



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Thiago Vieira de Souza Cunha

**Aplicação de ferramentas de *Lean Manufacturing* para qualificação dos
processos na Preparação de Componentes para Fabricação de Transformadores
Elétricos**

Florianópolis
2024

Thiago Vieira de Souza Cunha

Aplicação de ferramentas de *Lean Manufacturing* para qualificação dos processos na Preparação de Componentes para Fabricação de Transformadores Elétricos

Relatório final da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) como Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis.

Orientador: Prof. Rodrigo Castelan Carlson, Dr
Supervisor: David Antonio Grande

Florianópolis
2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Cunha, Thiago Vieira de Souza

Aplicação de ferramentas de Lean Manufacturing para
otimização dos processos na Preparação de Componentes para
Fabricação de Transformadores Elétricos / Thiago Vieira de
Souza Cunha ; orientador, Rodrigo Castelan Carlson,
coorientador, David Antonio Grande, 2024.

133 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Controle e Automação,
Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia de Controle e Automação. 2. Lean
Manufacturing. 3. Transformadores Elétricos. 4. Otimização
de Processos. 5. Redução de Desperdícios. I. Carlson,
Rodrigo Castelan. II. Grande, David Antonio. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia de Controle e Automação. IV. Título.

Thiago Vieira de Souza Cunha

Aplicação de ferramentas de *Lean Manufacturing* para qualificação dos processos na Preparação de Componentes para Fabricação de Transformadores Elétricos

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina DAS5511 (Projeto de Fim de Curso) e aprovada em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

Florianópolis, 19 de Dezembro de 2024.

Prof. Marcelo de Lelis, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Rodrigo Castelan Carlson, Dr(a).
Orientador(a)
UFSC/CTC/EAS

David Antonio Grande
Supervisor(a)
WEG Equipamentos Elétricos S/A

Prof. Ricardo José Rabelo, Dr.
Avaliador(a)
UFSC/CTC/EAS

Prof. Eduardo Camponogara, Dr.
Presidente da Banca
UFSC/CTC/EAS

Este trabalho é dedicado a todos que buscam incessantemente o conhecimento e o crescimento pessoal. Que ele sirva de lembrete que o verdadeiro progresso vem da coragem em se desafiar e da dedicação de continuar adiante não importando o tamanho do obstáculo.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste projeto marca o encerramento de uma significativa etapa na minha trajetória acadêmica e profissional, e é com imensa satisfação que registro o agradecimento a inúmeras pessoas que participaram de toda a minha jornada, oferecendo apoio, incentivo e orientação.

Primeiramente, agradeço a minha família que não mediu esforços para tornar possível os meus sonhos, assessorando nos momentos mais desafiadores da minha formação, sendo essenciais para que superasse desafios e seguisse adiante, não importando a adversidade. Em especial, gostaria de gratificar aos meus pais e avós que sempre fizeram o possível e o impossível para o meu crescimento pessoal, dando todo o suporte a minha educação, sendo pilares fundamentais na minha vida.

Aos meus colegas de trabalho, que compartilharam experiências valiosas ao longo desse período, e aos integrantes da equipe WEG, que me acolheram e proporcionaram uma rica vivência profissional, pessoal e social, sou extremamente grato pela colaboração e pelas oportunidades de aprendizado que enriqueceram este projeto.

Estendo também meu agradecimento ao Departamento de Engenharia de Automação e Sistemas (EAS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por propiciar um ambiente acadêmico desafiador, porém acolhedor, que foi crucial para meu desenvolvimento ao longo do curso de Engenharia de Controle e Automação. Agradeço especialmente ao professor Rodrigo Castelan Carlson pela orientação e disponibilidade durante a confecção desta monografia.

Por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus amigos, que estiveram ao meu lado em todas as fases dessa jornada, compartilhando momentos de alegria e superação, e oferecendo seu apoio e companheirismo constantes.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram deste percurso ao longo dos anos de graduação, meu sincero - Obrigado!''.

*A qualidade nunca é um acidente;
é sempre o resultado de um esforço inteligente."
(ARISTÓTELES, 384 a.C.)*

DECLARAÇÃO DE PUBLICIDADE

Blumenau, 06 de Dezembro de 2024.

Na condição de representante da WEG Equipamentos Elétricos S.A. na qual o presente trabalho foi realizado, declaro não haver ressalvas quanto ao aspecto de sigilo ou propriedade intelectual sobre as informações contidas neste documento, que impeçam a sua publicação por parte da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para acesso pelo público em geral, incluindo a sua disponibilização *online* no Repositório Institucional da Biblioteca Universitária da UFSC. Além disso, declaro ciência de que o autor, na condição de estudante da UFSC, é obrigado a depositar este documento, por se tratar de um Trabalho de Conclusão de Curso, no referido Repositório Institucional, em atendimento à Resolução Normativa n° 126/2019/CUn.

Por estar de acordo com esses termos, subscrevo-me abaixo.



Documento assinado digitalmente

DAVID ANTONIO GRANDE

Data: 06/12/2024 08:42:55-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

David Antonio Grande
WEG Equipamentos Elétricos S.A.

RESUMO

No ambiente industrial, a aplicação de ferramentas de *Lean Manufacturing* tornou-se essencial para aumentar a eficiência e reduzir desperdícios, promovendo maior competitividade e sustentabilidade. Este projeto tem como objetivo otimizar os processos da preparação de componentes para a fabricação de transformadores elétricos na WEG, focando na identificação de ineficiências, como retrabalhos, altos tempos de *setup*, movimentações excessivas e falta de controle adequado de estoque e materiais. A partir de *brainstorms* e análises utilizando as técnicas 5G e 5W1H, foram detectados problemas relacionados à ausência de padronização nos processos, falhas no planejamento e falta de visibilidade no controle de produção. Para mitigar esses problemas, utilizou-se um conjunto de ferramentas *Lean Manufacturing*, incluindo o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) para mapear o fluxo de materiais e informações, BPMN para detalhar os processos, Métodos de Análise e Solução de Problemas (MASP), além de *Quick Kaizens* para promover melhorias rápidas e pontuais. O planejamento estratégico incluiu a definição de metas claras, priorização das ações e formação de equipes multidisciplinares para atacar os principais problemas. A aplicação de SMED (*Single Minute Exchange of Die*) permitiu uma redução significativa nos tempos de *setup* de algumas máquinas, enquanto o sistema *Kanban* foi introduzido para melhorar o controle do fluxo de materiais, evitando excessos de estoque e aumentando a agilidade no abastecimento da linha de produção. Além disso, ajustes no *layout* da seção foram propostos, visando minimizar as movimentações desnecessárias e otimizar o fluxo de trabalho, juntamente com a sugestão de automação de processos críticos para reduzir tempos ociosos. Os planos de ação incluíram ainda estudo de viabilidade para a aquisição de novas máquinas e a criação de um formulário padronizado para controle de entregas, com foco em melhorar a precisão e a rastreabilidade do processo. Como resultado, observou-se uma melhoria expressiva na eficiência operacional, redução de custos e aumento da capacidade de resposta às demandas emergenciais da empresa. A utilização de indicadores de desempenho foi fundamental para monitorar os resultados obtidos em comparação às metas estabelecidas, garantindo a eficácia das mudanças implementadas. Este projeto consolidou-se como uma iniciativa estratégica, elevando a competitividade da WEG ao alinhar a produção às melhores práticas de manufatura enxuta, em consonância com as exigências do mercado de transformadores elétricos.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*. Mapeamento de Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* (VSM)). *Quick Kaizen*. Método de Análise e Solução de Problemas (MASP). Redução de Desperdícios.

ABSTRACT

In the industrial environment, the application of Lean Manufacturing tools has become essential to increase efficiency and reduce waste, promoting greater competitiveness and sustainability. This project aims to optimize the processes of component preparation for the manufacture of electrical transformers at WEG, focusing on identifying inefficiencies such as rework, high setup times, excessive movements, and inadequate control of inventory and materials. Through brainstorming and analysis using techniques like 5G and 5W1H, problems were detected related to the lack of standardization in processes, planning failures, and lack of visibility in production control. To mitigate these problems, a set of Lean Manufacturing tools was used, including Value Stream Mapping (VSM) to map the flow of materials and information, BPMN to detail the process, Problem Solving and Analysis Methods (MASP), and Quick Kaizens to promote quick and targeted improvements. The strategic planning included defining clear goals, prioritizing actions, and forming multidisciplinary teams to address the main issues. The application of SMED (Single-Minute Exchange of Die) enabled a significant reduction in the setup times of some machines, while the Kanban system was introduced to improve material flow control, preventing inventory excesses and increasing agility in production line replenishment. In addition, layout adjustments were proposed to minimize unnecessary movements and optimize workflow, along with the suggestion of automating critical processes to reduce idle times. The action plans also included a feasibility study for acquiring new machines and creating a standardized form for delivery control, focusing on improving the accuracy and traceability of the process. As a result, there was a significant improvement in operational efficiency, cost reduction, and an increase in the company's ability to respond to urgent demands. The use of performance indicators was essential for monitoring the results compared to the established goals, ensuring the effectiveness of the implemented changes. This project was consolidated as a strategic initiative, enhancing WEG's competitiveness by aligning production with the best practices of lean manufacturing, in line with the demands of the electrical transformer market.

Keywords: Lean Manufacturing. VSM. *Kanban*. *Quick Kaizen*. MASP. Waste Reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eletromotores Jaraguá.	22
Figura 2 – Fabricação WEG Transmissão & Distribuição (WTD) no mundo. . . .	26
Figura 3 – Conceito de 5W1H.	39
Figura 4 – Formulários impressos em folha A3 para identificação de causas. .	42
Figura 5 – Tipos de <i>Kaizen</i> aplicados na WEG.	44
Figura 6 – Método <i>Plan, Do, Check, Act</i> (PDCA) de gerenciamento de processos.	48
Figura 7 – Modelagem do processo E03 - Máquina de Cortar Tubos Laser utilizando o <i>Business Process Management</i> (BPM).	54
Figura 8 – Modelagem dos processos da seção de preparação utilizando o VSM.	55
Figura 9 – Levantamento dos problemas da seção com o uso de <i>brainstorming</i> .	56
Figura 10 – Postos de Trabalho, Turnos e Capacidades Operacionais na Seção de Preparação.	56
Figura 11 – Quantidade de problemas levantados durante o <i>brainstorming</i> por nível de prioridade.	57
Figura 12 – Pastas com os arquivos de controle de entrega utilizados para cada linha de montagem, evidenciando a descentralização e a falta de padronização no armazenamento das informações.	60
Figura 13 – Registro de notas de qualidade (QM) associadas a problemas de dobração na seção de preparação.	61
Figura 14 – Esteira manual do processo E4 painel corrugado.	62
Figura 15 – Máquina de solda de pinos manual.	64
Figura 16 – Processo de fabricação atual.	65
Figura 17 – Ocorrências típicas em fábricas que ocorrem na solda de pinos. . .	65
Figura 18 – Caixas proteção de Bucha.	66
Figura 19 – Flanges.	66
Figura 20 – Tampas.	66
Figura 21 – Componentes espalhados pela seção de modo inadequado.	67
Figura 22 – Acúmulo de peças no pátio externo.	68
Figura 23 – Lista de materiais sem planejados.	69
Figura 24 – Limitações da Fabricação de Componentes - WPR-39092.	70
Figura 25 – Gráficos de pareto sobre espessura de chapas e diâmetro de furos, respectivamente.	71
Figura 26 – Gabaritos de análise de furação.	71
Figura 27 – Árvore de amostragem.	73
Figura 28 – Peças identificadas com códigos para avaliação de Sistemas de Medição (MSE).	73
Figura 29 – Gráfico de múltiplas variáveis para conicidade.	74

Figura 30 – Quantidade de entregas feitas pelos preparadores para as diferentes linhas de montagem.	77
Figura 31 – Quantidade de entregas feitas pelos preparadores para as diferentes linhas de montagem.	78
Figura 32 – Vista isométrica em um projeto após o plano de ação A02.	79
Figura 33 – Modelo exemplo de esteira automatizada desenvolvido no <i>SolidWorks</i> para otimização do transporte no processo produtivo.	81
Figura 34 – Máquina Controle Numérico Computadorizado (CNC) para solda de pinos roscados Soyer KTS-4000 CNC	82
Figura 35 – Processo de fabricação proposto com a compra da máquina CNC para solda de pinos roscados.	82
Figura 36 – <i>Layout</i> da seção destacando o local de instalação dos <i>cantilevers</i>	85
Figura 37 – <i>Cantilever</i> bifrontal projetado.	85
Figura 38 – <i>Cantilever</i> monofrontal projetado.	86
Figura 39 – Peças espalhadas pela seção de preparação em caixas.	86
Figura 40 – Estrutura tubular de sustentação de palete de aço	87
Figura 41 – Estrutura do tampo do palete de aço	88
Figura 42 – Componentes dos paletes de aço cortados na máquina de corte plasma 300 e tubo laser	88
Figura 43 – Furação para a máquina com o sistema de <i>True Hole</i> desativado.	90
Figura 44 – Furação para a máquina com o sistema de <i>True Hole</i> ativado.	90
Figura 45 – Gráfico de múltiplas variáveis para conicidade.	91
Figura 46 – Etiqueta usada na identificação de componentes na seção.	93
Figura 47 – Desenhos impressos nos componentes de armaduras de distribuição.	94
Figura 48 – Carrinho de transporte de armaduras.	94
Figura 49 – Número de <i>Kaizens</i> por mês, nível de mobilização da seção e quantidade de <i>Kaizens</i> por colaborador.	96
Figura 50 – Modelagem do processo E03 - MÁQUINA DE CORTAR TUBOS LASER utilizando o BPM.	106
Figura 51 – Modelagem do processo E04 - PAINEL CORRUGADO utilizando o BPM.	107
Figura 52 – Modelagem do processo E05/E06/E07 - MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS PLASMA 300/300/400 utilizando o BPM.	108
Figura 53 – Modelagem do processo E08 - MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS LASER utilizando o BPM.	109
Figura 54 – Modelagem do processo E09 - TAMBOREADEIRA utilizando o BPM.	110
Figura 55 – Modelagem do processo E10 - REBARBADORA utilizando o BPM.	111
Figura 56 – Modelagem do processo E11 - SERRA FITA utilizando o BPM.	112
Figura 57 – Modelagem do processo E12 - BORDEADEIRA utilizando o BPM.	113

Figura 58 – Modelagem do processo E13 - DOBRA utilizando o BPM.	114
Figura 59 – Modelagem do processo E14 - FURADEIRA utilizando o BPM. . . .	115
Figura 60 – Modelagem do processo E15 - SOLDA DE PINOS utilizando o BPM.	116
Figura 61 – Modelagem do processo E16 - BATEDOR DE NÚMERO utilizando o BPM.	117
Figura 62 – Modelagem do processo E17/E18 - TORNO MANUAL utilizando o BPM.	118
Figura 63 – Modelagem do processo E19 - CNC utilizando o BPM.	119
Figura 64 – Modelagem do fluxograma Principal utilizando o BPM.	120
Figura 65 – Formulário A3 - WFR - 27520.	130
Figura 66 – Layout da Máquina CNC de solda de pinos roscados.	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Padrões de métodos de análise e solução de problemas para diferentes frentes de ação	42
Quadro 2 – Principais processos da seção de preparação mapeados utilizando o BPM.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tolerâncias em transformadores - WPR-39092.	70
Tabela 2 – Relação de gabarito conforme diâmetro das furações.	72
Tabela 3 – Matriz de decisão, baseada no mapa dos processos.	72
Tabela 4 – Componentes de variação do sistema de conicidade.	75
Tabela 5 – Ganho diário nas tarefas dos preparadores considerando a aplicação do plano de ação - Tabela detalhada no Arquivo Sigiloso (Seção A.22).	87
Tabela 6 – Configurações necessárias para redução de conicidade em furação.	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Análise de Problema de Processo
AV	Atividade que agrega valor
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMN	Business Process Model and Notation
CNC	Controle Numérico Computadorizado
COV	Componentes de Variação
GR	Gerenciamento de Rotina
JIT	<i>Just-in-time</i>
LPP	ligação ponto-a-ponto
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
MOD	Taxa de ocupação da mão de obra direta
MSE	avaliação de Sistemas de Medição
NAV	Atividade que não agrega valor
PCP	planejamento e controle da produção
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PWQP	Programa WEG de Qualidade e Produtividade
QM	notas de qualidade
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPS	Sistema <i>Toyota</i> de Produção
VPL	Valor Presente Líquido
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WBS	Work Breakdown Structure
WCM	<i>World Class Manufacturing</i>
WIP	<i>Work In Progress</i>
WMS	WEG Manufacturing System
WTD	WEG Transmissão & Distribuição

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	A EMPRESA	22
1.1.1	A HISTÓRIA	22
1.1.2	MISSÃO, VISÃO E VALORES	24
1.1.3	WEG TRANSMISSÃO & DISTRIBUIÇÃO	25
1.2	CONTEXTO E MOTIVAÇÃO	26
1.3	OBJETIVOS E METAS	28
1.3.1	OBJETIVOS GERAIS	28
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
1.3.3	METAS	29
1.4	METODOLOGIA	30
1.5	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	32
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
2.1	LEAN MANUFACTURING	34
2.1.1	ORIGEM	34
2.1.2	OS OITO DESPERDÍCIOS	36
2.2	FERRAMENTAS LEAN	37
2.2.1	BUSINESS PROCESS MANAGEMENT (BPM)	37
2.2.2	VALUE STREAM MAPPING (VSM)	38
2.2.3	5W1H	38
2.2.4	BRAINSTORMING	39
2.2.5	5G	40
2.2.6	MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	41
2.2.7	ANÁLISE DE PROBLEMAS DE PROCESSO	42
2.2.8	KAIZEN	43
2.2.9	KANBAN	46
2.2.10	SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)	46
2.2.11	5S	47
2.3	PLAN, DO, CHECK, ACT (PDCA)	48
3	IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE PROBLEMAS	50
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	50
3.2	LEVANTAMENTO DOS PROBLEMAS	52
3.3	ANÁLISE DETALHADA DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	59
3.3.1	P01: Dificuldade de levantamento de informações de entregas às linhas de montagem	59
3.3.2	P02: Dificuldade na Leitura de Desenhos Técnicos de Peças Complexas ou Não Padronizadas	60

3.3.3	P04: Produção de Painéis Corrugados Abaixo da Demanda . . .	62
3.3.4	P11: Processo de Solda de Pinos Ineficiente e com Elevado Índice de Retrabalho	63
3.3.5	P14 - Desorganização no armazenamento de peças e controle de estoque	67
3.3.6	P61 - Conicidade de furações executadas em corte plasma - Chapa de aço no corte de plasma	69
4	DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO	76
4.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	76
4.2	A01: IMPLEMENTAÇÃO DO FORMULÁRIO DE CONTROLE DE ENTREGA	77
4.3	A02: IMPLEMENTAÇÃO DE POKA-YOKE VISUAL NAS ORDENS DE PRODUÇÃO	78
4.4	A04: AUTOMAÇÃO DAS ESTEIRAS DO PAINEL CORRUGADO . . .	80
4.5	A12: COMPRA DE MÁQUINA CNC PARA SOLDA DE PINOS ROSCADOS	82
4.6	A17 - ESTUDO DE ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO NA SEÇÃO	84
4.7	A43 - REDUÇÃO DE VARIAÇÃO DE CONICIDADE EM FURAÇÃO EM MÁQUINA DE CORTE PLASMA CNC	89
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	92
5.1	RESULTADOS TECNOLÓGICOS OBTIDOS	92
5.2	RESULTADOS FINANCEIROS OBTIDOS	95
5.3	RESULTADOS OBTIDOS COM IMPLEMENTAÇÃO DOS <i>KAIZENS</i> .	96
5.4	RESULTADOS OBTIDOS PARA ORGANIZAÇÃO	97
6	CONCLUSÃO	98
6.1	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E POSSÍVEIS APRIMORAMENTOS	99
6.2	SUGESTÕES DE TRABALHO FUTURO	99
	REFERÊNCIAS	101
	APÊNDICE A – SIGILOSO	104
A.1	SIGILOSO - PREJUÍZO ACUMULADO LEVANTADO PELO PROGRAMA DE INVESTIMENTOS DO WMS.	104
A.2	SIGILOSO - ANÁLISE CONSOLIDADA DOS INDICADORES DE QUALIDADE (QMS) ATÉ SETEMBRO DE 2024, COMPARANDO DADOS DE QUANTIDADE E CUSTO COM O ANO DE 2023.	104
A.3	SIGILOSO - REGISTRO DETALHADO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE NO ÚLTIMO ANO, INCLUINDO DEFEITOS, LOCAL DE OCORRÊNCIA, MATERIAIS ENVOLVIDOS E CUSTOS ASSOCIADOS. . .	104
A.4	SIGILOSO - REGISTRO DE QMS ASSOCIADAS A PROBLEMAS DE DOBRAGEM NA SEÇÃO DE PREPARAÇÃO.	104

A.5	SIGILOSO - CUSTO TOTAL DE RETRABALHO EM QMS DE DOBRA AO LONGO DO ANO DE 2023.	104
A.6	SIGILOSO - TEMPO DE TRANSPORTE MANUAL DE PAINÉIS CORRUGADOS	104
A.7	SIGILOSO - ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS EM FÁBRICA QUE ENVOLVE SOLDA DE PINOS	104
A.8	SIGILOSO - CUSTO TOTAL DAS NOTAS QMS RELACIONADAS A CONICIDADE DE FURAÇÕES	104
A.9	SIGILOSO - GRÁFICO DE AMPLITUDE MÓVEL DE Y.	104
A.10	SIGILOSO - GRÁFICO DE MEDIÇÃO INDIVIDUAL DE Y.	104
A.11	SIGILOSO - GRÁFICO DE MÚLTIPLAS VARIÁVEIS PARA Y.	104
A.12	SIGILOSO - LIMITE DE FASE DE AMPLITUDES.	104
A.13	SIGILOSO - ANÁLISE DE REPRODUTIBILIDADE DO MSE - MÉDIAS E AS VARIAÇÕES DAS MEDIÇÕES	104
A.14	SIGILOSO - ANÁLISE DE REPRODUTIBILIDADE DO MSE - MÉDIA ENTRE OS INSTRUMENTOS	104
A.15	SIGILOSO - INVESTIMENTO NA AUTOMAÇÃO DAS ESTEIRAS DO PAINEL CORRUGADO	104
A.16	SIGILOSO - INVESTIMENTO NA COMPRA DE MÁQUINA CNC PARA SOLDA DE PINOS ROSCADOS	105
A.17	SIGILOSO - ESTIMATIVA DE CONSUMO DE PARAFUSOS ROSCADOS EM 2023	105
A.18	SIGILOSO - ESTUDO DO PROBLEMA DA SOLDA DE PINOS NA SEÇÃO DE PREPARAÇÃO - AVALIAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS EM FÁBRICA (QUALIDADE)	105
A.19	SIGILOSO - DETALHAMENTO DO INVESTIMENTO NA COMPRA DA MÁQUINA CNC DE SOLDA DE PINOS ROSCADOS	105
A.20	SIGILOSO - AVALIAÇÃO DE GANHOS PARA IMPLANTAÇÃO DE MÁQUINA DE SOLDA DE PINOS ROSCADOS.	105
A.21	SIGILOSO - IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO VERTICALIZADO DO TIPO <i>CANTILEVER</i>	105
A.22	SIGILOSO - TEMPO GASTO PELOS PREPARADORES NA BUSCA DE MATERIAIS	105
A.23	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DAS INSTALAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE <i>CANTILEVER</i> NA SEÇÃO	105
A.24	CUSTO DE NÃO CONFORMIDADES DE CONICIDADE EM FURAÇÃO	105
A.25	LIGAÇÃO PONTO-A-PONTO - CONICIDADE DE FURAÇÃO EXECUTADA EM CORTE DE PLASMA	105
A.26	RESULTADOS FINANCEIROS OBTIDOS	105

