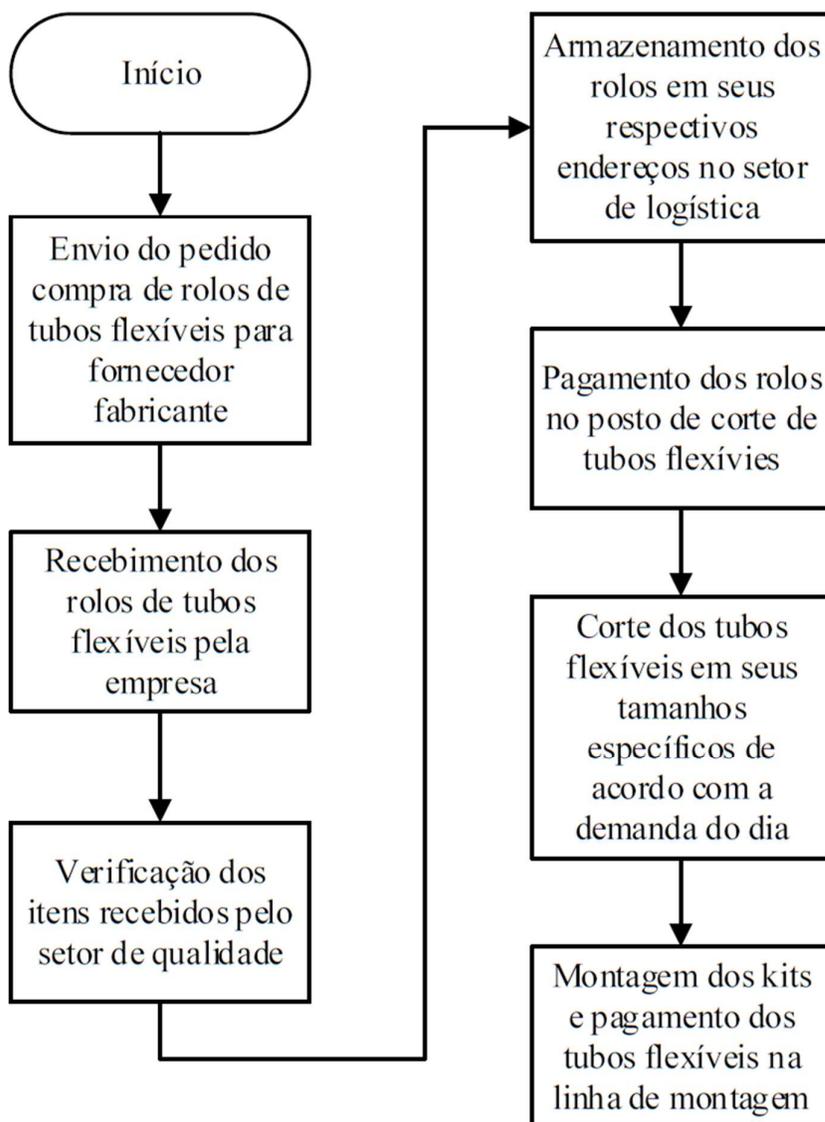
O fluxo de operação do posto de trabalho demonstra ser simples e contínuo, em grande parte devido à criação prévia do *layout* virtual, que permitiu prever as operações e movimentos necessários para a fabricação antes da implementação final. Além disso, o processo desenhado tem capacidade para aproximadamente quatro sequências de plantadeiras em um turno, o que corresponde a cerca de 430 metros de tubos flexíveis, totalizando aproximadamente 130 unidades de peças cortadas.

A máquina de corte de tubos apresenta uma estrutura de componentes simples para seu funcionamento, o que elimina a necessidade de mão de obra terceirizada para as manutenções. Além disso, o equipamento possui flexibilidade para absorver novos itens, pois a programação para corte pode ser realizada pelo próprio responsável pelo processo, com a única restrição de que os diâmetros das matérias-primas estejam dentro dos limites de aproximadamente 1 a 6 polegadas.

Adicionalmente, os cortes realizados nos tubos flexíveis de semente (PVC flexível) e exaustão (PU flexível com anéis de PVC rígido) atenderam aos requisitos de qualidade estabelecidos no escopo de aquisição do ferramental. Por outro lado, os cortes nos tubos de vácuo (PU flexível com arame de aço) apresentaram um resultado indesejado, pois o arame provoca o rompimento do material polimérico na seção do corte. No entanto, esse problema não afeta a funcionalidade do item, e como os tubos de vácuo ficam em áreas mais ocultas da plantadeira, não comprometem a qualidade visual exigida pelo cliente final.