A.27	INDICADORES FINANCEIROS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS <i>KAIZENS</i> NO ANO DE 2024	105
A.28	GANHOS REAIS E POTENCIAIS ALCANÇADOS COM OS PLANOS DE AÇÃO IMPLEMENTADOS	105
A.29	PLANO DE AÇÃO A25 - DEFINIÇÃO DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA CASOS DE ABSENTEÍSMO	105
	APÊNDICE B – MAPEAMENTO E MODELAGEM DOS PROCESSOS DA SEÇÃO USANDO BPM.	106
	APÊNDICE C – RESUMO DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE PROBLEMAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS.	121
	APÊNDICE D – WFR - 27520 - RELATÓRIO DE MELHORIA - <i>QUICK KAIZEN</i>)	130
	ANEXO A – SIGILOSOS	131
A.1	WPM - 2129 - MELHORAR PROCESSOS - IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DO PROGRAMA 5S)	131
A.2	SIGILOSOS - GERENCIAMENTO DE ROTINA (GR) - OUTUBRO.	131
A.3	SIGILOSOS - PROGRAMA WEG DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE (PWQP) - OUTUBRO.	131
A.4	SIGILOSOS - AUDITORIA DE SEGURANÇA 09/09/2024	131
A.5	SIGILOSOS - RELATÓRIO DE CUSTO DE MÃO DE OBRA DIRETA E CAPACIDADE OPERACIONAL DA SEÇÃO DE PREPARAÇÃO.	131
	ANEXO B – LAYOUT DA MÁQUINA CNC DE SOLDA DE PINOS ROSCADOS	132

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento exponencial da concorrência no setor industrial, as empresas têm enfrentado uma demanda crescente por maior eficiência em seus processos produtivos. Em meio a esse cenário, o conceito de *Lean Manufacturing* (Manufatura enxuta) tem sido amplamente reconhecido como uma abordagem eficaz para melhorar a eficiência operacional e a qualidade dos processos produtivos. Originado no sistema de produção da *Toyota*, o *Lean Manufacturing* baseia-se na eliminação de desperdícios e na maximização do valor para o cliente (LIKER, 2004). Essa metodologia promove a otimização contínua dos processos, redução de custos e o aumento da produtividade, incentivando uma cultura de melhoria contínua e eficiência (WOMACK, James P.; JONES, 1996).

Esta monografia tem como objetivo apresentar o projeto de otimização dos processos existentes na seção de Preparação do departamento de Fabricação de Componentes da empresa WEG Transmissão & Distribuição (WTD), localizada no parque fabril de Blumenau-SC. Essa seção é crucial no processo produtivo, pois transforma matéria-prima - como chapas e tubos de aço, alumínio e cobre - em componentes essenciais para a fabricação dos diferentes tipos de transformadores elétricos produzidos pela empresa. O preparo dos componentes inclui diversas etapas específicas, como o corte das chapas e tubos nos formatos adequados, dobra, usinagem, furação, marcação de número de série, rosca e borda, atendendo às necessidades e especificações de cada projeto.

Nos últimos anos, a seção passou por uma expansão acelerada devido ao aumento na demanda por pedidos. Contudo, essa ampliação da capacidade produtiva ocorreu sem um planejamento estrutural adequado, deixando a seção sem o suporte necessário para atender à produção diária atual. Como consequência, diversos desafios operacionais surgiram, incluindo a falta de padronização nos processos, acúmulo excessivo de materiais, dificuldades no gerenciamento de estoques e falhas na programação do corte de componentes. Esses problemas passaram a impactar negativamente o desempenho da seção, comprometendo tanto o fluxo de trabalho quanto a eficiência produtiva.

Diante desses problemas, o projeto utilizou ferramentas e metodologias do *Lean Manufacturing* para diagnosticar e otimizar os processos da seção. A primeira etapa envolveu a análise e compreensão do fluxo de materiais, informações e do projeto como um todo. Para isso, realizou-se o mapeamento detalhado dos processos da seção por meio da disciplina BPM, incluindo entrevistas com os operadores, cálculos de tempo e análise da utilização de mão de obra por turno de trabalho. Complementando essa análise, foi aplicado o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), adaptado para lidar com a alta variabilidade dos produtos, o compartilhamento de recursos entre postos

de trabalho e a falta de padronização entre as diferentes linhas de produção de transformadores elétricos. O mapeamento de materiais e informações foi essencial para coordenar as atividades entre fabricantes, fornecedores e distribuidores, garantindo a entrega eficiente de produtos aos clientes (SUNDAR; BALAJI; KUMAR, 2014).

Em sequência, foi aplicado o MASP, com o apoio de ferramentas como o *5W1H* (do inglês, *What, When, Who, When, How e Why*), para identificar os principais problemas da seção e definir níveis de prioridade. Essa classificação por níveis de prioridade foi essencial para organizar e planejar as ações de forma ágil, considerando o alto volume de questões a serem tratadas. O MASP, em conjunto com a Análise de Problema de Processo (APP), complementa o *Lean Manufacturing* ao oferecer uma estrutura sistemática para identificar, analisar e resolver problemas (ISIXSIGMA, 2007). Essas metodologias permitem compreender as causas raiz das dificuldades, implementar planos de ação eficazes e monitorar os resultados obtidos. A integração dessas ferramentas com o BPM e o VSM resultou em uma abordagem robusta para a melhoria contínua, abordando problemas específicos e promovendo uma gestão mais eficiente dos processos (SOBEK II; SMALLEY, 1999).

Após a análise detalhada de cada problema e suas possíveis causas raiz, foram estabelecidos planos de ação voltados à mitigação ou solução de cada questão identificada. Para facilitar a gestão desses planos, eles foram organizados em categorias, como por exemplo, estrutural, abrangendo questões relacionadas ao *layout* da seção, propostas de ampliação e *retrofitting* (modernização) de máquinas, ou normalização, focada na criação de normativas que orientem os colaboradores a adotarem práticas que beneficiem a seção. Os planos de ação foram desenvolvidos com o auxílio de diversas ferramentas *Lean*, incluindo *Single Minute Exchange of Die* (SMED) para otimização de *setups*, *Kaizen*, *5S*, *Kanban*, normalização técnica operacional, gestão visual e os *3M's* (*Muri, Mura e Muda*). Adicionalmente, práticas como *Poka-Yoke* (à prova de erros) e *Just-in-time* (JIT) desempenharam um papel fundamental na implementação dessas ações.

Os resultados obtidos com essas intervenções têm sido observados ao longo do tempo, e o impacto das ações implementadas é visível na seção. Entre os principais benefícios estão o controle mais preciso das operações, a redução de atrasos na entrega de componentes para as montadoras (clientes internos) e uma expressiva diminuição nos custos associados a processos como a logística interna de busca de componentes nos estoques. Este projeto demonstra como a adoção das metodologias de *Lean Manufacturing* pode contribuir para o desenvolvimento de um ambiente produtivo mais organizado e eficiente, fortalecendo a competitividade e a sustentabilidade da WTD no mercado industrial.

1.1 A EMPRESA

1.1.1 A HISTÓRIA

A WEG foi fundada em 16 de setembro de 1961, na cidade de Jaraguá do Sul, no estado de Santa Catarina, Brasil. Inicialmente denominada “Eletromotores Jaraguá”, a empresa começou suas atividades como uma pequena fábrica voltada exclusivamente à produção de motores elétricos (Figura 1). Sua criação surgiu por três profissionais com formações complementares: Werner Ricardo Voigt (eletricista), Eggon João da Silva (administrador) e Geraldo Werninghaus (mecânico) (WEG, 2024a). O nome atual da empresa, WEG, é um acrônimo formado pelas iniciais dos nomes dos fundadores, simbolizando a união de conhecimentos distintos para alcançar um objetivo comum. Além disso, WEG é uma palavra que, em alemão, significa "caminho", refletindo a filosofia da empresa de buscar constantemente a melhoria e a inovação.

Figura 1 – Eletromotores Jaraguá.



Fonte: (WEG, 2024a).

Em 1964, a WEG deu um passo significativo em sua trajetória ao adquirir um terreno para a construção do Parque Fabril I, marco que consolidou sua primeira estrutura industrial, sendo o primeiro grande marco para a cultura de crescimento da empresa. Com a produção estabelecida nesse local, a empresa ampliou sua capacidade produtiva, criando uma base sólida para futuras expansões. A internacionalização começou logo em 1970, quando a WEG realizou suas primeiras exportações para mercados emergentes da América Latina, incluindo Guatemala, Uruguai, Paraguai, Equador e Bolívia. Esse movimento estratégico destacou a visão da empresa de expandir sua presença além das fronteiras brasileiras desde os primeiros anos de sua operação.

Durante a década de 1980, a WEG passou a diversificar suas operações, criando novas divisões, como WEG Acionamentos, WEG Transformadores, WEG Energia,

WEG Química e WEG Automação. Esse movimento permitiu que a empresa deixasse de ser uma fabricante exclusiva de motores elétricos e se tornasse fornecedora de uma gama completa de sistemas elétricos industriais. Nesse período, também teve início a produção de componentes eletroeletrônicos, produtos para automação industrial, transformadores de força e distribuição, além de tintas e vernizes eletro isolantes. A diversificação foi crucial para consolidar a posição da WEG como uma das principais empresas globais no setor de tecnologia.

Nos anos 90, a WEG ampliou ainda mais sua presença internacional com a criação de filiais em países estratégicos como Estados Unidos, Alemanha, Inglaterra, França, Espanha e Suécia. Em 1999, a empresa atingiu um dos seus maiores marcos: conquistou 79% do mercado brasileiro de motores elétricos e passou a exportar 29% de sua produção para 55 países (BPMONEY, 2024).

Nos anos 2000, a WEG continuou sua trajetória de expansão, estabelecendo novas filiais em mercados emergentes como Singapura e Rússia, além de adquirir fábricas em países-chave como Argentina, México, Portugal e China. Essas aquisições não só ampliaram sua presença global, mas também fortaleceram sua competitividade ao abrir portas para novos mercados e diversificar seu portfólio de produtos, especialmente em segmentos estratégicos como automação e componentes eletroeletrônicos. Em 2007, a WEG deu um passo significativo ao adquirir a fabricante de turbinas hidráulicas *HISA* (Hidráulica Industrial S/A), o que ampliou sua atuação no setor de geração, transmissão e distribuição de energia, consolidando sua presença no mercado de energia renovável e tornando-se um participante relevante nesse setor.

Recentemente, a WEG tem se destacado por sua atuação no campo da inovação tecnológica, com um foco crescente na transformação digital e automação. Em 2020, a empresa realizou aquisições estratégicas de duas *startups*: a *BirminD*, especializada em inteligência artificial aplicada à análise de dados, e a *MVISIA*, que oferece soluções de visão computacional para a indústria. Essas aquisições reforçam o compromisso da WEG com a inovação contínua, permitindo-lhe integrar tecnologias avançadas que melhoram seus processos produtivos e ampliam sua oferta de soluções para seus clientes. Ao adotar tecnologias emergentes, a WEG fortalece sua posição como líder na adaptação às demandas de um mercado em constante evolução, especialmente no contexto da Indústria 4.0 (WEG, 2024a).

A trajetória da WEG é marcada por uma combinação de inovação, crescimento contínuo e diversificação. De uma pequena fábrica de motores elétricos, a empresa se transformou em uma multinacional com presença em mais de 135 países, mantendo-se na vanguarda tecnológica e como referência em soluções completas para os setores elétrico e mecânico. Um aspecto importante de sua estratégia de sucesso é a sua estrutura organizacional enxuta, que permite maior agilidade e eficiência na produção. A linha de produção da WEG é pautada pelo sistema JIT, que minimiza desperdícios,

otimiza os processos e assegura que a empresa atenda rapidamente à demanda global, sem comprometer a qualidade de seus produtos.

1.1.2 MISSÃO, VISÃO E VALORES

A WEG tem como propósito o desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras que contribuem para a construção de um mundo mais eficiente e sustentável. A empresa não apenas se dedica à criação de produtos de alta qualidade, mas também visa oferecer soluções integradas que atendam às crescentes necessidades globais de eletrificação e automação. Com um forte compromisso com a inovação contínua, a WEG fomenta uma cultura de trabalho em equipe, onde os colaboradores são incentivados a alcançar suas metas individuais e coletivas por meio da vivência dos valores institucionais, que refletem a essência do que é fazer parte do grupo WEG.

Missão

A missão institucional é garantir o crescimento contínuo e sustentável, mantendo a simplicidade em seus processos e operações. A empresa busca expandir-se de forma rápida, mas com uma estrutura de negócios que permite flexibilidade e agilidade nas ações. A missão da WEG é oferecer o melhor dos dois mundos: a capacidade de uma empresa global, mas com a proximidade e acessibilidade necessárias para atender às necessidades de seus clientes (WEG, 2024c).

Visão

A visão da WEG é consolidar-se como uma referência global em motores, geradores, transformadores e acionamentos elétricos, oferecendo uma solução integrada que abrange eletrificação, automação e digitalização. A empresa busca fortalecer continuamente sua reputação internacional ao proporcionar soluções completas e eficientes, construindo relacionamentos sólidos com seus clientes (WEG, 2024c). Dessa forma, a WEG posiciona-se como uma organização inovadora, tecnológica e séria, destacando-se cada vez mais no mercado global.

Valores

Os valores da WEG orientam a cultura corporativa e as práticas empresariais, sendo fundamentais para seu sucesso sustentável. São:

- **Pessoas e Meio Ambiente:** A WEG valoriza o desenvolvimento pessoal e profissional, promovendo diversidade e respeito aos direitos humanos. O compromisso com o meio ambiente é demonstrado por meio de investimentos em soluções sustentáveis que minimizem impactos ambientais e promovam melhorias sociais, especialmente nas comunidades onde atua, com foco em saúde e educação.
- **Gestão Participativa:** A empresa incentiva um ambiente de trabalho colaborativo, baseado no diálogo e na troca de ideias. Essa abordagem permite decisões mais eficazes e inclusivas. Esse valor teve grande influência no projeto, pois respeitou

e analisou as perspectivas de diferentes colaboradores para buscar as melhores soluções.

- **Governança:** A transparência, ética, integridade e segurança são pilares fundamentais. A instituição segue uma estrutura de governança robusta que assegura o cumprimento das legislações aplicáveis e o respeito aos direitos das partes interessadas. Isso fundamentou a criação de normativas essenciais para a estruturação do projeto.
- **Eficiência com Simplicidade:** A WEG preza pela simplicidade em suas relações internas e externas, buscando continuamente aumentar eficiência e competitividade. A melhoria de processos e produtos é pautada na excelência, permitindo à empresa fazer mais com menos.
- **Inovação e Flexibilidade:** A empresa investe constantemente em pesquisa e desenvolvimento, adaptando-se às mudanças da sociedade e às necessidades dos clientes com agilidade e flexibilidade.
- **Liderança e Cultura:** A instituição forma líderes capacitados para garantir a execução eficaz de estratégias e a preservação da cultura organizacional, assegurando o alinhamento com seus objetivos de longo prazo.

1.1.3 WEG TRANSMISSÃO & DISTRIBUIÇÃO

A divisão WTD oferece soluções integradas para as áreas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, destacando-se na produção de transformadores, subestações e seccionadores. Com uma ampla presença internacional, a WTD opera 13 parques fabris, sendo cinco localizados no Brasil, como a unidade estratégica em Blumenau, SC, como evidenciado na Figura 2.

No parque fabril de Blumenau, os processos produtivos são altamente verticalizados, abrangendo etapas que vão desde a trefilação de cobre e alumínio até a fabricação e montagem de componentes estruturais e tanques. Esse elevado nível de verticalização proporciona maior flexibilidade e controle de qualidade em cada fase da produção. A unidade é equipada com modernas tecnologias de fabricação, como corte de aço-silício de alta precisão e sistemas automatizados de bobinagem, garantindo eficiência e consistência nos processos. Além disso, realiza rigorosos testes de alta tensão para assegurar a durabilidade e confiabilidade dos produtos. Entre seus diferenciais tecnológicos, destacam-se os sistemas avançados de secagem *Vapour Phase*, que otimizam a montagem e garantem que os componentes atendam aos mais altos padrões de segurança e desempenho.

O projeto de aplicação de ferramentas de *Lean Manufacturing* para a otimização dos processos na preparação de componentes para fabricação de transformado-

Figura 2 – Fabricação WTD no mundo.



Fonte: (WEG, 2024b).

res está diretamente relacionado ao contexto de excelência operacional exigido pela empresa. A iniciativa tem como objetivo principal melhorar de forma significativa a qualidade dos processos que impactam diretamente na seção de preparação de componentes, que representa a primeira etapa no ambiente fabril. Por ser uma seção que atende toda a divisão WTD, sua otimização gera impactos positivos no desempenho das linhas de montagem em diversas unidades, não se limitando ao parque de Blumenau, mas abrangendo todas as plantas que dependem dos componentes fornecidos. A implementação do projeto busca reduzir desperdícios, aumentar a agilidade e fortalecer a seção como fornecedora essencial para a cadeia produtiva de transformadores da WTD.

Além dos produtos, a WTD oferece serviços de manutenção e repotencialização de transformadores, tanto em campo quanto nas instalações da fábrica, estendendo a vida útil dos equipamentos e garantindo seu desempenho contínuo. A expertise da WTD em soluções personalizadas fortalece o parque fabril de Blumenau como um importante centro de inovação, capaz de atender com agilidade às demandas do mercado nacional e internacional.

1.2 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

A indústria de fabricação de transformadores elétricos é extremamente competitiva, demandando processos produtivos que sejam ao mesmo tempo eficientes, flexíveis e capazes de se adaptar rapidamente às variações de demanda. No caso da WEG, uma das maiores fabricantes globais de equipamentos elétricos e soluções

tecnológicas, esses desafios são ainda mais evidentes na seção de Preparação. É nessa etapa que chapas e tubos de aço e alumínio são cortados, dobrados, usinados e preparados para a montagem dos transformadores. Esse setor desempenha um papel crucial na operação contínua e eficiente das linhas de montagem dos diferentes tipos de transformadores produzidos pela empresa, mas enfrenta atualmente problemas decorrentes de um crescimento acelerado da demanda, sem que houvesse um planejamento estruturado para acompanhar essa expansão.

A ausência de um controle eficaz de estoques, aliada à crescente variabilidade dos projetos - cada transformador sendo projetado com especificações distintas -, tem causado gargalos significativos na seção de preparação. Esses problemas comprometem tanto a eficiência quanto a pontualidade na entrega de materiais para abastecer as linhas de montagem. Além disso, desafios como retrabalho, desperdício de materiais e a falta de padronização dos processos têm impacto direto nos custos de produção e, conseqüentemente, na satisfação dos clientes. Esses fatores reforçam a necessidade de uma revisão ampla dos processos produtivos, visando maior agilidade, integração e redução de desperdícios, enquanto se busca uma melhora significativa na produtividade e competitividade.

Neste contexto, a implementação de metodologias como *Lean Manufacturing*, *World Class Manufacturing* (WCM) e Melhoria Contínua é fundamental para superar os desafios enfrentados. O *Lean Manufacturing*, por exemplo, concentra-se na eliminação de desperdícios e no aumento da eficiência operacional, buscando otimizar cada etapa do processo produtivo. Já o WCM proporciona uma estrutura abrangente para a gestão da qualidade e a melhoria contínua dos processos em nível global, garantindo não apenas a qualidade dos produtos, mas também a eficácia do sistema produtivo como um todo. Ferramentas como o MASP e o *Kanban* são essenciais para identificar e corrigir ineficiências, além de promover um fluxo contínuo de produção e minimizar estoques em processo (*Work In Progress* (WIP)). Essas metodologias, aplicadas de forma integrada, visam otimizar a produção e garantir que os processos sejam mais ágeis, controlados e com maior foco na redução de custos.

A motivação para este projeto está diretamente conectada aos benefícios tangíveis que ele pode proporcionar tanto aos colaboradores quanto ao ambiente de trabalho. A implementação de práticas como *Kaizen* e *Quick Kaizen*, que se concentram em melhorias rápidas e de baixo custo, contribui significativamente para a criação de um ambiente fabril mais seguro e ergonomicamente otimizado. Essas práticas não apenas minimizam o risco de acidentes, mas também melhoram as condições de trabalho para os operadores, promovendo um espaço mais eficiente e confortável. Ao envolver diferentes equipes no processo de mudança, a WEG reforça seu compromisso com a melhoria contínua, visando aumentar a produtividade enquanto garante a qualidade de vida no trabalho. Além disso, essas práticas estão alinhadas aos princípios do *Lean*

Manufacturing.

Este projeto possui motivações econômicas e sociais bem definidas. Do ponto de vista econômico, a redução de custos operacionais e a eliminação de desperdícios são fundamentais para aumentar a competitividade da WEG no mercado global. A otimização do *layout* e dos fluxos produtivos contribuem diretamente para a agilidade e qualidade na entrega dos produtos, tornando a empresa mais eficiente e capaz de suprir à demanda das linhas de montagem das próprias montadoras. Além disso, ao envolver os colaboradores no processo de melhoria contínua, a WEG valoriza suas equipes, promovendo um ambiente mais colaborativo, onde as pessoas se tornam mais proativas e motivadas. Esse engajamento também contribui para a melhoria do clima organizacional, tornando a empresa mais alinhada com seus valores fundamentais de desenvolvimento de pessoas e inovação. A participação ativa dos funcionários no processo de transformação também ajuda a incorporar os valores da empresa, como a simplicidade e a eficiência, no dia a dia da produção, criando um ciclo de melhoria que não só beneficia a produção, mas também fortalece a cultura organizacional.

Dado o impacto desses desafios, o projeto tem como objetivo não apenas aprimorar os processos da seção de preparação, mas também apoiar a estratégia da WEG de se manter na vanguarda do setor de energia e automação. Alinhado com as melhores práticas industriais, como o *Lean Manufacturing* e o WCM, o projeto busca, por meio de uma abordagem estruturada, fornecer as melhores condições para o abastecimento das linhas de montagem de modo seguro e qualificado. Ao adotar ferramentas como VSM, balanceamento de linha e sistemas puxados como *One-Piece Flow* e *Kanban*, o objetivo é transformar a seção de preparação em um modelo de excelência operacional, eliminando desperdícios e maximizando a produção de forma ágil e integrada.

1.3 OBJETIVOS E METAS

1.3.1 OBJETIVOS GERAIS

O projeto tem como objetivo otimizar os processos de preparação de componentes para transformadores elétricos na WTD, aplicando ferramentas de *Lean Manufacturing*. A meta é eliminar desperdícios, reduzir ineficiências, aumentar a produtividade e aprimorar a competitividade da empresa. Para isso, serão identificados e resolvidos problemas operacionais como retrabalho, tempos elevados de *setup*, movimentações excessivas e falhas no controle de estoque e materiais. A aplicação de métodos *Lean* visa promover melhorias contínuas, sustentáveis e integradas, contribuindo para uma produção mais eficiente e alinhada às melhores práticas do setor.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. **Modelagem e mapeamento de processos:** Realizar o BPM de todos os processos da seção, complementado com o uso de VSM, para mapear e identificar os principais gargalos e ineficiências, com o objetivo de entender profundamente o estado atual (*AS-IS*) da seção.
2. **Automação de processos críticos:** Desenvolver estudos de viabilidade e implementar soluções de automação em processos-chave, visando não apenas aumentar a precisão e reduzir retrabalhos, mas também melhorar a segurança operacional e garantir maior eficiência nos fluxos produtivos.
3. **Otimização do *layout*:** Propor melhorias no *layout* da seção, com ênfase na reorganização dos pontos de armazenamento, rotação dos *buffers*, realocação de recursos e verticalização de áreas específicas, visando otimizar o fluxo de trabalho, reduzir tempos ociosos e aumentar a agilidade nos processos.
4. **Gerenciamento de estoque:** Propor melhorias no gerenciamento de estoque, adotando técnicas como *Kanban* e sistemas de reposição puxada, com foco em reduzir excessos e faltas de materiais, garantindo maior eficiência e controle no processo de preparação.
5. **Redução de atrasos e retrabalhos:** Propor soluções para reduzir retrabalhos e atrasos, implementando estratégias como o planejamento mais eficaz, controle de fluxo contínuo e maior flexibilidade para atender demandas emergenciais, garantindo prazos mais curtos e alta qualidade.
6. **Capacitação e conscientização da equipe:** Realizar treinamentos práticos para capacitar os colaboradores no uso das ferramentas *Lean* e em boas práticas de otimização de processos, além de promover a conscientização contínua sobre a importância dessas metodologias para o sucesso do setor.
7. **Melhoria visual e técnicas de processo:** Implementar melhorias nas técnicas de processos e aprimorar a gestão visual de recursos, como a sinalização e organização visual de materiais e fluxos, visando facilitar o trabalho dos colaboradores e aumentar a produtividade, com foco na redução de erros e otimização do tempo de operação.

1.3.3 METAS

As metas foram definidos de forma quantitativa durante uma reunião colaborativa que contou com a participação do gestor do departamento, do chefe da seção, e do líder do programa 5S. Esses valores foram estabelecidos com base em indicadores de

desempenho previamente definidos no planejamento detalhado do projeto, estruturado de acordo com o Work Breakdown Structure (WBS) da WTD. A análise dos indicadores levou em consideração o desempenho histórico da seção, as necessidades específicas de melhoria e as possibilidades de implementação das ações propostas, assegurando que as metas fossem desafiadoras, porém viáveis dentro do escopo e prazo do projeto.

- Aumentar a nota 5S da seção alcançando 66% até o fim do projeto;
- Reduzir em 10% os atrasos de fabricação, por meio da reorganização do fluxo de trabalho e priorização das etapas críticas.
- Diminuir os custos de produção em 4% ao eliminar retrabalhos e otimizar o uso de recursos, promovendo melhorias rápidas (*Quick Kaizen*) que podem ser implementadas com agilidade.
- Reduzir a taxa de retrabalho em 10% ao padronizar processos e implementar melhorias baseadas nos planos de ações definidos ao decorrer do projeto.
- Melhoria na eficiência do *layout* da seção, com uma redução de 4% no tempo de movimentação de materiais e peças, por meio da reorganização espacial e das operações.
- Reduzir em 20% o tempo necessário para localizar componentes na seção, por meio da criação de zonas de armazenamento (*buffers*), verticalização da armazenagem de alguns componentes e segmentação por espessura de chapas e tubos.
- Garantir que 70% dos colaboradores envolvidos sejam treinados nas novas práticas e ferramentas implementadas, assegurando que as mudanças sejam compreendidas e aplicadas de forma eficiente.

1.4 METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido com base em um conjunto integrado de metodologias e filosofias, como *Lean Manufacturing*, WCM e técnicas de Melhoria Contínua, com o objetivo de otimizar os processos na seção de preparação de chapas para a produção de transformadores elétricos. Essas abordagens visam facilitar o desenvolvimento dos planos de ação, acelerando o processo de implementação, uma vez que são filosofias amplamente testadas e reconhecidas por sua eficácia na otimização de processos industriais. As principais metodologias adotadas foram:

- ***Lean Manufacturing:***

A filosofia *Lean Manufacturing* foi essencial para reduzir desperdícios e maximizar o valor agregado ao processo. Aplicando os princípios de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição, o VSM foi utilizado para identificar gargalos e áreas de desperdício, permitindo um mapeamento detalhado dos processos e a implementação de melhorias estratégicas.

- ***World Class Manufacturing (WCM):***

O WCM foi aplicado como uma estrutura robusta para alcançar excelência operacional, utilizando os dez pilares técnicos e gerenciais para otimizar segurança, qualidade, custo, logística e manutenção, alinhando o projeto aos mais altos padrões de desempenho industrial.

- **Melhoria Contínua:**

A filosofia de Melhoria Contínua foi aplicada em todas as fases do projeto, com ênfase em mudanças incrementais que proporcionam ganhos sustentáveis ao longo do tempo. A metodologia PDCA foi adotada para garantir a eficácia contínua das melhorias, monitorando e ajustando as ações conforme necessário.

- **Análise de Problemas de Processos (APP):**

A APP foi utilizada para abordar problemas operacionais de média complexidade. Com a aplicação dos sete passos da APP, foi possível identificar as causas-raiz de ineficiências, implementando ações corretivas que melhoraram a fluidez do trabalho e eliminaram falhas operacionais

- **Modelagem e Automação de Processos:**

A modelagem de processos foi realizada com foco na otimização do fluxo produtivo, utilizando o VSM para identificar etapas críticas e implementar soluções de automação. A automação contribuiu significativamente para a redução de tempos de ciclo e a melhoria da precisão, essencial para a eficiência operacional.

- ***Kaizen e Quick Kaizen:***

O *Kaizen* foi adotado como filosofia central de melhorias contínuas, enquanto o *Quick Kaizen* foi aplicado para implementar ações rápidas e de baixo custo, como a reorganização de estoques e ajustes no *layout*, resultando em melhorias imediatas e perceptíveis na operação.

- **5S:**

A metodologia 5S foi implementada para garantir a organização e a padronização do ambiente de trabalho. Os cinco sentidos ajudaram a criar um ambiente mais seguro, eficiente e organizado, contribuindo diretamente para a redução de desperdícios e aumentando a produtividade dos operadores.

- **Ferramentas de Qualidade e Análise de Problemas:**

Ferramentas de qualidade, como 5 Porquês e *5W1H*, foram empregadas para identificar e tratar as causas-raiz dos problemas. O uso do SMED ajudou a reduzir os tempos de *setup*, otimizando a troca de ferramentas e acelerando a produção.

- **Sistema Kanban:**

O *Kanban* foi implementado como uma ferramenta visual para o controle de produção e fluxo de materiais. Essa solução ajudou a regular a produção conforme a demanda real, evitando estoques excessivos e promovendo um fluxo de trabalho mais eficiente e controlado.

Essas metodologias integradas permitiram uma abordagem completa e robusta para a análise, modelagem e otimização dos processos da seção de preparação, com foco na redução de desperdícios, aumento da eficiência e sustentação da melhoria contínua ao longo do tempo.

1.5 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Esta monografia está organizada da seguinte forma: o Capítulo 1 apresenta a introdução, onde é discutida brevemente a história da WEG, incluindo sua missão, visão e valores. Além disso, é contextualizado o projeto, descrevendo sua inserção dentro da empresa. O capítulo também aborda a motivação para a realização do projeto, os objetivos e metas, a metodologia utilizada, e finaliza com uma explicação sobre a estrutura do documento.

No Capítulo 2, é apresentada a fundamentação teórica, onde são explorados os principais conceitos de *Lean Manufacturing*, com foco em sua origem e nos oito desperdícios identificados por essa filosofia. Também são descritas as ferramentas aplicadas ao projeto, incluindo BPM, VSM, *5W1H*, *brainstorming*, MASP, APP, PDCA, *Kaizen*, *Kanban*, SMED, 5S e 5G. O capítulo aborda ainda o papel dessas ferramentas na identificação e mitigação de desperdícios, destacando sua relevância para a otimização dos processos no contexto deste trabalho.

O Capítulo 3 descreve os principais problemas encontrados na seção de preparação de componentes para a fabricação de transformadores. A identificação dos problemas foi realizada por meio de um levantamento detalhado, que incluiu a observação direta dos processos, entrevistas com colaboradores e análise de dados históricos de produção. Além disso, o capítulo detalha como os problemas foram classificados e priorizados com base em critérios de impacto no desempenho e nos custos, levando em consideração os requisitos técnicos que precisavam ser atendidos. Cada problema identificado é analisado com base nas exigências específicas do processo produtivo, e

para cada um, são apresentadas soluções, juntamente com planos de ação estratégicos, alinhados com os objetivos do projeto de otimização.

O Capítulo 4 aborda o desenvolvimento dos planos de ação, detalhando como as soluções propostas para os problemas identificados no Capítulo 3. Este capítulo descreve a metodologia aplicada na construção de cada plano de ação, incluindo as ferramentas utilizadas para analisar as causas raiz e as opções de melhorias. Foram selecionadas algumas soluções do projeto para serem explicadas de modo mais detalhado, com justificativas técnicas que respaldam a escolha das alternativas, levando em consideração os objetivos do projeto e os requisitos específicos da operação. Além disso, são apresentadas as decisões tomadas ao longo do processo, explicando como cada uma contribui para a redução dos problemas identificados, de forma a garantir a eficácia das melhorias implementadas.

O Capítulo 5 foca na análise dos resultados obtidos após a implementação das melhorias. A análise é realizada com o auxílio de ferramentas e indicadores de desempenho bem definidos, como gráficos, estatísticas e métricas que possibilitam uma avaliação precisa dos impactos das ações adotadas. São discutidos os resultados em relação aos objetivos inicialmente estabelecidos, destacando se as soluções aplicadas nos planos de ação alcançaram os resultados esperados. O impacto das melhorias nos processos da seção de preparação é examinado em detalhes, levando em consideração fatores como a redução de desperdícios, aumento da produtividade, e melhorias nos tempos de ciclo. Esse capítulo fornece uma visão detalhada sobre a efetividade das soluções implementadas, permitindo uma compreensão clara dos ganhos obtidos no ambiente fabril.

O Capítulo 6 apresenta a conclusão do projeto, fornecendo uma visão geral do desempenho obtido e das melhorias alcançadas na seção de preparação de componentes. Este capítulo resume os principais resultados, refletindo sobre o impacto das soluções implementadas em relação aos objetivos do projeto. Além disso, são discutidas as lições aprendidas durante o desenvolvimento do projeto e sugeridos trabalhos futuros que poderiam expandir ou aprimorar ainda mais as melhorias já alcançadas. As sugestões incluem possíveis ajustes nas soluções aplicadas, novas áreas de otimização e a implementação de práticas adicionais para sustentar a melhoria contínua, garantindo a evolução dos processos ao longo do tempo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos necessários para compreender e aplicar os conceitos discutidos ao longo do trabalho. A Seção 2.1 aborda os princípios do *Lean Manufacturing*, explorando sua origem (Seção 2.1.1) e detalhando os oito desperdícios (Seção 2.1.2) que o método busca eliminar. Na sequência, a Seção 2.2 apresenta as principais ferramentas associadas à metodologia *Lean*. São discutidos conceitos como o BPM (Seção 2.2.1) e o VSM (Seção 2.2.2), além de abordagens práticas como o 5W1H, *Brainstorming* e 5G (Seções 2.2.3 a 2.2.5). Também são descritas ferramentas analíticas e de gestão, incluindo o MASP, o PDCA, o *Kaizen* e o *Kanban* (Seções 2.2.6 a 2.2.10). Por fim, são apresentadas técnicas específicas como o SMED e o 5S (Seções 2.2.11 e 2.2.12), evidenciando a relevância dessas metodologias para a otimização de processos e a redução de desperdícios, elementos centrais deste trabalho.

2.1 LEAN MANUFACTURING

O conceito de *Lean Manufacturing* foi originado das práticas desenvolvidas pela Toyota no Japão e, desde então, tornou-se uma das estratégias de gestão de operações mais amplamente utilizadas. Embora frequentemente associado à redução de desperdícios, o *Lean* transcende essa ideia, focando na maximização do valor entregue ao cliente por meio da eliminação sistemática de ineficiências nos processos. O *Lean* define o valor de um produto ou serviço com base na percepção do cliente, priorizando a produção puxada e a melhoria contínua para alcançar a perfeição. Um dos pilares do *Lean* é a distinção clara entre Atividade que agrega valor (AV) e Atividade que não agrega valor (NAV). As atividades NAV incluem os oito desperdícios: superprodução, transporte, espera, movimentação de pessoas, processamento desnecessário, retrabalho, estoque desnecessário e intelectual. Esses desperdícios não apenas aumentam os custos operacionais, mas também prejudicam a eficiência geral, tornando a eliminação deles uma prioridade essencial (SUNDAR; BALAJI; KUMAR, 2014).

2.1.1 ORIGEM

No século XVIII, Eli Whitney, desenvolveu o conceito de peças intercambiáveis, sendo uma grande contribuição para a produção industrial, sendo a introdução da ideia de padronização de produtos, que propiciou a fabricação em maior escala e a reparação mais eficiente (MATEUS JUNIOR *et al.*, 2013). Esta inovação lançou as bases para a produção em massa, influenciando profundamente no desenvolvimento posteriormente do *Lean*.

Outro nome que colaborou no desenvolvimento da gestão da produção foi Fre-

derick Winslow Taylor, considerado um dos responsáveis na estruturação da Administração Científica. No final do século XIX, Taylor introduziu o estudo de tempos e movimentos, adotando para isso, uma metodologia que visava otimizar o trabalho, assim aumentando a eficiência no chão de fábrica. Conhecida como Taylorismo, essa abordagem propunha que as tarefas de produção fossem segmentadas em etapas detalhadamente cronometradas e organizadas, objetivando a máxima produtividade, reduzindo desperdício de tempo e esforço (TAYLOR, 1914).

Em sequência, Frank e Lilian Gilbreth ampliaram esses conceitos de estudo de movimento, concentrando seus esforços na identificação e eliminação de movimentos desnecessários no processo de trabalho, trazendo uma perspectiva humana ao considerar a importância da motivação dos trabalhadores no desempenho e eficiência dos processos produtivos. Auxiliando no desenvolvimento do mapeamento de processos e a sistematização de fluxos de trabalho, que mais tarde se tornariam ferramentas essenciais no *Lean Manufacturing*.

No início do século XX, mais um avanço significativo na produção industrial, veio com Henry Ford, que revolucionou a indústria automotiva com seu sistema de produção em massa. A linha de montagem de Ford, introduzida em 1913, foi um marco para o aprimoramento de sistemas de produção contínua e de alta eficiência. A aplicação dos princípios de padronização e fluxo contínuo, fizeram com Ford, conseguisse produzir o *model T* em grande escala, com uma produção em série com tempo enxuto (93 minutos) (WOMACK, James P, 2004). Isso permitiu a produção de automóveis acessíveis para as massas, marcando um salto na industrialização global. Embora o sistema de Ford tenha sido extremamente eficiente em termos de produtividade, sua rigidez e falta de flexibilidade tornaram-se um problema em mercados com maior variação de demanda, o que seria posteriormente aprimorado pelos japoneses.

A *Toyota Motor Corporation*, a partir do final da década de 1940, contribuiu de forma decisiva para o desenvolvimento do *Lean Manufacturing*. Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão enfrentou severas restrições econômicas, que levou empresas buscarem alternativas de produzir com o mínimo de desperdício e máxima eficiência. Neste contexto, Taiichi Ohno Shigeo Shingo e Eiji Toyoda desempenharam papéis cruciais na criação do Sistema *Toyota* de Produção (TPS), que se tornaria o modelo de referência para o *Lean*.

O TPS foi inicialmente concebido buscando solucionar dois desafios: a escassez de recursos e a necessidade de competir com os gigantes automotivos americanos, como Ford e General Motors. A filosofia do TPS baseia-se em dois pilares centrais:

- **JIT:** Sistema de produção em que os produtos são fabricado apenas conforme a demanda, minimizando estoques e eliminando desperdícios de superprodução.
- **Jidoka:** Um conceito que permite que as máquinas ou trabalhadores interrompam

o processo de produção ao detectar qualquer anomalia, garantindo que defeitos não se propaguem na linha de montagem.

Esses princípios foram aplicados de forma rigorosa pela *Toyota* e, ao longo das décadas de 50 e 60, resultaram em um aumento drástico de produtividade e qualidade. Um marco fundamental foi a introdução do sistema *Kanban*, uma ferramenta visual usada para controlar o fluxo de materiais e garantir que cada etapa do processo fosse concluída no tempo adequado, sem necessidade de estoque intermediário excessivo (IUGA; KIFOR, 2013).

2.1.2 OS OITO DESPERDÍCIOS

Os desperdícios identificados no contexto do TPS (OHNO, 2019), representam atividades que consomem recursos sem agregar valor ao cliente final. Esses desperdícios, conhecidos como *Muda*, são centrais para práticas *Lean*, que visam eliminá-los para otimizar processos. Aqui estão os principais desperdícios:

- **Sobreprodução:** Produzir mais do que o necessário ou antes do tempo, levando a estoques excessivos e custos adicionais, como armazenamento e manuseio. Esse desperdício contraria o princípio JIT e pode mascarar outros problemas no fluxo de trabalho.
- **Espera:** Perda de tempo quando materiais, equipamentos ou pessoas aguardam recursos. Pode ser causada por atrasos no fornecimento, planejamento ineficiente ou processos descoordenados.
- **Transporte:** Movimentação desnecessária de materiais ou produtos que não agrega valor. É frequentemente resultante de *layouts* mal planejados e fluxos ineficientes.
- **Sobreprocessamento:** Esforços que excedem as necessidades do cliente, como retrabalhos ou etapas redundantes. Geralmente ocorre por comunicação inadequada ou uso ineficaz de recursos.
- **Inventário:** Estoques excessivos de matéria-prima, produtos em processamento ou acabados. Além de aumentar custos, estoques podem ocultar ineficiências nos processos.
- **Movimentação:** Atividades desnecessárias realizadas pelos colaboradores, como buscar ferramentas ou documentos. Isso aumenta riscos de saúde, desgastes físicos e desperdício de tempo.
- **Defeitos:** Produtos ou processos que não atendem às especificações. Incluem retrabalho, desperdício de materiais e custos adicionais de inspeção.

- **Desperdício Intelectual:** Subutilização do potencial humano, como a falta de engajamento dos colaboradores em soluções criativas e melhoria contínua.

Esses desperdícios fornecem a base para práticas Lean, como o WEG Manufacturing System (WMS), que busca melhorar continuamente processos ao identificar e eliminar essas fontes de ineficiência. A implementação do *Lean* não apenas otimiza operações, mas também promove maior valor agregado ao cliente, alinhando os processos à demanda real.

2.2 FERRAMENTAS LEAN

2.2.1 BUSINESS PROCESS MANAGEMENT (BPM)

O BPM é uma abordagem sistemática e disciplinada voltada para a identificação, modelagem, execução, documentação e monitoramento de processos de negócios, sejam eles automatizados ou manuais. Seu objetivo é garantir resultados consistentes e alinhados com as metas estratégicas da organização, permitindo maior eficiência e adaptabilidade. No contexto *Lean*, o BPM desempenha um papel crucial ao auxiliar na identificação de gargalos e na otimização de fluxos de trabalho, promovendo a padronização e a eliminação de desperdícios. Por meio de ferramentas como modelagem de processos utilizando a linguagem Business Process Model and Notation (BPMN), é possível criar uma visão detalhada das operações, facilitando a implementação de melhorias e possibilitando a inovação nos processos.

Uma implementação bem-sucedida de BPM exige uma abordagem estruturada, incluindo a análise detalhada e o redesenho de processos para atingir melhorias significativas no desempenho organizacional (RECKER *et al.*, 2019). O BPM combina práticas de gestão com tecnologias avançadas para suportar automação e controle, sendo ferramentas como modelagem, simulação e monitoramento indispensáveis para sua eficácia (AALST, 2013).

No contexto deste projeto, o BPM foi essencial para o redesenho e otimização do processo de preparação de componentes para a fabricação de transformadores, permitindo uma visão clara e detalhada das etapas do fluxo produtivo. Por meio da modelagem com BPMN, foi possível mapear os processos envolvidos, identificar gargalos e atividades redundantes, e propor melhorias orientadas à eficiência. A aplicação prática incluiu a revisão de etapas críticas do fluxo de trabalho, como a movimentação de materiais e o controle de estoques, visando minimizar deslocamentos desnecessários e melhorar a visibilidade do processo. Além disso, a modelagem facilitou a identificação de pontos críticos para automação e integração com outras ferramentas *Lean*, criando uma base estruturada para as soluções implementadas.

A escolha da ferramenta *Bonitasoft* destacou-se devido à sua capacidade de integrar múltiplos sistemas e criar fluxos automatizados que suportam tomadas de

decisão mais rápidas e precisas. No âmbito deste projeto, o *Bonitasoft* foi usada para o rastreamento de materiais, proporcionando maior rastreabilidade e padronização nos registros. Com isso, o uso do BPM transcendeu a simples modelagem, atuando como uma peça central para a operacionalização das melhorias propostas (BONITASOFT, 2024).