A figura 31 demonstra um fluxograma simplificado do fluxo de valor dos tubos flexíveis após a internalização do processo de corte.

Figura 31 – Mapeamento simplificado do fluxo de valor após a internalização do processo de corte.



Fonte: Autor (2024).

5 CONCLUSÃO

Atualmente, as empresas de implementos agrícolas têm buscado oportunidades para melhorar a saúde do negócio, como a internalização de processos ou peças. O principal propósito desses investimentos é reduzir custos, além de diminuir a complexidade no gerenciamento de estoque e a dependência de fornecedores. O objetivo deste trabalho foi a internalização do processo de corte de tubos flexíveis, visando a redução de custos para uma empresa fabricante de implementos agrícolas, especialmente de plantadeiras.

Com a internalização do corte de tubos flexíveis, foi possível alcançar uma redução significativa de custos, sendo um processo de execução simples. Além disso, a complexidade do armazenamento logístico foi reduzida, evitando erros operacionais, como o armazenamento incorreto de itens semelhantes. Esses enganos poderiam comprometer a montagem da plantadeira, causando atrasos ou até mesmo resultando em uma montagem incorreta, o que afetaria o desempenho do produto no campo.

A redução de custos torna a empresa mais competitiva no mercado, proporcionando maior flexibilidade no preço de venda dos produtos. Graças ao trabalho realizado, foi possível alcançar uma economia anual de cerca de R\$ 1 milhão e um retorno sobre o investimento de aproximadamente 8 meses. Isso permite ajustar o preço dos produtos, tornando-os mais competitivos no mercado, além de realocar os recursos economizados para outros investimentos, como a expansão da capacidade produtiva, segurança, qualidade ou novas internalizações.

O desenvolvimento deste trabalho destaca oportunidades simples para a redução de custos, com fácil implementação e rápido retorno financeiro. A melhoria contínua dos processos é essencial para manter a competitividade. A estação de trabalho será constantemente aprimorada, visando maior qualidade, eficiência e redução de desperdícios, gerando um retorno financeiro crescente nos próximos anos. Para trabalhos futuros, sugere-se implementar um sistema *Kanban* para melhorar abastecimento de matéria-prima, melhorar o controle de estoque de tubos com diâmetros maiores e mapear e classificar as atividades em agregadoras e não agregadoras de valor, eliminando desperdícios e resultando em um processo mais eficiente.

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977**. Dispõe sobre a alteração da Consolidação das Leis do Trabalho, para regulamentar a segurança e saúde no trabalho. Diário Oficial da União, Brasília, 22 dez. 1977. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6514.htm#art1. Acesso em: 15 jan. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 17: Ergonomia**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-17-nr-17>. Acesso em: 15 jan. 2025.

IMAI, M. **Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2014.

JAHARA, R. d.; VIEIRA, P. S.; REIS, A. d. **Identificação de demandas por metodologias e ferramentas Lean em uma indústria metal mecânica**. Belo Horizonte, MG: Atena Editora, 2017.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, RS: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, L. C.; CARDOSO, L. A.; MACHADO, A. O. Os traços contemporâneos da racionalização do trabalho e os modelos produtivos na pós-modernidade: uma análise da metodologia japonesa 5S. **XI SIMPEP**, 10 nov. 2004. p. 8. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_aux.php?e=11. Acesso em: 17 out. 2024.

ORTIZ, C. **Kaizen e implementação de eventos kaizen**. 1. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2010.

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

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo, SP: Lean Institute Brasil, 2003.

SANTOS, P. V.; SOUZA, J. A.; SILVA, E. C.; FERNANDES, C. H. Integração do índice OEE e o método Heijunka: uma análise sobre uma possível relação. **Journal of Lean Systems**, p. 25, 2019. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/lean/article/view/3384>. Acesso em: 19 out. 2024.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo, SP: Editora Atlas S.A., 1999.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2007.

VILLAR, A. d.; NÓBREGA JÚNIOR, C. L. **Planejamento das instalações empresariais**. João Pessoa, PB: Editora da UFPB, 2014.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campus Ltda, 2004.