2.2.2 VALUE STREAM MAPPING (VSM)

O VSM é uma ferramenta estratégica no gerenciamento de processos, amplamente utilizada para mapear e visualizar tanto o fluxo de materiais quanto o fluxo de informações dentro de um sistema produtivo. Sua principal função é identificar todas as ações, classificadas como AV ou NAV, necessárias para transformar a matéria-prima em produto acabado. Essa abordagem permite mapear os fluxos principais que conectam fornecedores e clientes finais, destacando etapas críticas para melhorias contínuas e eliminação de desperdícios. O fluxo de valor abrange não apenas as atividades físicas, mas também os processos informacionais que sincronizam as operações produtivas com as demandas do cliente (ROTHER; SHOOK, 2003).

Uma característica central do VSM é sua capacidade de documentar de maneira detalhada as inter-relações entre os processos de manufatura e os mecanismos de controle que gerenciam esses processos. Isso inclui o planejamento e a gestão das informações relacionadas à produção. Ao contrário de outras técnicas de mapeamento de processos, que geralmente focam apenas no fluxo físico de produtos, o VSM oferece uma abordagem mais abrangente, registrando também o fluxo de informações que conecta as diversas etapas do sistema produtivo. Essa abordagem permite identificar pontos-chave onde os materiais estão armazenados, sejam como matéria-prima ou WIP, e os gatilhos que acionam a movimentação desses materiais entre os processos.

2.2.3 5W1H

A ferramenta 5W1H é amplamente utilizada para auxiliar na compreensão e descrição detalhada de problemas, proporcionando uma análise estruturada e aprofundada. Seu objetivo é garantir uma visão abrangente dos diferentes aspectos necessários para entender plenamente a questão em análise. O nome da técnica deriva das iniciais das perguntas em inglês que orientam o processo investigativo: *What* (O que?), *When* (Quando?), *Who* (Quem?), *Where* (Onde?), *Why* (Por quê?) e *How* (Como?). Ao responder essas questões, a 5W1H ajuda a identificar a causa raiz de problemas e a definir ações específicas, contribuindo para um diagnóstico mais preciso e para o planejamento de soluções eficazes, esse ciclo de perguntas pode ser visto na Figura 3.

As seis perguntas utilizadas no método 5W1H permitem uma compreensão mais detalhada e aprofundada de uma situação ou problema. Essas questões podem ser adaptadas conforme o nível de detalhamento necessário, proporcionando uma análise

Figura 3 – Conceito de 5W1H.



Fonte: Conceito de 5W1H.

mais específica e direcionada. Ao aplicar o 5W1H, é possível descrever o problema de maneira estruturada, detalhando suas causas e implicações a ponto de viabilizar sua eliminação ou o desenvolvimento de abordagens mais eficazes para tratá-lo.

2.2.4 BRAINSTORMING

O *brainstorming* é um método que visa a geração de um grande volume de ideias ou possíveis causas para um problema, com foco na criatividade e eficácia. Esse processo é conduzido em um ambiente que incentiva a liberdade de expressão, sem críticas ou julgamentos, permitindo que todos os participantes contribuam livremente. A ausência de barreiras críticas estimula a inovação e a exploração de soluções diversas, tornando essa técnica uma ferramenta valiosa para análise de problemas e desenvolvimento de estratégias.

Neste método, o foco inicial não está na viabilidade ou praticidade das ideias apresentadas, mas sim na quantidade e diversidade de ideias geradas. A premissa básica é que, ao gerar um grande número de sugestões sem julgamentos, aumentam-se as chances de encontrar soluções criativas e inovadoras. A seleção e avaliação das ideias ocorrem apenas após essa fase inicial, garantindo que o processo de geração de ideias seja livre e sem restrições.

A metodologia do *brainstorming* é centrada em uma pergunta-chave, com o objetivo de incentivar cada membro do grupo a contribuir com ideias. Durante essa fase, nenhuma ideia é criticada ou elogiada; Todas as sugestões são registradas exatamente como foram apresentadas, sem interpretações ou abreviações. O processo de geração de ideias pode ocorrer por meio de rodadas, permitindo que todos os participantes tenham a chance de contribuir até que cada pessoa tenha esgotado suas ideias.

Esse formato busca garantir um fluxo livre de criatividade, onde o principal objetivo é maximizar a quantidade de sugestões antes de passar para a avaliação ou seleção das melhores opções.

2.2.5 5G

A metodologia 5G é uma abordagem estruturada utilizada para observar e diagnosticar problemas, como defeitos, avarias ou anomalias de funcionamento em um processo. Ela tem como objetivo restaurar as condições ideais de operação, quando necessário, e garantir a continuidade e eficácia do processo. A principal vantagem dessa metodologia é sua capacidade de detalhar a situação de forma minuciosa, mantendo uma conexão prática com a teoria, o que facilita a identificação das causas e soluções. Ao seguir um fluxo lógico, o 5G auxilia na abordagem de problemas de maneira sistemática, o que assegura que todas as etapas sejam analisadas de forma completa e precisa. Essa estrutura permite não apenas a identificação de falhas, mas também a implementação de ações corretivas eficazes, promovendo a melhoria contínua do processo.

Cada G tem um papel específico no diagnóstico e solução de falhas, seguindo uma abordagem sistemática e no local. Eles incluem:

- **Gemba:** A primeira etapa envolve ir diretamente ao local onde o problema ocorre, observando pessoalmente os equipamentos, ferramentas e processos envolvidos. Isso ajuda a garantir que a análise seja feita com base na realidade do chão de fábrica, sem suposições.
- **Gembutsu:** Refere-se à inspeção detalhada dos materiais envolvidos no problema. A examinação física de itens que apresentam falhas é fundamental para entender o impacto de cada defeito e suas causas.
- **Genjitsu:** Nessa etapa, é verificado se as condições e parâmetros definidos para a execução do processo estão sendo seguidos corretamente. Isso inclui a checagem de máquinas, treinamento de operadores e uso adequado de ferramentas e dispositivos.
- **Genri:** Foca em verificar se os requisitos e especificações estão sendo atendidos. O não cumprimento de normas e padrões pode ter impactos significativos na qualidade e eficiência do processo.
- **Gensoku:** A última fase assegura que as instruções de trabalho e os padrões operacionais estão sendo seguidos rigorosamente, garantindo que as operações sejam realizadas de acordo com as melhores práticas e procedimentos estabelecidos.

2.2.6 MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

O MASP é uma metodologia estruturada que visa a resolução de problemas por meio de um processo lógico e sistemático. Sua aplicação permite a análise profunda e a identificação das causas de um problema, possibilitando a proposição das soluções mais adequadas. O MASP segue um conjunto de etapas, que incluem:

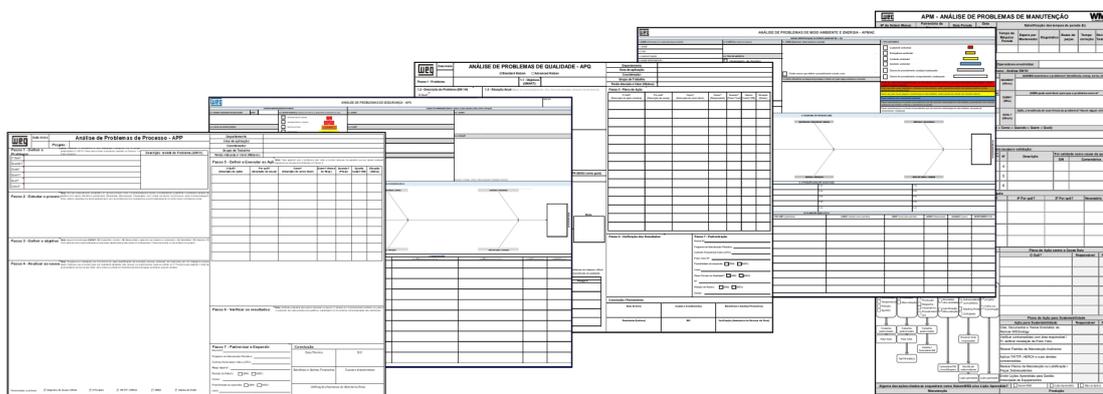
- **Análise e priorização dos problemas:** Determina-se quais problemas são mais críticos e devem ser tratados primeiro, garantindo que os recursos sejam alocados de forma eficiente.
- **Identificação de situações que exigem atenção:** Algumas situações podem não ser evidentes à primeira vista, e o MASP ajuda a trazê-las à tona, permitindo uma visão mais clara do contexto.
- **Divisão do problema em etapas menores:** Essa abordagem facilita a análise e resolução de problemas complexos ao quebrá-los em partes gerenciáveis.
- **Controle rápido das situações:** Estabelece-se um controle contínuo, garantindo que as ações corretivas sejam monitoradas de perto e rapidamente ajustadas, se necessário.
- **Planejamento das ações:** Com base nas análises, um plano de ação detalhado é elaborado, com ações específicas, responsáveis e prazos, para implementar as soluções identificadas.

O MASP busca aumentar a probabilidade de resolver um problema de maneira satisfatória, aplicando uma sequência lógica e estruturada para identificar, analisar e implementar soluções. O processo segue uma sequência clara: inicia com a identificação e entendimento do problema, depois passa para a análise das causas e fatores envolvidos, e, por fim, conclui com a tomada de decisão, com base nas informações obtidas.

Essa estrutura é similar ao método PDCA, amplamente utilizado para promover a melhoria contínua. Ambos seguem uma abordagem cíclica, o que significa que, ao aplicar essas etapas repetidamente, é possível alcançar melhorias progressivas dentro da organização. A inter-relação entre MASP e PDCA é evidente, pois ambos utilizam uma metodologia sistemática para resolver problemas e promover soluções duradouras.

O MASP pode ser dividido em diferentes passos. Para cada uma destas etapas da metodologia são utilizadas diferentes ferramentas, de acordo com o problema a ser tratado. Com intuito de criar padrões de métodos de análise e solução de problemas para diferentes frentes como Segurança, Qualidade ou Manutenção, foram criados formulários (A3) (Figura 4) conforme apresentados no Quadro 1.

Figura 4 – Formulários impressos em folha A3 para identificação de causas.



Fonte: (WEG, 2024b).

Quadro 1 – Padrões de métodos de análise e solução de problemas para diferentes frentes de ação

Ferramenta	Sigla	Aplicação	Pilar Responsável
Análise de Problema de Segurança	APS	Investigação e análise de eventos indesejados: quase acidentes, atendimentos Ambulatoriais, Ocorrências Típicas ou Acidentes Típicos.	SAF
Análise de Problema de Qualidade	APQ	Investigação e análise de problemas de qualidade, recentes ou não, como refugo, reprocesso, garantias	QC
Análise de Problema de Manutenção	APM	Investigação e análise de ocorrências de quebra de máquina (manutenção corretiva) que ocorreram recentemente, possibilitando a identificação da causa raiz por meio da análise de dos componentes críticos e entrevista com os envolvidos.	PM
Análise de Problema de Manutenção	APMAE	Investigação e análise de eventos indesejados, situações de anormalidade, irregularidade ou não-conformidade quanto a procedimentos e requisitos e requisitos legais que caracterizem incidentes ou Acidentes ambientais	ENV
Análise de Problema de Processo	APP	Investigação onde não se aplicam as demais análises específicas, podendo direcionar para a utilização de outras ferramentas para solução do problema ou otimização do processo, como SMED, balanceamento, simulações.	FI

Fonte: Autoria Própria

2.2.7 ANÁLISE DE PROBLEMAS DE PROCESSO

A APP é uma metodologia voltada para a resolução de problemas de média complexidade, permitindo seguir uma sequência estruturada, mesmo para questões que não se encaixam nas metodologias mais específicas do formulário A3, como APS, APM, APQ, e APMAE. Sua principal vantagem está na flexibilidade de adaptação a diferentes cenários, facilitando a resolução de problemas mais amplos ou que envolvem múltiplos fatores.

Para uma análise eficaz, a equipe do projeto deve ser composta por membros de áreas diversas, como técnica, produção, manutenção, e qualidade, garantindo uma visão abrangente e multidisciplinar do problema. A integração dessas áreas permite identificar as causas do problema e desenvolver soluções que atendem de forma mais precisa às necessidades de toda a organização.

Dentro da metodologia APP, várias ferramentas são utilizadas para apoiar a

investigação da causa raiz e a validação dos resultados, como 5G, SMED (para redução de *setup*), e Análise de NAV / Balanceamento. Essas ferramentas proporcionam uma base sólida para aprofundar a análise, desde a identificação de anomalias até a implementação de soluções eficazes.

Uma característica marcante da APP é a possibilidade de visualização clara do raciocínio seguido ao longo do projeto, permitindo que todos os envolvidos compreendam os passos tomados e as decisões feitas. Além disso, a metodologia se destaca por ser mais eficiente na análise de problemas complexos quando comparada a múltiplos *Quick Kaizens*, que embora rápidos, podem não ser tão eficazes em problemas que demandam uma abordagem mais estruturada e profunda.

2.2.8 KAIZEN

O *Kaizen* é uma abordagem fundamental dentro da filosofia de gestão participativa, focada em envolver todos os colaboradores na solução de problemas e na melhoria contínua dos processos. Seu objetivo é gerar resultados positivos de forma incremental, promovendo o aprimoramento constante em todas as áreas da organização. A primeira etapa do processo *Kaizen* envolve a identificação dos problemas que impactam nos principais indicadores da empresa, como qualidade, custo, produtividade, segurança e moral dos colaboradores. Essa análise pode ser realizada por meio da observação de falhas recorrentes no processo produtivo, NAV, valor ou sugestões de melhorias trazidas pelos próprios funcionários.

Dentro do *Kaizen*, existem três tipos principais de implementação (Figura 5): *Quick Kaizen*, *Standard Kaizen* e *Advanced Kaizen*. A diferença entre eles está na complexidade e nas ferramentas utilizadas. O *Quick Kaizen* é geralmente voltado para soluções rápidas e de baixo custo, abordando problemas simples e pontuais. Já o *Standard Kaizen* envolve melhorias mais estruturadas e aplicadas a processos contínuos, enquanto o *Advanced Kaizen* é utilizado em projetos de maior complexidade, que requerem uma análise detalhada e a aplicação de ferramentas avançadas de melhoria.

A participação no *Kaizen* é democrática e pode ocorrer de diversas formas. Colaboradores podem contribuir individualmente, participando de *brainstormings* para identificar problemas ou sugerir melhorias em seu ambiente de trabalho, ou integrando grupos *Kaizen* específicos. Nestes grupos, as causas dos problemas são analisadas de forma coletiva, e soluções são propostas para otimizar os processos, aumentando a eficiência e qualidade das operações.

Quick Kaizen

O *Quick Kaizen* é uma abordagem prática e ágil voltada para a resolução de problemas simples ou de baixa complexidade. Esses problemas geralmente têm causas facilmente identificáveis ou já conhecidas, sendo a solução uma melhoria incremental

Figura 5 – Tipos de *Kaizen* aplicados na WEG.

Fonte: (WEG, 2024b).

no processo. Apesar de sua simplicidade, a implementação de um *Quick Kaizen* pode exigir a formação de uma equipe para propor alternativas, testar, simular e implantar a solução de forma eficaz.

O principal objetivo do *Quick Kaizen* é eliminar perdas no processo, independentemente de sua natureza, promovendo melhorias nos pilares fundamentais da produção: segurança, qualidade, custo, atendimento e moral dos colaboradores. Alterações realizadas no contexto de *Quick Kaizen* podem abranger desde ajustes em procedimentos operacionais até modificações em *layouts* ou pequenas automações que otimizem fluxos de trabalho.

A filosofia por trás do *Quick Kaizen* é a de que pequenas mudanças cumulativas, ao longo do tempo, geram impactos significativos no desempenho organizacional, permitindo que as equipes se engajem ativamente em iniciativas de melhoria contínua com resultados tangíveis e de fácil implementação.

São exemplos de *Quick Kaizen*:

- Alterações da forma de fazer atividade;
- Eliminação de atividade desnecessária;
- Aproximação de material para eliminar necessidade de deslocamento;
- Melhorias de 5S;
- Facilitando a manutenção da organização;
- Melhorias de segurança e ergonomia;
- Melhorias na qualidade.

Ao final de um *Quick Kaizen*, na WEG, ocorre o registro do relatório de melhoria, seguindo uma normalização interna na *WFR-27520* - Apêndice D, que contém informações sobre a situação antes da melhoria, a descrição da melhoria desenvolvida, a verificação de qual WMS foi impactado e quais os resultados obtidos com a melhoria.

Standard Kaizen

O *Standard Kaizen* é aplicado para resolver problemas de média complexidade, em que é necessário realizar uma investigação detalhada para identificar as causas raiz e validar as soluções propostas. O uso de ferramentas analíticas e metodologias estruturadas é essencial para garantir a eficácia e a sustentabilidade dos resultados alcançados.

Nesse contexto, o PDCA desempenha um papel central como estrutura lógica, oferecendo uma abordagem sistemática que guia o planejamento, execução, monitoramento e ajustes necessários para a implementação das melhorias. A aplicação do PDCA confere maior consistência aos resultados, permitindo que eles sejam replicados e mantidos no longo prazo.

Para problemas de média complexidade, ferramentas como APP, APQ (Análise de Problemas de Qualidade), APM (Análise de Problemas de Manutenção), APMAE (Análise de Problemas de Meio Ambiente e Energia), APS (Análise de Problemas de Segurança), SMED, SIPOC, TWPP/HERCA e NAV são amplamente utilizadas. Além disso, metodologias como o 5G, 5W1H e o Diagrama de *Ishikawa* são frequentemente aplicadas para identificar e priorizar as causas do problema.

Por vezes, utilizar o *Standard Kaizen* em vez de múltiplos *Quick Kaizens* pode ser mais eficaz para atacar problemas mais complexos ou interdependentes. Isso ocorre porque ele aborda o problema de forma integrada e detalhada, evitando soluções superficiais que podem deixar lacunas ou gerar novos desafios relacionados. A formação de equipes multidisciplinares, envolvendo especialistas da área técnica e outros setores impactados, é fundamental para assegurar que todas as perspectivas sejam consideradas durante o processo de análise e solução.

Advanced Kaizen

O *Advanced Kaizen* é projetado para resolver problemas de alta complexidade, geralmente associados a perdas crônicas ou situações que exigem abordagens sofisticadas e detalhadas para serem solucionadas. Esses problemas demandam metodologias robustas de melhoria, equipes multidisciplinares amplas e um período de implementação mais longo. Além disso, exige colaboradores treinados e capacitados para utilizar ferramentas avançadas de análise e resolução, dada a complexidade envolvida.

Nesse contexto, ferramentas do programa *Six Sigma* são amplamente aplicadas, seguindo a abordagem estruturada do DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). Essa metodologia permite um detalhamento rigoroso da análise, identificação

de causas raiz e desenvolvimento de soluções sustentáveis e mensuráveis. A utilização de ferramentas estatísticas e modelagem de processos é comum em trabalhos de *Advanced Kaizen*, garantindo precisão e controle durante toda a implementação.

No entanto, é importante destacar que o *Advanced Kaizen* não deve ser a primeira opção para abordar um problema. Isso porque a maioria dos desafios pode ser resolvida utilizando métodos mais simples, como os *Quick Kaizens* ou *Standard Kaizens*, que apresentam uma relação benefício/custo (B/C) mais favorável. Reservar a aplicação do *Advanced Kaizen* para os problemas mais críticos ou aqueles que não puderam ser solucionados com abordagens menos complexas otimiza os recursos organizacionais e garante uma estratégia de melhoria contínua eficiente.

2.2.9 KANBAN

O *Kanban*, que significa **sinal** em japonês, é amplamente conhecido como um sistema de gestão visual usado para controlar e organizar a produção, o fluxo de materiais e informações. Sua funcionalidade principal está associada à reposição de materiais de maneira eficiente e oportuna, promovendo a sincronização entre diferentes etapas do processo produtivo. Ele é utilizado para emitir informações sobre a necessidade de reabastecimento ou movimentação de itens dentro de um sistema produtivo.

O Kanban pode ser implementado por meio de diferentes métodos de sinalização, como:

- **Cartão Kanban:** Utilização de cartões físicos que acompanham os itens ou lotes.
- **Mensagens eletrônicas:** Sinalizações digitais integradas a sistemas de gestão.
- **Sistema caixa cheia/caixa vazia:** Indicadores físicos associados ao nível de estoque.
- **Sinal visual (*Andon*):** Luzes ou outros indicadores visuais para comunicação de necessidades.

2.2.10 SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)

O tempo de *setup* é definido como o intervalo entre a última peça boa do lote anterior e a primeira peça boa do próximo lote. As atividades realizadas durante o *setup* podem ser classificadas como internas, que exigem a máquina parada, como montagem ou remoção de matrizes e ajustes, e externas, que podem ser executadas enquanto a máquina está em operação, como transporte de ferramentas e preparação de materiais.

O SMED tem como principais objetivos reduzir o tempo de preparação de ferramentas e materiais, diminuir o tempo de remoção e montagem de dispositivos, melhorar

a organização e disposição de materiais, eliminar NAV e padronizar os métodos de trabalho. A aplicação dessa metodologia resulta em ganhos como aumento na disponibilidade dos equipamentos (ID) e na eficiência global (O.E.E.), maior flexibilidade para atender mudanças na produção, redução do tamanho dos lotes com entregas mais rápidas e incremento da produtividade.

A implementação do SMED segue etapas específicas, iniciando pela filmagem do *setup* atual para registrar as operações realizadas. Em seguida, uma análise detalhada identifica e categoriza as atividades, diferenciando entre internas e externas, e classificando-as como atividades que agregam ou não agregam valor. A metodologia propõe separar atividades internas de externas, converter o máximo possível de internas em externas, simplificar os processos e, por fim, padronizar as operações. Esse fluxo lógico visa criar processos mais enxutos e eficientes, reduzindo interrupções e garantindo maior previsibilidade no tempo de *setup*.

2.2.11 5S

O 5S é uma metodologia desenvolvida para promover um ambiente de trabalho mais organizado, limpo e seguro, reduzindo custos ao minimizar desperdícios e otimizando a produtividade. Mais do que uma ferramenta prática, o 5S busca fomentar uma cultura organizacional focada na identificação de problemas e implementação de melhorias contínuas. A aplicação dessa metodologia é estruturada de acordo com normas internas, como as descritas na *WPM-2129* - Seção A.1.

O 5S também desempenha um papel crucial como uma das principais ferramentas de estabilidade básica dentro da cultura organizacional da empresa, fornecendo uma base sólida para a manutenção de padrões organizacionais e para o suporte a iniciativas de melhoria contínua.

- **Tempo de procura zero** (Senso Ordenação): materiais de trabalho, ferramentas, documentação física e eletrônica (informações), devem estar sempre disponíveis no local definido e de acesso rápido;
- **Estoques mínimos** (Senso Utilização): Definir estoques mínimos e quantidades de recursos "consumíveis" ajuda a manter o controle e o uso racional dos recursos, reduzindo os desperdícios e os custos;
- **Economia de recursos e de energia** (Senso Ordenação): Busca o "bom senso" no uso adequado dos recursos, reduzem-se os prejuízos e aumentam-se o lucro, beneficiando a todos;
- **Ambiente de trabalho mais agradável** (Senso Limpeza/Conservação): Viver em um ambiente limpo, em ordem, organizado e seguro é mais prazeroso e melhora o clima organizacional;

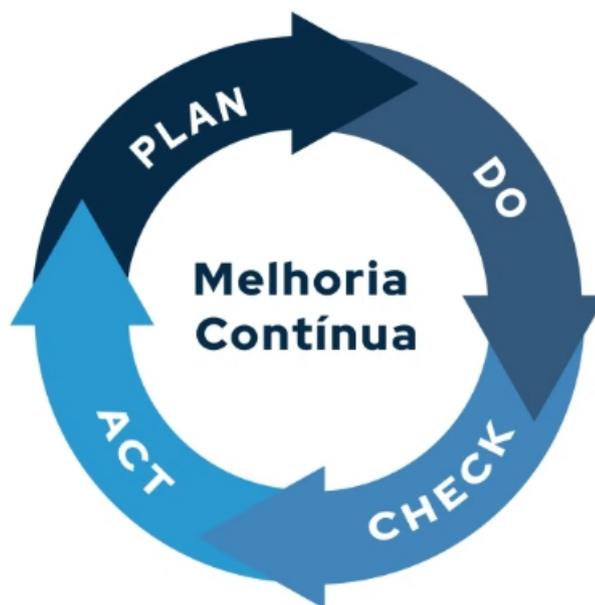
- **Zero acidentes** (Sensos Organização e Limpeza): Manter um ambiente de trabalho organizado, limpo e com equipamentos conservados, reduzem o número de acidentes de trabalho.

Para implantar o 5S é necessário definir o grupo de trabalho da seção ou área, que serão responsáveis pelo treinamento, implantação e avaliação da metodologia.

2.3 PLAN, DO, CHECK, ACT (PDCA)

O método PDCA é uma ferramenta de gestão amplamente utilizada para monitorar e melhorar processos organizacionais, garantindo que metas estabelecidas sejam alcançadas com base em informações bem direcionadas. Ele é dividido em quatro fases principais, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Método PDCA de gerenciamento de processos.



Fonte: (BLOG, 2024).

Na fase inicial, *plan* (planejamento), são definidas metas ideais, também chamadas de itens de controle, para o processo analisado. Nessa etapa, são estabelecidos os métodos necessários para alcançar esses objetivos. A fase seguinte, *do* (execução), envolve a implementação das ações planejadas, exigindo a educação e treinamento dos envolvidos, além do registro das informações geradas durante o processo. A terceira fase, *check* (verificação), é voltada para a comparação entre o que foi planejado e o que foi executado, analisando os dados registrados para determinar se os resultados propostos foram alcançados. Por fim, a etapa *action* (ação) implica em realizar ajustes baseados nos resultados obtidos. Caso as metas não tenham sido atingidas,

é necessário identificar ações corretivas e reiniciar o ciclo PDCA. No entanto, se os objetivos foram cumpridos, o próximo passo é padronizar o processo para assegurar a continuidade dos resultados (MARIANI, 2005).

3 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE PROBLEMAS

Este capítulo apresenta a identificação e análise dos principais problemas enfrentados no processo de preparação de componentes para a fabricação de transformadores. A Seção 3.1 oferece uma contextualização inicial, destacando o cenário em que os problemas foram detectados e sua relevância para o desempenho operacional. Em seguida, a Seção 3.2 detalha o levantamento sistemático dos problemas existentes, realizado com base em observações *in loco*, análise de dados e entrevistas com operadores e gestores.

Posteriormente, a Seção 3.3 apresenta uma análise aprofundada de alguns problemas identificados, com foco em suas causas e impactos. São discutidos casos específicos como a dificuldade de levantamento de informações de entregas às linhas de montagem (Seção 3.3.1), problemas na leitura de desenhos técnicos de peças complexas ou não padronizadas (Seção 3.3.2), e a produção insuficiente de painéis corrugados para atender à demanda (Seção 3.3.3).

Além disso, a análise aborda questões relacionadas à ineficiência no processo de solda de pinos e seu elevado índice de retrabalho (Seção 3.3.4), à desorganização no armazenamento de peças e controle de estoque (Seção 3.3.5) e às variações de conicidade em furações realizadas com máquinas de corte plasma CNC (Seção 3.3.6). Essas análises servem como base para o desenvolvimento de planos de ação apresentados no próximo capítulo, buscando mitigar os problemas e otimizar os processos operacionais.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A seção de preparação de componentes desempenha um papel essencial na produção de transformadores elétricos, sendo responsável por etapas críticas que garantem a eficiência e qualidade dos processos subsequentes. No entanto, a área enfrenta desafios significativos que comprometem não apenas sua produtividade, mas também a segurança operacional e a confiabilidade das entregas. Esses problemas, identificados por meio de indicadores de desempenho e auditorias internas, apontam para falhas estruturais e gerenciais que impactam diretamente a performance geral da produção.

Os indicadores diários do Gerenciamento de Rotina (GR) (Seção A.2) evidenciam problemas críticos, como o atraso recorrente nas entregas de processos essenciais, incluindo mandril, casca e corte de chapas realizados pelos equipamentos Plasma 300, Plasma 400 e Laser. Essas operações, que deveriam ser conduzidas de forma coordenada e eficiente, frequentemente não atingem as metas estipuladas no sistema SAP, *software* de gestão empresarial integrado. Por exemplo, o índice diário de atraso na área de corte de chapas chega a 37%, enquanto nas seções de mandril

e casca as metas não atendidas superam 40%. Esses atrasos criam gargalos que afetam diretamente etapas subsequentes, como montagem de tanques, pintura e testes, prejudicando toda a cadeia de produção.

Além disso, a análise do programa WMS revela uma baixa eficiência no gerenciamento de materiais, com o percentual de realização do programa em apenas 58%. Essa performance abaixo do esperado reflete falhas na mobilização de recursos e no controle de estoques, agravando os atrasos e a desorganização. Paralelamente, os resultados das iniciativas *Kaizen* indicam um aproveitamento limitado dessas ferramentas de melhoria contínua, comprometendo o alcance de soluções efetivas para os problemas da seção.

Outro ponto crítico é evidenciado pelos indicadores do Programa WEG de Qualidade e Produtividade (PWQP) (Seção A.3), que demonstram baixo desempenho em várias métricas essenciais. A Taxa de ocupação da mão de obra direta (MOD) apresenta resultados aquém das expectativas, o giro de estoques não atinge as metas estabelecidas, e o reaproveitamento de materiais é extremamente baixo, alcançando apenas 7% da meta estipulada. Esses dados reforçam a necessidade de intervenções estruturais que não apenas reduzam os atrasos, mas também eliminem desperdícios e falhas, como dobras e furações inadequadas nos componentes.

As perdas financeiras decorrentes dessas ineficiências são expressivas. No programa de investimentos do WMS, o prejuízo acumulado chegou a R\$ X (Seção A.1), contribuindo para uma nota de apenas 3,7 no PWQP. Esse desempenho é significativamente inferior ao desejado para a área, destacando a urgência de ações corretivas para reverter os impactos financeiros e operacionais negativos.

Além dos desafios operacionais e financeiros, uma inspeção de segurança realizada em 09/09/2024 trouxe à tona diversas irregularidades que comprometem tanto a produtividade quanto a segurança do setor. Entre os problemas identificados, destacam-se a falta de proteção adequada em máquinas, o armazenamento inadequado de produtos químicos, a obstrução de corredores por materiais desorganizados e condições inseguras para trabalhos em altura. Esses fatores não apenas representam riscos à integridade física dos colaboradores, mas também refletem uma gestão deficiente do ambiente de trabalho. Essa inspeção, documentada na auditoria de segurança da WTD (Seção A.4), foi um ponto decisivo para dar início a uma análise mais aprofundada dos problemas da seção e a elaboração de planos de ação para mitigar as falhas encontradas.

Esse levantamento inicial de problemas, com base nos indicadores e auditorias, será detalhado na próxima seção desta monografia, onde cada aspecto será abordado de forma estruturada para orientar as soluções propostas.

3.2 LEVANTAMENTO DOS PROBLEMAS

O levantamento de problemas na seção de preparação de componentes constituiu uma etapa fundamental para o desenvolvimento do projeto, permitindo a identificação das principais dificuldades e ineficiências nos processos. Para obter um diagnóstico preciso, foi essencial um entendimento detalhado de cada fase do processo produtivo, o que envolveu a aplicação de diversas técnicas de análise e métodos de coleta de informações.

O primeiro passo na identificação de problemas foi o acompanhamento direto de cada processo da seção, utilizando a metodologia 5G. Essa abordagem permitiu observar as operações no local onde os problemas ocorrem (*Gemba*) e verificar os objetos e condições reais envolvidos (*Genbutsu*). A análise foi complementada com dados concretos e verificáveis (*Genjitsu*), bem como com a aplicação de princípios técnicos (*Genri*) e padrões estabelecidos (*Gensoku*). Durante essa fase, o diálogo com os operadores revelou-se essencial, considerando que eles são os responsáveis diretos pela execução das tarefas e detentores de um conhecimento prático aprofundado das dificuldades enfrentadas. Esses diálogos trouxeram à tona falhas evidentes, como gargalos no fluxo de materiais e atrasos no cumprimento de roteiros de corte, além de questões recorrentes como insatisfação com o planejamento inadequado e ausência de *feedback* sobre melhorias propostas. Esse levantamento inicial reforçou a importância de alinhar as percepções dos operadores com os objetivos organizacionais, destacando problemas que, de outra forma, poderiam passar despercebidos em uma análise apenas documental ou quantitativa.

Além das observações diretas realizadas com a aplicação da metodologia 5G, foi conduzido um mapeamento detalhado dos processos utilizando a ferramenta BPM. Essa técnica foi essencial para obter uma visão clara e sistemática das etapas, fluxos e interações dentro da seção de preparação de componentes. O mapeamento evidenciou gargalos operacionais, redundâncias em tarefas e etapas que não agregavam valor direto ao produto final, proporcionando uma base sólida para análises mais aprofundadas e futuras melhorias.

O mapeamento contemplou diversos processos críticos da seção, priorizando aqueles com maior impacto na produtividade e na eficiência geral. As principais tarefas associadas a cada processo foram analisadas individualmente, com o objetivo de identificar ineficiências, desvios e oportunidades de otimização. Os processos mapeados estão descritos no Quadro 2.

Por meio da utilização da notação BPMN, foi realizado o mapeamento completo dos processos da seção de preparação de componentes. Essa ferramenta possibilitou uma representação gráfica detalhada e visualmente clara de cada etapa, destacando os fluxos, interações e possíveis gargalos operacionais. A Figura 7 ilustra um exemplo prático desse trabalho, apresentando o processo **E03 - Máquina de Cortar Tubos La-**

Quadro 2 – Principais processos da seção de preparação mapeados utilizando o BPM.

PROCESSOS		
ID	EVENTO	NOME DO PROCESSO
1	E3	MÁQUINA DE CORTAR TUBOS LASER
2	E4	PAINEL CORRUGADO
3	E5	MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS PLASMA 300
4	E6	MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS PLASMA 300
5	E7	MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS PLASMA 400
6	E8	MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS LASER
7	E9	TAMBOREADEIRA
8	E10	REBARBADORA
9	E11	SERRA FITA
10	E12	BORDEADEIRA
11	E13	DOBRA
12	E14	FURADEIRA
13	E15	SOLDA DE PINOS
14	E16	BATEDOR DE NÚMERO
15	E17	TORNO MANUAL
16	E18	TORNO MANUAL
17	E19	CNC
18	E20	ABRIR QM
19	E21	SUCATEAR COMPONENTE

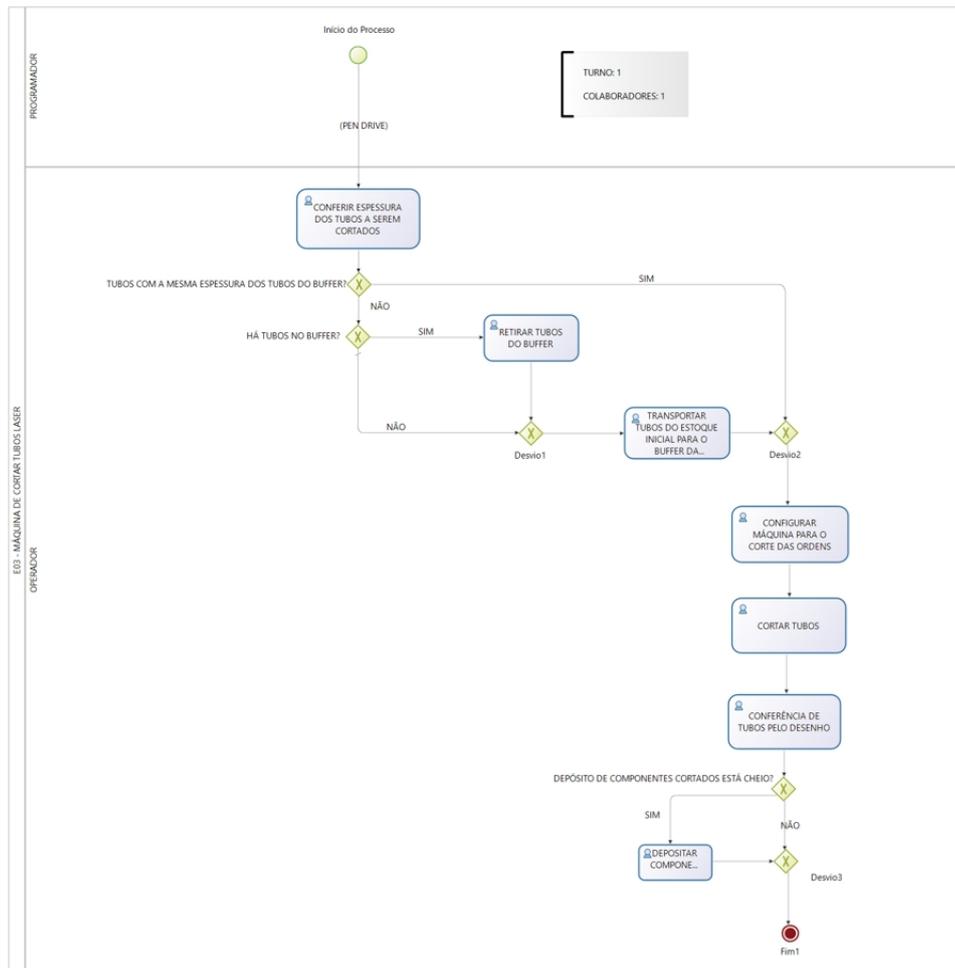
Fonte: Autoria própria.

ser, que evidencia as atividades, tomadas de decisão e transições envolvidas em uma operação típica da seção. Além disso, o mapeamento completo de todos os processos modelados está disponível no Apêndice B, permitindo uma análise abrangente de toda a seção.

O uso do VSM foi fundamental para mapear o fluxo de valor na seção, evidenciando gargalos, desperdícios e atividades que não agregam valor (NAV) ao produto final. Esse mapeamento permitiu identificar pontos críticos e oportunidades de melhoria nos processos. No entanto, devido à alta variabilidade característica da preparação de componentes, foi necessário ajustar a aplicação do VSM. Indicadores tradicionais, como *lead time* e *takt time*, mostraram-se pouco adequados para uma análise precisa. Assim, optou-se por concentrar a avaliação nos pontos onde os problemas são mais frequentes, enquanto a análise do fluxo de materiais foi limitada pelos recursos compartilhados entre diferentes processos e componentes.

Outro destaque do VSM foi sua capacidade de identificar interrupções no fluxo de materiais e informações. As atividades consideradas desperdícios foram analisadas e categorizadas para que pudessem ser eliminadas ou minimizadas. A participação dos colaboradores diretamente envolvidos nos processos foi crucial nessa etapa. Sua experiência prática e conhecimento das operações diárias contribuíram para um diagnóstico mais detalhado e para a proposição de soluções viáveis e eficazes. A análise

Figura 7 – Modelagem do processo E03 - Máquina de Cortar Tubos Laser utilizando o BPM.



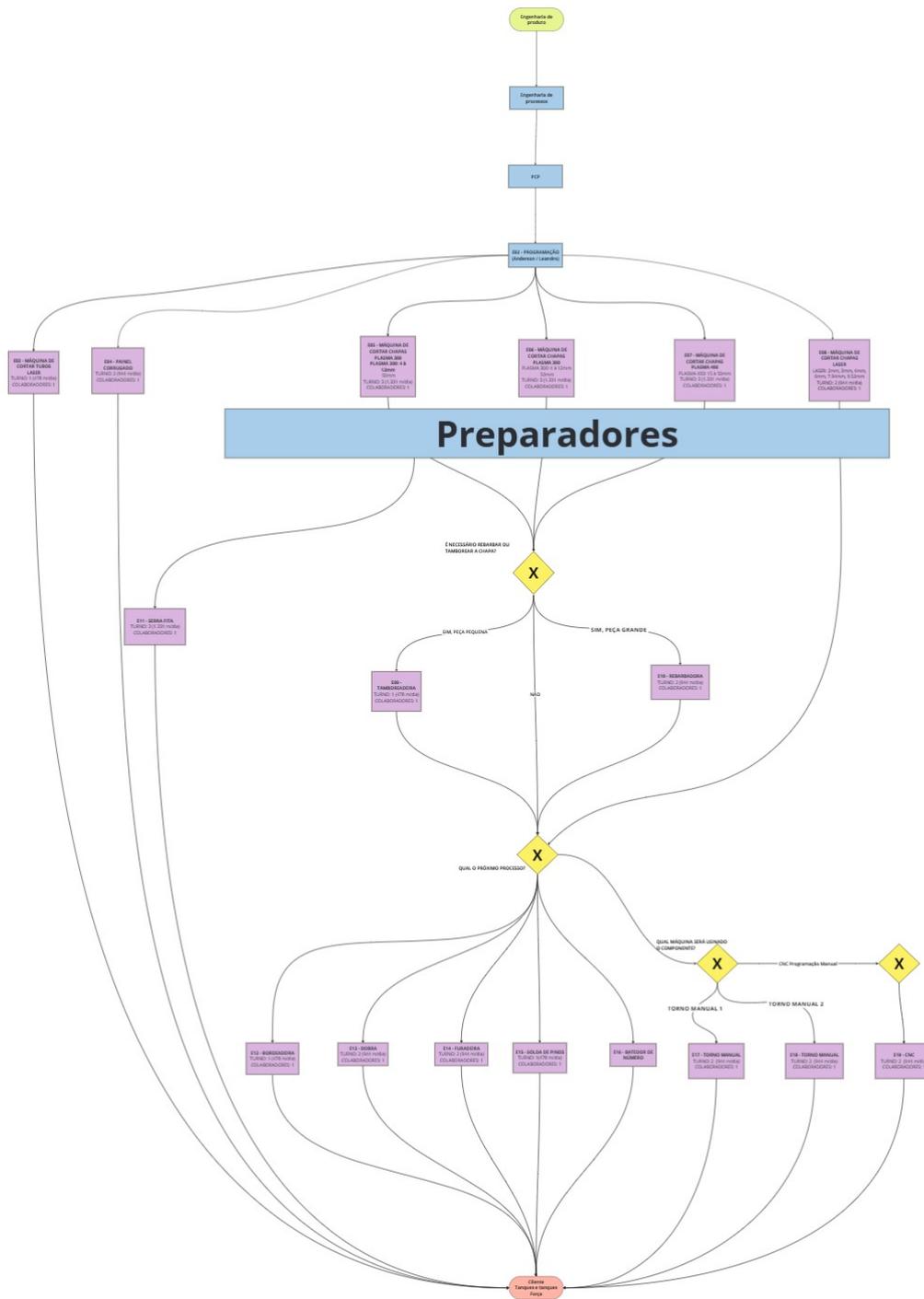
Fonte: Autoria própria.

detalhada dos desperdícios e sua categorização basearam-se no mapa do estado atual, apresentado na Figura 8.

Com o objetivo de obter uma visão mais abrangente dos problemas enfrentados pela seção de preparação, foi realizada uma sessão de *brainstorming* (Figura 9) envolvendo operadores, líderes de equipe e gestores, tanto da seção quanto de áreas correlatas. Essa abordagem colaborativa permitiu o compartilhamento de diferentes perspectivas e a discussão de problemas críticos nos processos. Durante a reunião, além da análise do VSM e do BPM da seção, foi realizada uma avaliação detalhada dos postos de trabalho, baseado no relatório de custo de MOD e Capacidade Operacional da Seção de Preparação (Seção A.5), abrangendo aspectos como número de turnos, quantidade de colaboradores, e capacidade operacional em minutos por dia.

Essa análise revelou importantes informações sobre a utilização das máquinas e da mão de obra. Por exemplo, a capacidade diária de operação de equipamen-

Figura 8 – Modelagem dos processos da seção de preparação utilizando o VSM.



Fonte: Autoria própria.

tos como a Laser Tubos/Perfis foi identificada em 478 minutos/dia com apenas um colaborador em um turno, enquanto a Linha de Fabricação de Painéis Corrugados, operando em dois turnos, alcança uma capacidade de 944 minutos/dia. Já equipamentos mais demandados, como as máquinas de Corte Plasma 300A e 400A, possuem

Figura 9 – Levantamento dos problemas da seção com o uso de *brainstorming*.



Fonte: Autoria própria.

capacidade operacional de 1.331 minutos/dia, devido ao funcionamento em três turnos, informações detalhadas na Figura 10. Essa variação na capacidade expôs gargalos operacionais que afetam o fluxo de produção e destacaram oportunidades para melhor balanceamento da carga de trabalho entre os postos.

Figura 10 – Postos de Trabalho, Turnos e Capacidades Operacionais na Seção de Preparação.

ID	ETAPA	CT	POSTO DE TRABALHO	NOME DO PROCESSO	TURNO	COLABORADORES	CAPACIDADE (MINUTOS/DIA)
1	E3	5013047	LASER TUBOS/PERFIS Ø150MM 3KW DNE	MÁQUINA DE CORTAR TUBOS LASER	1	1	478
2	E4	5012710	LINHA DE FABRICAÇÃO PAINEL CORRUGADO	PAINEL CORRUGADO	2	1	944
4	E5	5012705	CORTE PLASMA 300A MASTER	MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS PLASMA 300	3	1	1331
3	E6	5012705	CORTE PLASMA 300A AUTOMATION	MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS PLASMA 300	3	1	1331
5	E7	5013001	CORTE PLASMA 400A	MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS PLASMA 400	3	1	1331
6	E8	5012701	CORTE LASER (BYSTRONIC)	MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS LASER	2	1	944
10	E9			TAMBORADEIRA	1	1	478
7	E10	5013004	MAQUINA REBARBADORA	REBARBADORA	2	1	944
12	E11	5013015	SERRA FITA	SERRA FITA	3	1	1331
8	E12	5013005	BORDEAÇÃO TAMPA	BORDEAÇÃO TAMPA	1	1	478
17	E13	5013020	PRENSA VIRADEIRA 1 (300 TON x 4 m)/PRENSA VIRADEIRA 2 (330 TON x 3 m)	DOBRA	2	1	944
11	E14	5013030/5013131	FURADEIRA BANCADA/ROSQUEADEIRA/PRESADEIRA / FURADEIRA KFF-50 KONE	FURADEIRA	2	1	944
16	E15			SOLDA DE PINOS	1	1	478
19	E16			BATEDOR DE NÚMERO			
13	E17	5013130/05013129	TORNO IMOR MAX 1300MM/TORNO NARDINI MAX 390MM	TORNO MANUAL	2	1	944
9	E19	5013133	CENTRO DE USINAGEM CNC	CNC	2	1	944
14				PREPARADOR TURNO 1	1	9	478
15				PREPARADOR TURNO 2	1	4	478
16				PREPARADOR TURNO 3	1	1	478

Fonte: Autoria própria.

Outro aspecto abordado foi o custo da mão de obra direta (MOD), que foi cruzado com os dados operacionais para entender melhor os impactos financeiros das ineficiências identificadas. Informações do relatório (Seção A.5) mostram que o custo médio da hora variável por colaborador é de R\$ X (Seção A.5), o que reforça a importância de otimizar o tempo improdutivo para reduzir custos e aumentar a eficiência da seção.

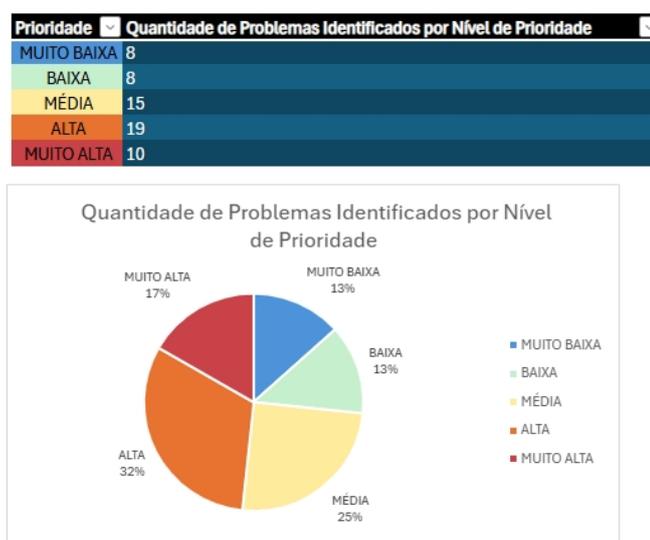
Adicionalmente, foram discutidas melhorias relacionadas ao armazenamento e movimentação de materiais, considerando os tempos de realização das atividades e o fluxo de materiais entre os postos. Durante o mapeamento, foi observado que a

desorganização no estoque e a ausência de critérios para armazenamento impactam negativamente a agilidade da operação. Essas questões foram categorizadas no mapa de fluxo de valor e vinculadas a etapas específicas do processo.

A participação dos colaboradores foi fundamental para identificar não apenas os problemas técnicos, mas também as dificuldades práticas enfrentadas no dia a dia, como a alocação inadequada de recursos e a falta de integração entre as equipes e os processos. Essa dinâmica colaborativa também fomentou sugestões de melhorias, como a redistribuição de turnos em postos críticos e ajustes na capacidade de operação de determinadas máquinas para eliminar gargalos. Os resultados dessa análise detalhada foram essenciais para definir prioridades e embasar as ações corretivas propostas, que serão discutidas nas próximas seções desta monografia.

Ao final dessa etapa, foram identificados um total de 61 problemas principais na seção de preparação de componentes, a lista desses problemas é detalhada na Apêndice C. Dado o elevado número de questões, tornou-se necessário priorizá-las para viabilizar um acompanhamento individualizado e um tratamento eficaz. Para isso, os problemas foram classificados em cinco níveis de prioridade: **muito alta**, **alta**, **média**, **baixa** e **muito baixa**. Essa categorização foi definida com base no impacto de cada problema sobre os processos e os resultados da seção. A análise revelou que 17% dos problemas foram classificados como de prioridade muito alta, 32% como alta, 25% como média, e 13% tanto como baixa quanto como muito baixa (Figura 11). Essa classificação permitiu direcionar o foco inicial para os problemas de maior impacto, assegurando uma alocação eficiente de recursos para as questões mais críticas.

Figura 11 – Quantidade de problemas levantados durante o *brainstorming* por nível de prioridade.



Fonte: Autoria própria.

Para cada problema identificado, foi elaborado um 5W1H, uma ferramenta de análise que facilita o entendimento dos detalhes de cada problema ao responder às perguntas: "O quê?", "Por quê?", "Onde?", "Quando?", "Quem?" e "Como?". Esse método foi essencial para estruturar e documentar as informações sobre os problemas de forma clara e objetiva, permitindo que a equipe tivesse uma visão completa e detalhada de cada questão.

Além disso, para problemas de maior complexidade, foi aplicada a MASP, com foco na APP. Essa metodologia ajudou a identificar causas raiz e a propor ações corretivas específicas, garantindo que as soluções fossem bem fundamentadas e eficazes. Em especial, o APP foi importante para abordar problemas de média e alta complexidade, onde a simples correção de sintomas não seria suficiente.

No caso das máquinas de corte, foi realizada uma análise de SMED, visando a redução dos tempos de *setup* e a otimização das trocas de ferramentas. Essa análise foi importante para reduzir os tempos ociosos e aumentar a produtividade das operações de corte. Além disso, a técnica dos 5G foi utilizada para investigar e observar problemas diretamente no local onde ocorrem, garantindo que os diagnósticos fossem precisos e baseados na realidade do chão de fábrica.

Outra ferramenta aplicada foi a realização de auditorias internas, que possibilitaram um diagnóstico abrangente das práticas atuais e a identificação de desvios em relação aos padrões estabelecidos. Essas auditorias desempenharam um papel importante ao identificar e documentar problemas de forma estruturada, o que facilitou o planejamento de ações corretivas. Como exemplo, uma das auditorias de segurança realizadas na seção durante o período pode ser consultada no Seção A.4.

Por fim, foi realizado um levantamento detalhado dos registros de QM, possibilitando uma análise quantitativa precisa das falhas mais recorrentes e dos custos associados a defeitos e retrabalhos. Os dados apresentados evidenciam os principais problemas, como os defeitos dimensionais, que representam a maior quantidade de ocorrências e custos no setor. Em um comparativo entre 2023 e 2024, houve um aumento de 43,65% na quantidade de problemas e 64,92% nos custos totais, com destaque para o crescimento expressivo de falhas relacionadas à dimensão e à identificação de componentes (Seção A.2). Essa análise permitiu direcionar esforços para áreas críticas, como controle dimensional, padronização de processos e melhorias no planejamento de materiais, demonstrando a necessidade de ações estruturadas para minimizar os impactos financeiros e operacionais.

Além da análise geral dos problemas recorrentes, foi conduzida uma investigação detalhada de cada QM registrado no último ano, com o objetivo de identificar causas específicas e potenciais impactos no processo produtivo (Seção A.3). Cada registro foi avaliado individualmente, considerando aspectos como o tipo de defeito, a localização onde ocorreu, os materiais envolvidos e os custos associados. Essa abor-

dagem minuciosa permitiu mapear não apenas os problemas mais frequentes, como dimensional e acabamento/aspecto, mas também os mais onerosos, como os defeitos relacionados à montagem e aos parâmetros de processo. Esses dados serviram como base para direcionar ações corretivas e preventivas, bem como para estabelecer prioridades nas iniciativas de melhoria contínua.

O uso integrado dessas ferramentas e metodologias permitiu uma análise abrangente e estruturada dos problemas na seção de preparação de componentes. Este diagnóstico serviu como alicerce para as etapas subsequentes do projeto, orientando de forma precisa as ações de melhoria e garantindo que as soluções fossem direcionadas aos problemas de maior impacto. Com foco na eficiência operacional, na melhoria da qualidade e na minimização de desperdícios, este trabalho priorizou o ataque por meio de planos de ações que buscam mitigar diretamente os problemas da preparação. Na Seção 3.3, será apresentado um detalhamento aprofundado de alguns dos 61 problemas identificados, destacando suas origens e inter-relações críticas.

3.3 ANÁLISE DETALHADA DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS

3.3.1 P01: Dificuldade de levantamento de informações de entregas às linhas de montagem

O primeiro problema analisado em detalhes refere-se à dificuldade no levantamento de informações sobre as entregas de componentes realizadas pelos preparadores para outras seções nas diferentes linhas de montagem. Essa dificuldade é causada, principalmente, pela utilização de planilhas distintas para o controle de entregas, sem qualquer padronização ou supervisão centralizada, como ilustrado na Figura 12. A descentralização das informações torna o processo mais suscetível a falhas, dificultando tanto a organização quanto a consolidação dos dados. Como consequência, há impactos significativos na rastreabilidade das entregas, que se tornam mais complexas de monitorar, e na eficiência geral do processo, que é prejudicada pela falta de integração e uniformidade nas informações.

A análise inicial feita com a metodologia 5W1H trouxe *insights* importantes sobre a complexidade do problema, destacando não apenas as falhas na padronização, mas também a ausência de um sistema de controle eficiente por parte dos clientes internos que recebem os componentes. Essa falta de controle reflete-se em práticas inadequadas, como o registro incorreto ou inexistente dos itens recebidos, além do armazenamento desorganizado ou em locais inadequados. Essas ações resultam em situações onde falhas são erroneamente atribuídas à seção de preparação, ampliando os conflitos internos.

O uso de planilhas distintas para cada linha de montagem, sem um sistema centralizado e padronizado, contribui para uma fiscalização insuficiente, dificultando

Figura 12 – Pastas com os arquivos de controle de entrega utilizados para cada linha de montagem, evidenciando a descentralização e a falta de padronização no armazenamento das informações.



Fonte: Autoria própria.

a rastreabilidade e a análise das entregas. Como consequência, o processo torna-se propenso a retrabalhos frequentes, aumentando os custos operacionais e reduzindo a eficiência geral. Além disso, os atrasos gerados por essas falhas comprometem o cumprimento de prazos, prejudicando a confiabilidade e a integração entre as áreas.

A análise aponta que a causa raiz do problema está na descentralização das informações e na falta de um sistema padronizado para o registro e controle das entregas. Entre os requisitos funcionais identificados para solucionar o problema, destacam-se a necessidade de padronizar o processo de registro das entregas, garantindo uniformidade nas informações inseridas pelos preparadores e clientes internos, e a geração de relatórios analíticos que permitam acompanhar, em tempo real, o desempenho e os atrasos nas entregas. Esses relatórios são essenciais para fornecer uma visão clara e consolidada das operações, permitindo tomadas de decisão baseadas em dados.

Por outro lado, os requisitos não funcionais concentram-se em aspectos que tornam a solução prática e eficaz. Isso inclui a simplicidade e a usabilidade do formulário, facilitando sua adoção tanto pelos preparadores quanto pelos clientes internos. A confiabilidade dos dados registrados é outro ponto crucial, assegurando que as informações coletadas sejam consistentes e protegidas contra alterações indevidas. Além disso, a integração com outras ferramentas e sistemas existentes é fundamental para facilitar consultas e auditorias, promovendo maior transparência e rastreabilidade das entregas realizadas.

3.3.2 P02: Dificuldade na Leitura de Desenhos Técnicos de Peças Complexas ou Não Padronizadas

O segundo problema identificado, **P02: Dificuldade na Leitura de Desenhos Técnicos de Peças Complexas ou Não Padronizadas**, está relacionado às dificuldades enfrentadas pelos operadores durante a interpretação de desenhos técnicos,

especialmente na execução de processos como usinagem, dobragem e furação de componentes. Esse problema ocorre principalmente em peças que apresentam geometrias específicas ou características que fogem dos padrões conhecidos, gerando erros operacionais, como dobras em ângulos ou direções incorretas, furações fora dos locais especificados ou usinagem que não atende aos parâmetros definidos.

Para compreender a extensão do problema, foram analisados os registros de QM associados aos processos mencionados (como detalhado no Seção A.4). A análise revelou que, somente no último ano, foram registrados 96 casos de QM relacionados a erros no dimensionamento de dobras, ou seja, dobras realizadas em ângulos incorretos. Esses erros geraram um custo total de retrabalho de R\$ X (Seção A.5). Esse custo elevado reflete dificuldades na interpretação dos desenhos técnicos. Durante entrevistas com os operadores, constatou-se que, embora a equipe possua ampla experiência prática, a falta de familiaridade com desenhos técnicos complexos e detalhados impacta diretamente a qualidade e a precisão das peças produzidas. A ausência de padronização nos desenhos técnicos contribui para erros frequentes, resultando em retrabalhos, desperdício de materiais e, em alguns casos, atrasos na entrega dos componentes. Essa situação é ilustrada na Figura 13.

Figura 13 – Registro de QM associadas a problemas de dobragem na seção de preparação.



Fonte: Autoria própria.

A análise revelou que a causa raiz do problema está na ausência de materiais de apoio adequados para facilitar a compreensão de desenhos técnicos mais avançados, aliada à falta de treinamentos regulares que capacitem os operadores a interpretar esse tipo de documentação com maior segurança. Essa lacuna é agravada

pela complexidade de algumas peças, que demandam instruções mais detalhadas e maior atenção na execução.

Para mitigar esse problema, destacou-se a necessidade de padronizar a comunicação visual nos desenhos técnicos, criando materiais de apoio, como manuais explicativos, que facilitem a compreensão e reduzam o tempo de análise pelos operadores. Além disso, foi proposta a realização de treinamentos periódicos voltados para a leitura de desenhos técnicos avançados, de forma a preparar a equipe para lidar com peças que apresentem maior complexidade. Esses treinamentos, aliados a materiais de consulta acessíveis no ambiente de trabalho, visam diminuir a ocorrência de erros e otimizar a produtividade, promovendo maior confiança e autonomia entre os operadores.

3.3.3 P04: Produção de Painéis Corrugados Abaixo da Demanda

O problema P04 está relacionado à produção insuficiente de painéis corrugados, incapaz de atender à demanda crescente dessa linha de produtos. Esse cenário tem gerado gargalos significativos no processo de fabricação, com máquinas operando continuamente, sobrecarregando equipamentos e operadores. O problema foi identificado por meio de uma APP que utilizou a metodologia 5W1H como ponto de partida. Posteriormente, o estudo aprofundado no chão de fábrica seguiu a metodologia 5G, permitindo verificar possíveis causas raiz diretamente no ambiente de produção. Além disso, foram analisados indicadores de atraso do GR para entender o impacto dessas falhas na entrega de materiais e o consequente prejuízo ao atendimento das linhas de montagem da WTD.

Figura 14 – Esteira manual do processo E4 painel corrugado.



Fonte: Autoria própria.

Como parte do estudo, foi realizada uma análise temporal do processo utilizando a metodologia SMED, visando identificar melhorias e detalhar as ações necessárias

para reduzir o tempo de *setup* e aumentar a eficiência operacional. Durante essa investigação, foi identificada a causa raiz do problema: a configuração atual do processo de produção de painéis corrugados, ilustrada na Figura 14, que depende da integração de três máquinas de diferentes marcas, sem qualquer sistema que permita comunicação ou sincronização entre elas. Essa falta de integração resulta em um processo descontinuado, onde os componentes processados por uma máquina não são automaticamente reconhecidos ou transferidos para a próxima etapa, causando interrupções no fluxo produtivo.

Além disso, as esteiras que conectam as máquinas carecem de dispositivos automatizados para a movimentação dos painéis. Devido ao peso elevado dessas peças, os operadores frequentemente precisam se posicionar em zonas de risco, chegando a subir nas esteiras para realizar o transporte manual dos painéis entre as máquinas. Essa movimentação manual expõe os operadores a riscos de segurança, como quedas ou lesões, além de gerar um processo altamente ineficiente. Em média, o transporte manual de cada painel consome X (Seção A.6) minutos, representando aproximadamente X (Seção A.6) horas diárias apenas para essa atividade, considerando a produção de X (Seção A.6) painéis em dois turnos. Esse tempo equivale a cerca de X (Seção A.6) de um turno de 8 horas, afetando diretamente a produtividade e intensificando os gargalos na linha de produção. Esses fatores reforçam a necessidade urgente de soluções automatizadas para eliminar o retrabalho, aumentar a eficiência do fluxo e garantir a segurança dos operadores.

No terceiro passo, a análise detalhada reforçou a necessidade urgente de implementar soluções automatizadas que eliminem o retrabalho, aumentem a eficiência do fluxo e garantam a segurança dos operadores. O plano de ação resultante, descrito na Seção 4.4, foi elaborado com base na metodologia SMART e inclui a automação das esteiras no processo de fabricação, além da atualização conforme a NR-12, priorizando a segurança e eficiência operacional.

3.3.4 P11: Processo de Solda de Pinos Ineficiente e com Elevado Índice de Retrabalho

O processo de solda de pinos (parafusos prisioneiros) utilizado na montagem de componentes enfrenta desafios significativos, sendo realizado com uma máquina de solda de pinos manual, Figura 15, sem qualquer padrão de automação. Essa abordagem resulta em uma baixa eficiência, um padrão de qualidade inconsistente e diversos problemas relacionados ao custo e à ergonomia. Além disso, a falta de visibilidade causada pela cerâmica empregada no processo torna a operação mais difícil e propensa a erros.

O método atual, evidenciado na Figura 16, é baseado na soldagem de pinos por resistência elétrica, onde é utilizada cerâmica para isolar o calor durante o processo.

Figura 15 – Máquina de solda de pinos manual.



Fonte: Autoria própria.

Essa cerâmica precisa ser removida manualmente após a operação, aumentando o tempo necessário para completar cada etapa. Além disso, há problemas relacionados à qualidade, como a falta de uniformidade no cordão de solda, que compromete a fusão adequada do material, gerando falhas. Durante o processo, o pino é pressionado contra o material base, e a corrente elétrica é aplicada, causando fusão e criando a junta. No entanto, a ausência de controle automatizado pode levar a inconsistências no tempo e na intensidade da corrente elétrica, resultando em pontos fracos ou na necessidade de retrabalho.

A análise das ocorrências em fábrica revela prejuízos significativos. De um total de X (Seção A.7) parafusos prisioneiros consumidos no último ano, X (Seção A.7) foram desperdiçados devido à necessidade de retrabalho, representando 35% do total. Esse retrabalho gera perdas consideráveis em NAV, já que o operador precisa lixar a região da solda inadequada e soldar novamente o tirante. O tempo médio de retrabalho por parafuso é de X (Seção A.7) segundos, totalizando X (Seção A.7) horas de trabalho anuais desperdiçadas.

Além do desperdício de materiais, o processo atual apresenta elevados custos operacionais devido ao grande consumo de cerâmica e parafusos (Figura 17). A falta de automação não apenas aumenta a ineficiência, mas também expõe os operadores

Figura 16 – Processo de fabricação atual.



Fonte: (INFOSOLDA, 2024).

Figura 17 – Ocorrências típicas em fábricas que ocorrem na solda de pinos.



Fonte: Autoria própria.

a riscos ergonômicos, já que o trabalho repetitivo e a necessidade de lidar com falhas no processo comprometem a segurança e a produtividade.

A produção de componentes críticos como flanges, tampas e tanques é diretamente impactada por essas falhas. Exemplos do consumo médio incluem:

- **Caixas proteção de Bucha:**
 - **Meia Força:** 88 unidades em média;
 - **Média Força:** 60 unidades em média;
 - **Força:** 45 unidades em média.
- **Flanges:**

Figura 18 – Caixas proteção de Bucha.



Fonte: Autoria própria.

Figura 19 – Flanges.



Fonte: Autoria própria.

- 6 parafusos por flange, com 8 flanges por tanque oblongo, totalizando um tanque produzido por dia.

- **Tampas:**

Figura 20 – Tampas.



Fonte: Autoria própria.

- 40 parafusos por tampa, com produção de três tanques corrugados por dia.

Essa ineficiência operacional, associada à demanda crescente para renováveis, destaca a urgência de modernizar o processo de solda de pinos. A automação desse processo, além de eliminar desperdícios, garante maior uniformidade na qualidade das

soldas, reduz os custos operacionais e mitiga os riscos ergonômicos enfrentados pelos operadores, o plano de ação desenvolvido para essa otimização do processo de solda de pinos foi detalhado na Seção 4.5.

3.3.5 P14 - Desorganização no armazenamento de peças e controle de estoque

A desorganização no armazenamento, como demonstrado na Figura 21, de peças sobressalentes e componentes na seção de preparação não apenas impacta a eficiência operacional, mas também gera outros problemas, como o acúmulo de peças no pátio externo, Figura 22. Esse acúmulo expõe as peças a condições adversas, especialmente aquelas de aço, que tendem a enferrujar com facilidade devido à ação da umidade e intempéries. Isso leva a uma deterioração precoce dos materiais, aumentando os custos com reposição e causando perdas financeiras.

Figura 21 – Componentes espalhados pela seção de modo inadequado.



Fonte: Autoria própria.

Apesar de o galpão da seção de preparação possuir espaço interno suficiente, esse espaço não está sendo utilizado de forma eficiente. A falta de uma abordagem estruturada, como a verticalização dos espaços de armazenamento, impede que o ambiente seja otimizado, resultando em um uso ineficiente da área disponível. Atualmente, as peças são armazenadas de maneira aleatória, sem critérios padronizados para sua disposição, o que dificulta sua localização quando necessário. Essa desordem aumenta o tempo gasto pelos preparadores na busca por itens necessários à preparação e entrega à linha de montagem. Além disso, a ausência de um controle rigoroso sobre

Figura 22 – Acúmulo de peças no pátio externo.



Fonte: Autoria própria.

o local de armazenamento das peças contribui diretamente para gargalos na produção. Muitas vezes, componentes disponíveis no estoque não são encontrados rapidamente, gerando atrasos na entrega e desperdício de tempo.

Outro fator que agrava essa situação é a recorrência de falhas no planejamento e controle da produção (PCP), como atrasos nos roteiros de corte e gestão de materiais, que impactam diretamente o desempenho das linhas de montagem, inclusive em processos menos complexos, como os de tanques de força. A ausência de desenhos planejados para materiais com demanda urgente também prejudica o corte e a fabricação (Figura 23). Apesar de o sistema automatizado *NEW* registrar posteriormente algumas peças, a falta de planejamento inicial continua gerando gargalos e comprometendo a produção subsequente. Por fim, a análise das rotinas da seção evidenciou fatores adicionais que contribuem para a ineficiência operacional, como a alta incidência de comportamentos de risco (65 registros), ausência significativa de colaboradores (6%) e baixa mobilização de recursos.

Essas situações evidenciam que há inúmeras fontes causadoras do acúmulo excessivo de materiais e desorganização dos espaços de armazenamento na seção, enquanto são elaborados planos de ação mais abrangentes e complexos, como o **A03 - Ampliação da seção de Preparação** e o **A27 - Uso de macros na Programação para identificar problemas potenciais na criação dos programas de corte**, foi desenvolvido um plano de ação específico para melhorar a organização no armazenamento de peças. Esse plano prioriza a verticalização do espaço de armazenamento, conforme detalhado na Seção 4.6, como uma solução inicial buscando otimizar o uso do espaço interno, reduzir o tempo de busca por componentes, melhorar a eficiência operacional e diminuir os custos associados a danos e perdas materiais.

Figura 23 – Lista de materiais sem planejados.

TOTAL DE ITENS POR ÁREA						
	09.09.2024	06.09.2024	05.09.2024	03.09.2024	30.08.2024	29.08.2024
PREPARAÇÃO	7	6	5	6	7	6
PROCESSOS	68	67	60	41	39	25

Material	Desenho
10127965	4001,7169
11606812	10002830756
13475459	10003934861
14792872	10006409319
14943197	10006673833
15221204	10007170107
15281425	10007276579
16075396	10008692416
16075459	10008692833
16362476	10009191146
16993544	10010318396
17100245	10010505892
17566199	10011550128
17566202	10011550134
17675698	10011718232
17675699	10011718233
17675700	10011718234
17675701	10011718235
17675702	10011718236
17675703	10011718237
17675704	10011718241
17675705	10011718243
17677349	10011721567
17678250	10011718176
17678436	10011718240
17678437	10011718239
17678708	10011718238
17689240	10011743560
17806675	10011931610
17806677	10011931542
17859108	10011976480
17859112	10011976489
17859117	10011976492
17904442	10012047461
17904447	10012022298
17913927	10012099147
17960954	10012172107
17974792	10012187868
17974948	10012187278
18011829	10012175200
18052619	10012316190
18052620	10012316192
18052623	10012316196

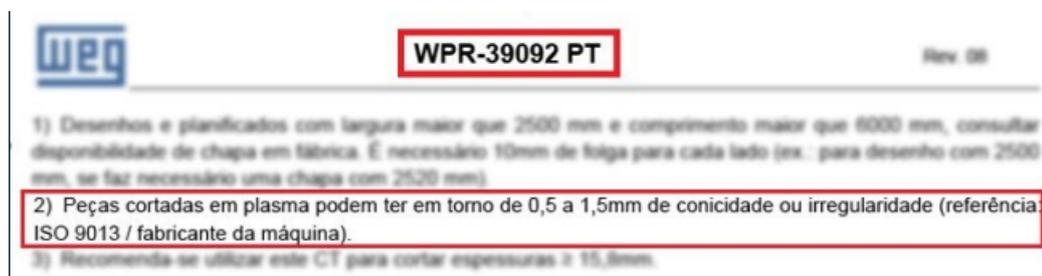
Fonte: (WEG, 2024b).

3.3.6 P61 - Conicidade de furações executadas em corte plasma - Chapa de aço no corte de plasma

O problema foi identificado por intermédio de uma análise estruturada utilizando o MASP. Foram registradas 75 notas de não conformidade no último ano, gerando um custo total de R\$ X (Seção A.8). A principal consequência da conicidade nas furações é a dificuldade na passagem de parafusos durante as montagens de componentes como janelas de inspeção, conexões flangeadas, tanques/tampas, tampa de conservadores e armaduras.

Conforme a norma interna WPR-39092, que trata das limitações na fabricação de componentes (Figura 24) e a norma WPR-7668 (Tabela 1), que estabelece tolerâncias em transformadores, a conicidade aceitável é delimitada entre 0,5 mm e 1,5 mm. Contudo, a análise das QM revelou uma média de conicidade de 2,39 mm, com variações entre 2 mm e 5 mm, ultrapassando os limites normativos.

Figura 24 – Limitações da Fabricação de Componentes - WPR-39092.



Fonte: (WEG, 2024b).

Tabela 1 – Tolerâncias em transformadores - WPR-39092.

5.1.3. Tolerâncias de furos para parafusos passantes cortados em oxicorte ou plasma
Devem-se seguir as tolerâncias conforme a tabela 3.

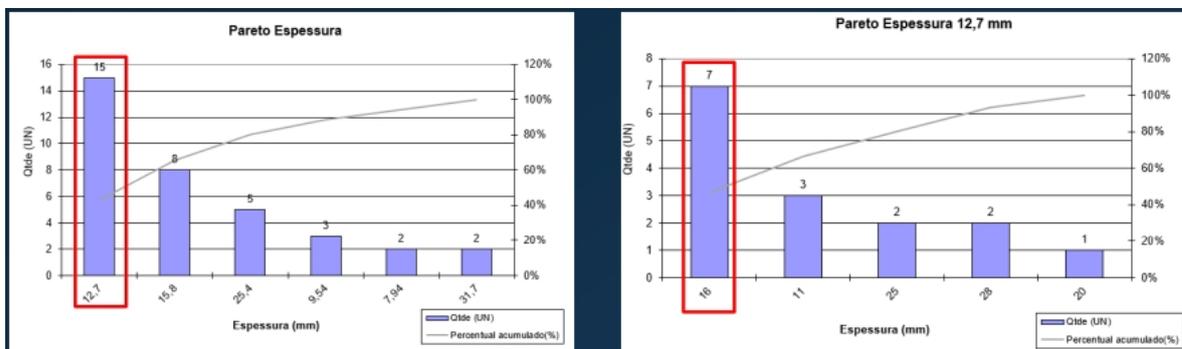
Parafuso	Diâmetro Planificado do Furo
M8	11,0 (-1 + 0,5 p/ esp. ≤ 4 mm)
M10	13,0 (-1 + 0,5 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)
M12	16,0 (-1,5 + 0,5 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)
M14	18,0 (-1,5 + 0,5 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)
M16	20,0 (-1,5 + 0,5 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)
M18	23,0 (-1,5 + 0,5 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)
M20	25,0 (-1,5 + 0,5 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)
M22	28,0 (-2,0 + 1,0 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)
M24	30,0 (-2,0 + 1,0 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)
M30	37,0 (-2,0 + 1,0 p/ esp. $\leq 25,4$ mm)

Fonte: (WEG, 2024b).

Durante a análise do problema, identificou-se, por meio dos Gráficos de Pareto (Figura 25), uma maior incidência de não conformidades em chapas com espessura de 12,7 mm e diâmetro de furo de 16 mm. Como parte do levantamento de informações, foram verificadas as furações de alguns componentes cortados nas máquinas de plasma 300, observando se o gabarito (Figura 26) passava ou não pelo primeiro e último furo de cada peça. A relação dos gabaritos, conforme o diâmetro das furações estabelecido pela norma WPS-8192 PT, está detalhada na Tabela 2.

Para identificar as possíveis causas raiz e reduzir a ocorrência do problema, foi realizada uma abordagem investigativa com os operadores das máquinas. Durante essa investigação, foram levantadas as seguintes possíveis causas: variação na qualidade do corte das máquinas, desgaste dos consumíveis afetando a qualidade das furações, e variação na altura da tocha, que também influencia o corte. Além disso, verificou-se que as novas máquinas de plasma 300 não tinham ativado o parâmetro de redução de velocidade de furação *True Hole*. Nesse caso, houve um impasse, pois o

Figura 25 – Gráficos de pareto sobre espessura de chapas e diâmetro de furos, respectivamente.



Fonte: Autoria própria.

Figura 26 – Gabaritos de análise de furação.



Fonte: Autoria própria.

fornecedor da máquina alegava que o problema estava no sistema de programação, enquanto o fornecedor do sistema indicava que a falha era proveniente das máquinas.

Como parte da investigação do problema, foi analisado o mapa do processo atual de corte de chapas com plasma (Figura 52), o qual levou à definição de uma matriz de decisão. Com base nessa análise de mapeamento do processo, foi determinado que a realização de um Componentes de Variação (COV) seria a próxima etapa, conforme ilustrado na matriz de decisão Tabela 3.

Como parte da investigação para identificar as causas raiz do problema, foi utilizado o método de amostragem por árvore de decisão, conforme ilustrado na Figura 27. Essa abordagem permitiu a análise detalhada dos fatores envolvidos no processo de corte a plasma, considerando variáveis como o tipo de instrumento utilizado (analógico

Tabela 2 – Relação de gabarito conforme diâmetro das furações.

GABARITOS N°	DIÂMETROS DAS FURAÇÕES INDICADAS NO DESENHO
40124	11 mm
40125	13 mm
40126	16 mm
40127	18 mm
40128	20 mm
40129	23 mm
40130	25 mm
40131	28 mm
40132	30 mm
40133	37 mm

Nota: Diâmetros não indicados na tabela 5, utilizar paquímetro para conferência dos furos, baseando-se no desenho de fabricação.

Fonte: (WEG, 2024b).

Tabela 3 – Matriz de decisão, baseada no mapa dos processos.

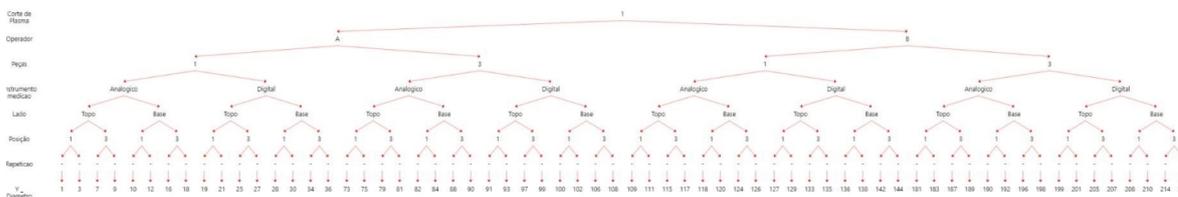
Cc	Cr	Fonte de variação / Variável	Preciso aprender?	Habilidade de controle	Decisão	Experimento
X	C	x1.1 - Espessura de chapa	Sim	Alta	Controlar	COV
	C	x1.2 - Tipo de material	Não	Alta	Fixar	
X	C	x1.3 - Especificação do tamanho do diâmetro	Sim	Alta	Controlar	COV
X	C	x2.1 - Máquina de corte	Sim	Alta	Controlar	COV
	C	x2.2 - Parâmetros de corrente do programa	Não	Alta	Fixar	COV
	C	x2.3 - Velocidade de corte da máquina	Não	Alta	Fixar	
X	C	x2.4 - Falta de utilização de ferramenta de programação	Sim	Alta	Controlar	COV 2, COV 3
	C	x2.5 - Regulagem do kerf	Não	Alta	Fixar	
X	C	x2.6 - Altura da tocha	Sim	Alta	Controlar	COV
	C	x2.7 - Sentido de corte	Não	Alta	Fixar	
	C	x3.1 - Velocidade de corte da máquina	Não	Alta	Fixar	COV
	C	x3.2 - Vazão do Gás	Não	Alta	Fixar	
X	N	x3.3 - Desgaste do consumível	Sim	Baixa	Controlar	COV
X	C	x3.4 - Limpeza da mesa	Sim	Alta	Controlar	COV
X	C	x4.1 - Medição das furações	Sim	Alta	Controlar	MSE
X	C	x4.2 - Operador	Sim	Alta	Controlar	MSE
X	C	x4.3 - Peça	Sim	Alta	Controlar	MSE
X	C	x4.4 - Instrumento de medição	Sim	Alta	Controlar	MSE
X	C	x4.5 - Lado (Topo/Base)	Sim	Alta	Controlar	MSE
X	C	x4.6 - Posição	Sim	Alta	Controlar	MSE

Fonte: Autoria própria.

ou digital), a posição do corte (topo ou base), a repetição e o diâmetro da furação. A análise das amostras, que envolvem diferentes peças identificadas com códigos Figura 28, permitiu compreender a variação nas condições de corte e a relação desses parâmetros com a qualidade da furação. A metodologia adotada facilitou a avaliação das fontes de variação e possibilitou o aprimoramento do controle de processo.

Como resultado da MSE, não foram identificadas causas especiais relacionadas a problemas de estabilidade. Os picos observados nos dados são atribuídos às diferenças entre os valores de medição do topo e da base, conforme evidenciado nos gráficos de amplitude móvel de diâmetro (Seção A.9) e de medições individuais de diâmetro (Seção A.10). Além disso, não foram detectadas tendências ou comportamentos não aleatórios na repetição das medições, tanto para os operadores quanto para os instrumentos. Essa conclusão é corroborada pela análise visual do gráfico de múltiplas variáveis para o diâmetro (Seção A.11).

Figura 27 – Árvore de amostragem.



Fonte: Autoria própria.

Figura 28 – Peças identificadas com códigos para MSE.



Fonte: Autoria própria.

Ao avaliar a discriminação do sistema de medição, observou-se que ambos os sistemas apresentaram mais de cinco patamares distintos. Calculando-se para um subgrupo de tamanho 3, os números de patamares identificados foram 9 para o sistema analógico e 12 para o digital, o que é claramente observado no limite de fase das amplitudes (Seção A.12). Esses resultados indicam que os sistemas de medição possuem discriminação suficiente para diferenciar variações no processo, sendo adequados para a análise de controle do diâmetro.

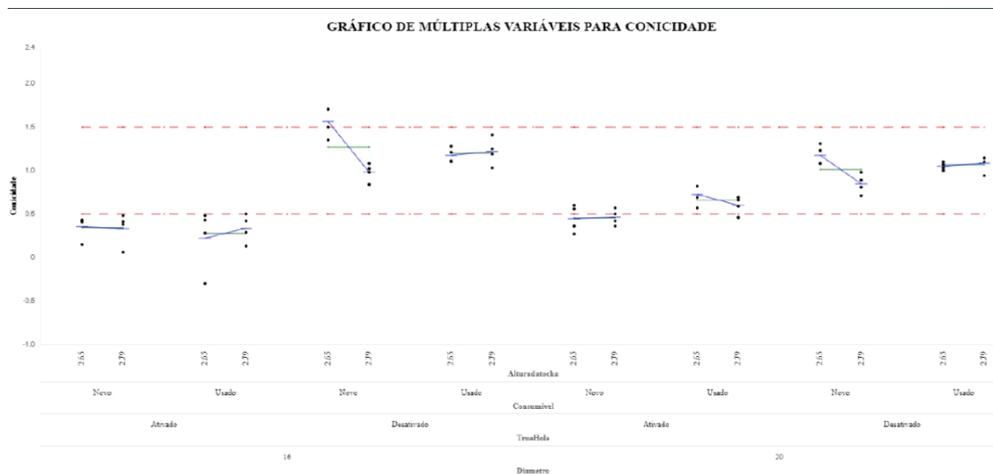
Em relação à reprodutibilidade do MSE, observa-se, por meio da análise gráfica apresentada na Seção A.13, que as médias e as variações das medições são semelhantes entre os inspetores, indicando consistência nos resultados. Adicionalmente, constatou-se que as médias entre os instrumentos de medição também são similares, com comportamento das medidas alinhado e variação equivalente, conforme evidenciado na Seção A.13.

O MSE apresentou uma taxa de variação inferior a 10%. Além disso, considerando que o *p-Value* é superior a 5%, conclui-se que a diferença entre a média dos valores medidos pelos paquímetros analógico e digital em relação ao valor padrão não é estatisticamente significativa. Portanto, o sistema de medição foi aprovado em termos de acurácia. Adicionalmente, verificou-se que os instrumentos de medição estão

devidamente calibrados, com os selos de calibração em dia, e atenderam aos critérios estabelecidos na avaliação com o MMC.

Por fim, para completar o estudo, é feita a análise prática, primeiramente analisando o comportamento do gráfico da Figura 29, não foram observadas possíveis causas especiais e também não foi observada uma tendência nos dados. Entretanto, Foi possível comprovar que para espessura 12,7 mm, a recomendação de corte na plasma 300 (Norma WPR - 39092), é o mais indicado principalmente para diâmetro 16 mm. A opção de baixar altura da tocha não apresentou uma melhora significativa, o mesmo vale para o desgaste do consumível.

Figura 29 – Gráfico de múltiplas variáveis para conicidade.



Fonte: Autoria própria.

Realizando uma análise quantitativa sobre os componentes de variação (Tabela 4), verificou-se que os resultados confirmam que a ferramenta *True Hole* é o fator mais significativo, corroborando as análises gráficas realizadas previamente. Além disso, constatou-se que o *True Hole* também pode ser eficiente para espessuras maiores, desde que sejam respeitadas as limitações estabelecidas pela norma WPR 39092. Observou-se ainda que a utilização de consumíveis novos reduz significativamente a variação da conicidade em comparação aos consumíveis desgastados.

Tabela 4 – Componentes de variação do sistema de conicidade.

Componentes de Variação 🔍

Componentes	Desvio Padrão	Variância	Total (%)
Total	0.5456381	0.2977210	100
TrueHole	0.4805191	0.2308986	77.5553776
Within	0.1534387	0.0235434	7.9078842
TrueHole*Diametro	0.1472192	0.0216735	7.2797983
Consumível*TrueHole*Alturadatocha*Diametro	0.1017566	0.0103544	3.4778885
TrueHole*Alturadatocha	0.0728319	0.0053045	1.7816971
Consumível*Alturadatocha	0.0645997	0.0041731	1.4016880
Consumível*Diametro	0.0421120	0.0017734	0.5956647
Alturadatocha	0.0000668	4.46e-9	0.0000015
Alturadatocha*Diametro	0	0	0
Consumível*TrueHole	0	0	0
Diametro	0	0	0
Consumível	0	0	0

Fonte: Autoria própria.

4 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DOS PLANOS DE AÇÃO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento e a implementação dos planos de ação elaborados para solucionar ou mitigar os principais problemas identificados na seção de preparação de componentes para fabricação de transformadores. A abordagem adotada foi estruturada com base nas ferramentas do *Lean Manufacturing* e nas melhores práticas de gestão de processos. A Seção 4.2 descreve a implementação do formulário de controle de entrega (Plano de Ação A01), criado para organizar e padronizar o registro de informações relacionadas às entregas realizadas às linhas de montagem. Na sequência, a Seção 4.3 aborda a adoção de um sistema *Poka-Yoke* visual nas ordens de produção (Plano de Ação A02), visando reduzir erros humanos na interpretação de documentos operacionais.

A Seção 4.4 apresenta a automação das esteiras do painel corrugado (Plano de Ação A04), uma solução desenvolvida para atender à crescente demanda por painéis e aumentar a eficiência do processo produtivo. Já a Seção 4.5 detalha a aquisição de uma máquina CNC para solda de pinos roscados (Plano de Ação A12), com o objetivo de reduzir o índice de retrabalho e aprimorar a qualidade do produto final. No contexto de armazenamento, a Seção 4.6 discute o estudo e implementação de novas estruturas de armazenamento na seção (Plano de Ação A17), focando na organização e no controle de estoques. Por fim, a Seção 4.7 apresenta o plano de redução de variações de conicidade em furações realizadas com máquinas de corte plasma CNC (Plano de Ação A43), alinhando a precisão do processo aos requisitos de qualidade exigidos.

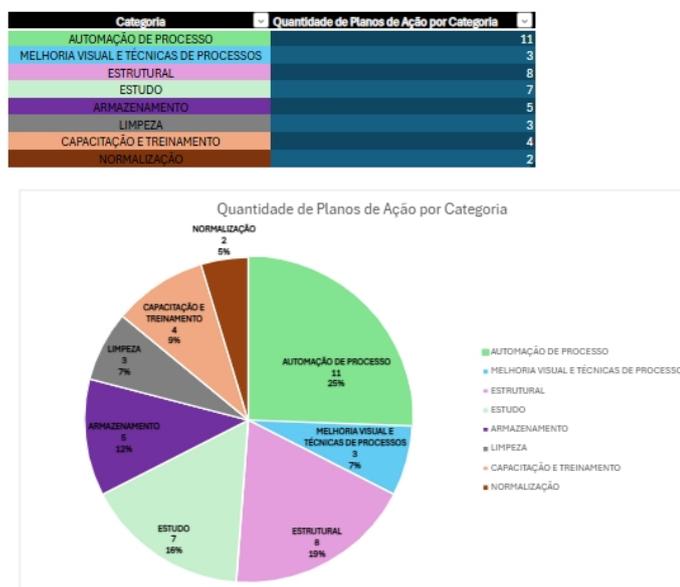
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Após o levantamento e análise dos principais problemas enfrentados pela seção, conforme detalhado no Capítulo 3, foi elaborada uma série de planos de ação com o objetivo de melhorar os indicadores de desempenho da seção, mitigando ou solucionando os problemas identificados. Os planos de ação foram categorizados para facilitar o acompanhamento e a gestão dos projetos, como ilustrado na Figura 30. Essa categorização permitiu uma análise organizada e estratégica, segmentando os planos de acordo com sua natureza e finalidade. As categorias definidas e a quantidade de planos em cada uma são apresentadas também na Figura 30.

Além da categorização, foram atribuídos responsáveis para cada plano de ação, de modo a garantir uma gestão personalizada e eficiente. Essa abordagem permite maior controle sobre o andamento de cada projeto e a identificação rápida de eventuais barreiras ou necessidades de ajustes.

Dada a ampla quantidade de planos de ação, esta monografia optou por abordar em detalhes apenas uma seleção dos projetos mais representativos ou impactantes.

Figura 30 – Quantidade de entregas feitas pelos preparadores para as diferentes linhas de montagem.



Fonte: Autoria própria.

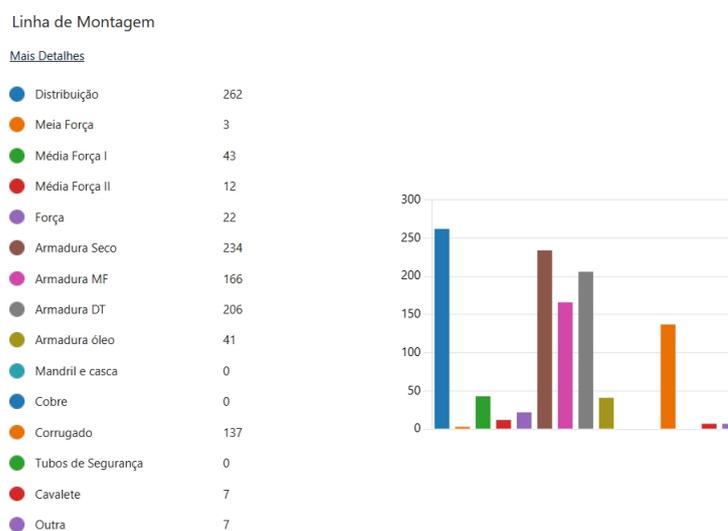
Esses planos foram escolhidos por sua relevância estratégica, impacto direto nos indicadores da seção e potencial para servir de modelo para outras iniciativas. A seguir, nas próximas seções, serão detalhados os processos de desenvolvimento e implementação desses planos de ação, evidenciando as estratégias adotadas, os resultados esperados e as melhorias alcançadas em cada caso.

4.2 A01: IMPLEMENTAÇÃO DO FORMULÁRIO DE CONTROLE DE ENTREGA

O Plano de Ação A01 foi desenvolvido com o objetivo de mitigar o **Problema P01: Dificuldade de Levantamento de Informações de Entregas**. Este plano de ação foi categorizado como Automação de Processo, sendo conduzido com base na metodologia *Quick Kaizen*, voltada para a implementação ágil de melhorias. A iniciativa também foi registrada no banco de melhorias *Kaizen*, reforçando o compromisso da organização com a melhoria contínua e a padronização dos processos.

A proposta consistiu na criação de um formulário de controle de entregas, desenvolvido em *Excel*, que pode ser facilmente acessado e preenchido pelos preparadores por meio de dispositivos móveis, como celulares ou *tablets*. Essa ferramenta foi projetada para simplificar e padronizar o controle das entregas, promovendo a centralização das informações em um único formulário. Essa abordagem possibilitou que os dados fossem registrados de maneira acessível para todas as linhas de montagem, permitindo análises mais completas e eficientes sobre as entregas realizadas pela seção de preparação.

Figura 31 – Quantidade de entregas feitas pelos preparadores para as diferentes linhas de montagem.



Fonte: Autoria própria.

O formulário coleta informações detalhadas, como o preparador responsável, a linha de montagem que recebeu os componentes, o número da ordem de produção, a data de vencimento registrada no SAP, a quantidade de peças, o número do desenho, o número de série, o número do material, o cliente externo, e o número da ordem do conjunto, além de um campo para comentários e observações adicionais. Essas informações centralizadas não apenas garantem maior rastreabilidade, mas também viabilizam a geração de gráficos analíticos que proporcionam uma visão clara sobre desempenho, atrasos e entregas realizadas, facilitando o acompanhamento e a gestão do processo.

A implementação do plano apresentou resultados expressivos. Até o momento, mais de 1200 entregas foram registradas no sistema, com a adesão de 18 dos 22 preparadores, representando uma taxa aproximada de 82%. Entre os números mais significativos estão 262 entregas de distribuição, 234 de armadura de seco e 137 de painéis corrugados, Figura 31.

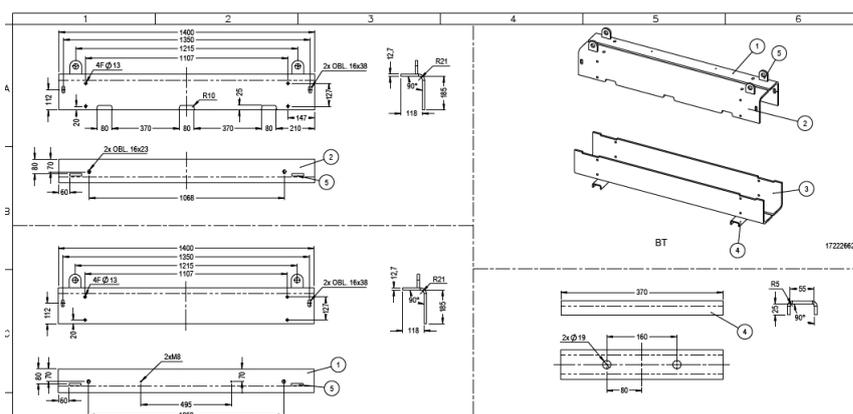
4.3 A02: IMPLEMENTAÇÃO DE POKA-YOKE VISUAL NAS ORDENS DE PRODUÇÃO

O Plano de Ação A02 foi desenvolvido com o objetivo de mitigar o **Problema P02: Dificuldade na Leitura de Desenhos Técnicos de Peças Complexas ou Não Padronizadas**. Este plano de ação foi categorizado como Melhoria Visual e Técnicas de Processos, utilizando o conceito de *Poka-Yoke* como uma ferramenta de prevenção

de erros. A iniciativa foi idealizada por meio de reuniões com os responsáveis da Seção de Projetos de Potência e o chefe da seção industrial de transformadores de força, com o intuito de implementar uma solução prática e eficaz para melhorar a interpretação dos desenhos técnicos pelos operadores no ambiente fabril.

A proposta central consistiu na inclusão de vistas isométricas nas ordens de produção, especificamente para processos que envolvem etapas críticas, como dobra, furação, rosqueamento de pinos, CNC e torno manual. A vista isométrica, por ser uma representação tridimensional simplificada, permite aos operadores compreender com maior clareza as dimensões e orientações das peças a serem fabricadas, reduzindo a ocorrência de erros e o tempo gasto na análise dos desenhos técnicos. Essa solução foi facilitada pela utilização de *softwares* já integrados ao processo de planificação de projetos, como o *SolidWorks* e o *SigmaNest*, que possuem funcionalidades nativas para a geração de vistas isométricas de forma ágil e funcional.

Figura 32 – Vista isométrica em um projeto após o plano de ação A02.



Fonte: Autoria própria.

O plano foi estruturado de maneira a permitir uma implementação progressiva, começando com um projeto piloto que serviu como base para validar a eficácia da solução antes de sua aplicação em larga escala. Essa abordagem visou garantir que os ajustes necessários pudessem ser realizados com base no *feedback* inicial dos operadores e demais envolvidos no processo.

Além de simplificar a interpretação dos desenhos técnicos, a adoção das vistas isométricas nas ordens de produção promove uma melhoria visual significativa, permitindo que os operadores identifiquem rapidamente os aspectos críticos das peças, como ângulos de dobra, posições de furos e orientação geral. Essa mudança contribuiu diretamente para a redução de erros operacionais e retrabalhos, além de melhorar a eficiência e a confiança da equipe durante a execução das tarefas. Embora ainda em andamento, o plano já demonstrou ser uma solução promissora, alinhada às melhores práticas de melhoria contínua e prevenção de falhas.

A inclusão de vistas isométricas não apenas facilita a compreensão dos desenhos técnicos, mas também reforça o compromisso da organização com a inovação e a excelência operacional. A continuidade da ação será monitorada com base nos resultados do projeto piloto seguindo a ideia de melhoria contínua do ciclo PDCA, servindo como referência para sua expansão e aprimoramento, consolidando a implementação do *Poka-Yoke* como um elemento essencial nos processos de fabricação.

4.4 A04: AUTOMAÇÃO DAS ESTEIRAS DO PAINEL CORRUGADO

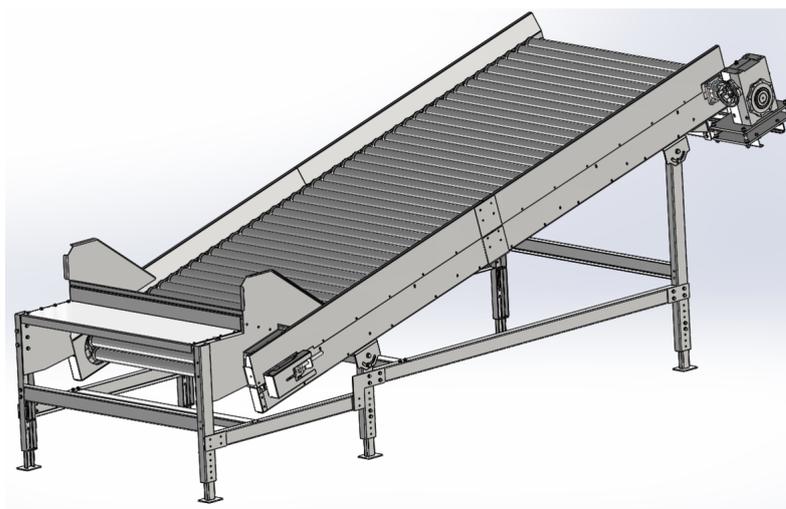
O Plano de Ação A04 foi desenvolvido com o objetivo de mitigar o **Problema P04: Produção de Painéis Corrugados Abaixo da Demanda**, sendo classificado na categoria Estrutural e atualmente em fase de licitação. A proposta visa à automação das esteiras utilizadas no processo de fabricação de painéis corrugados, eliminando gargalos relacionados ao transporte manual entre as etapas do processo. Essa iniciativa busca não apenas aumentar a eficiência e a produtividade, mas também promover um ambiente de trabalho mais seguro, alinhado às exigências da NR-12. Com um investimento avaliado em R\$ X (Seção A.15), o plano se destaca por:

- Reduzir esforços manuais e riscos associados ao transporte de materiais, garantindo maior segurança aos operadores.
- Eliminar interrupções no fluxo de produção, otimizando o tempo de execução e contribuindo para atender à demanda de forma consistente.
- Adequar o processo às normas regulamentadoras, reforçando o compromisso da organização com a conformidade legal e a segurança ocupacional.

A automação das esteiras representa um passo significativo na modernização do processo produtivo, promovendo maior integração entre as etapas e melhorando os indicadores de desempenho na fabricação de painéis corrugados. A decisão de implementar a automação foi motivada por um incidente ocorrido durante a movimentação manual dos painéis corrugados sobre as esteiras, que destacou os riscos associados a essa prática. Além disso, uma análise detalhada do problema, conduzida com a aplicação do método SMED, evidenciou o impacto negativo do transporte manual no tempo de produção e na segurança operacional. O transporte manual, que anteriormente expunha os operadores a condições de risco e resultava em um desperdício de aproximadamente 4 horas diárias, será substituído por um sistema de esteiras automatizadas. Essa mudança visa permitir uma redução de 2,5 minutos por etapa na fabricação de cada painel corrugado, além de assegurar maior eficiência operacional. Adicionalmente, a automação atenderá às exigências das normas de segurança em vigor, como a NR-12, reforçando o compromisso com a saúde e a segurança dos colaboradores.

O projeto prevê a instalação de duas esteiras automatizadas, um exemplo de projeto de esteira automatizada aplicada em processos industriais, similar ao proposto para a fabricação de painéis corrugados, visando otimizar o transporte e aumentar a segurança operacional pode ser visto na Figura 33: uma com 2000 mm e outra com 3000 mm de comprimento. Ambas contam com acionamento por motorreductor, sistema auto-centrante com fusos sincronizados, movimentação sobre guias lineares, e painéis elétricos individuais equipados com botoeiras de acionamento, botões de emergência, e inversores de frequência para ajuste de velocidade. A estrutura fabricada em aço carbono, com usinagem, pintura conforme especificações técnicas, e rodízios giratórios para facilitar a mobilidade. Adicionalmente, o equipamento conta com grades de segurança, portões com chaves de intertravamento, e ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) com laudo de segurança, reforçando o foco em atender às normas da *NR-12*.

Figura 33 – Modelo exemplo de esteira automatizada desenvolvido no *SolidWorks* para otimização do transporte no processo produtivo.



Fonte: Esteira inclinada(SOUZA, 2020).

O projeto, desenvolvido em conjunto com o departamento de engenharia industrial, também contempla a atualização da norma que define as diretrizes de ação dos trabalhadores, alinhando as práticas operacionais às exigências de segurança mais recentes. Além disso, será implementada uma ligação ponto-a-ponto (LPP) para conscientizar os operadores inibindo qualquer risco de acidente no local, reforçando o compromisso com a segurança dos colaboradores e a conformidade com as regulamentações vigentes.

4.5 A12: COMPRA DE MÁQUINA CNC PARA SOLDA DE PINOS ROSCADOS

O Plano de Ação A12 foi desenvolvido para mitigar o **Problema P11: Processo de Solda de Pinos Ineficiente** sendo categorizado como uma iniciativa Estrutural. A proposta prevê a aquisição de uma máquina CNC automatizada para a soldagem de parafusos prisioneiros (pinos roscados) (Figura 34) com o objetivo de melhorar a eficiência operacional, reduzir desperdícios e aumentar a qualidade do processo. Essa ação está em fase de execução, com toda a documentação técnica devidamente registrada e o investimento avaliado em R\$ X (Seção A.16).

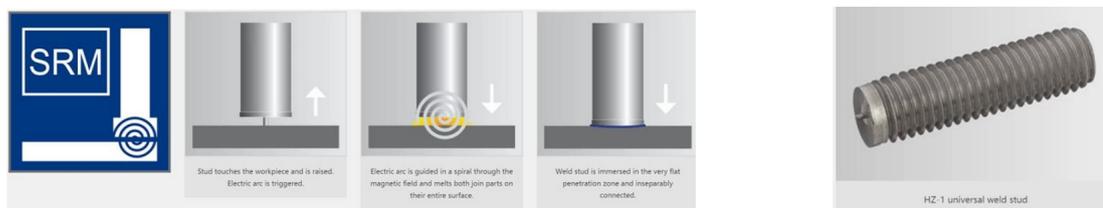
Figura 34 – Máquina CNC para solda de pinos roscados **Soyer KTS-4000 CNC**.



Fonte: (INFOSOLDA, 2024).

A máquina proposta é equipada com um comando CNC *Mitsubishi*, capaz de gerar códigos G automaticamente por meio de interface *CAD/CAM*. O equipamento utiliza soldagem com proteção gasosa (82% Ar | 18% CO₂) (Figura 35) indicada para parafusos com diâmetros menores ou iguais a *M14*. Esse processo oferece melhor uniformidade no cordão de solda, maior controle de penetração e repetibilidade do processo, reduzindo significativamente a necessidade de retrabalhos.

Figura 35 – Processo de fabricação proposto com a compra da máquina CNC para solda de pinos roscados.



Fonte: (INFOSOLDA, 2024).

A decisão de adquirir essa máquina foi motivada pelas limitações do método atual de solda, que utiliza cerâmica como isolante térmico. O processo atual apresenta falhas recorrentes, como falta de uniformidade no cordão de solda, necessidade de

remoção manual da cerâmica, e alto custo com consumíveis. Estima-se que, no último ano, X parafusos, de um total de X consumidos, foram retrabalhados, gerando um desperdício anual de X horas e elevados custos operacionais (Seção A.17). Para uma avaliação mais precisa dos ganhos com a aquisição da máquina, foi feito o estudo de viabilidade econômica para a aquisição da máquina CNC de solda de pinos. Este estudo foi realizado considerando as deficiências operacionais e os custos associados ao método atual.

Com base nos levantamentos realizados (Seção A.18), a nova máquina CNC trás uma economia anual total de R\$ X (Seção A.19), detalhada da seguinte forma: R\$ X (Seção A.19) pela redução no uso de prisioneiros, R\$ X (Seção A.19) com cerâmica, R\$ X (Seção A.19) com gás e R\$ X (Seção A.19) devido à redução de perdas relacionadas à não qualidade, retrabalho e manutenção. No caso específico dos parafusos soldados, a perda de 35% no consumo de parafusos foi avaliada em diferentes bitolas, gerando um prejuízo total de R\$ X (Seção A.19) em materiais intermediários e R\$ X (Seção A.19) em perdas adicionais com manutenção e não conformidades.

O investimento total necessário para a aquisição da máquina foi calculado em R\$ X (Seção A.19), com *payback* projetado de 4,7 anos, indicando que os ganhos acumulados cobrirão o investimento dentro desse período. Além disso, o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) estimado em R\$ X (Seção A.19) reforça a atratividade financeira do projeto, considerando uma taxa de desconto de 14,57% e uma taxa de inflação de 3,5% ao ano (Seção A.19).

O estudo de *payback*, Seção A.20, foi realizado considerando projeções de ganhos ao longo de 10 anos, com incrementos anuais na eficiência e economia proporcionados pela automação e eliminação de processos manuais críticos. A substituição do método atual elimina gargalos no fluxo produtivo, reduzindo os tempos de ciclo e aumentando a confiabilidade das operações. Por fim, a nova máquina CNC trás também benefícios significativos em termos de segurança, ao evitar o manuseio manual e a exposição dos operadores a zonas de risco, melhorando o ambiente de trabalho e reduzindo a probabilidade de acidentes.

Com o novo equipamento, espera-se uma redução de 30% nos custos operacionais e ganhos expressivos de eficiência. A máquina permite:

- Melhor controle de qualidade, com soldagens mais consistentes;
- Redução do tempo de *setup*, otimizando o fluxo produtivo;
- Atendimento às normas de soldagem internacionais;
- Menor custo com consumíveis, substituindo a cerâmica por gás de solda com consumo médio de 0,2 L por parafuso.

- A implementação desse plano também está alinhada ao plano de investimentos 2024 e à crescente demanda por renováveis. O *layout* do equipamento foi projetado para ocupar uma área de 2500 x 3500 mm (Apêndice B) integrando-se de forma otimizada à planta existente.

4.6 A17 - ESTUDO DE ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO NA SEÇÃO

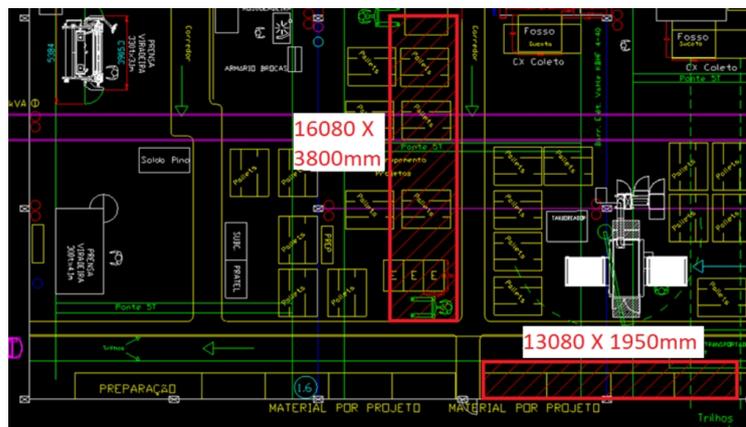
Para solucionar o problema de desorganização no armazenamento de peças sobressalentes e componentes na seção de preparação, foi elaborado um plano de ação baseado na implementação de estruturas de armazenamento verticalizado do tipo *Cantilever*. Esse projeto tem como objetivo otimizar o espaço disponível no galpão, reduzir o desperdício de materiais devido à exposição ao ambiente externo e aumentar a eficiência operacional da equipe, que atualmente enfrenta dificuldades na localização e movimentação de peças.

O estudo considera duas estruturas principais, localizadas em áreas bem estratégicas da seção, visando a redução do tempo de transporte de componentes dentro da seção, o local de instalação pode ser visto na Figura 36. A primeira é o *Cantilever* bifrontal (Figura 37), com quatro níveis (solo mais três andares superiores), dimensões de 16 metros de comprimento por 3,8 metros de largura e 2,5 metros de altura, e capacidade de 1.200 kg por braço, permitindo armazenar até 72 caixas de dimensões de 1.650 x 1.650 x 200 mm, com carga máxima de 2.000 kg.

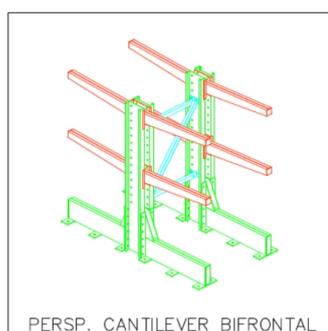
O plano de ação está em fase de licitação com a previsão de um investimento necessário para essa estrutura de R\$ X. A segunda estrutura de *Cantilever* monofrontal (Figura 38), com três níveis (solo mais dois andares superiores), dimensões de 13 metros de comprimento por 1,45 metros de largura e 2 metros de altura, e capacidade de 1.400 kg por braço, possibilitando o armazenamento de até 27 caixas de dimensões de 1.300 x 1.500 x 200 mm, com carga máxima de 2.000 kg. Para essa estrutura, o investimento necessário é de R\$ X (Seção A.21).

Atualmente, as caixas estão espalhadas pelo galpão e pelo pátio externo, ocupando grandes áreas no chão e dificultando o acesso aos materiais, além de expô-los à ação da natureza, o que provoca corrosão em peças de aço, gerando perdas significativas. A capacidade atual de armazenagem é limitada a 53 caixas, devido o espalhamento dessas caixas por toda a seção, como evidenciado na Figura 39, e o uso do pátio externo contribui para a desorganização e ineficiência operacional. Com a implementação das estruturas *Cantilever*, espera-se ampliar a capacidade de armazenagem para até 99 caixas, eliminando o uso do pátio externo e reorganizando o galpão com armazenamento verticalizado. Isso não apenas aumentará a capacidade de armazenagem, mas também facilitará a localização de materiais, promovendo uma maior agilidade no processo de preparação.

Além disso, foi considerado um ganho operacional significativo com a redução

Figura 36 – Layout da seção destacando o local de instalação dos *cantilevers*.

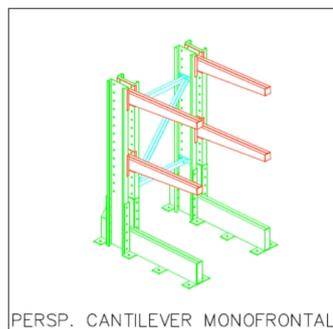
Fonte: Autoria própria.

Figura 37 – *Cantilever* bifrontal projetado.

Fonte: Autoria própria.

do tempo gasto pelos preparadores na busca de materiais. Atualmente, os nove preparadores gastam, em média, X (Seção A.22) minutos por dia nessa atividade, o que, ao longo de um ano com 248 dias úteis, totaliza X (Seção A.22) horas. Com o custo variável de R\$ X (Seção A.22) por hora, a economia estimada é de R\$ X (Seção A.22) por ano, dados da Tabela 5. Essa economia direta, aliada aos benefícios indiretos, como a eliminação de perdas por corrosão e a maior eficiência logística, contribui para o retorno financeiro do projeto (Seção A.22).

O investimento total nas duas estruturas *Cantilever* é de R\$ X (Seção A.22). Considerando os ganhos potenciais anuais e os benefícios operacionais projetados, o *payback* do projeto é estimado em 4,7 anos, conforme os dados do estudo de viabilidade econômica (Seção A.23). Essa iniciativa representa uma solução estratégica para enfrentar um dos maiores desafios da seção de preparação, otimizando o uso do espaço, melhorando a organização e aumentando a eficiência nas operações (Seção A.22).

Figura 38 – *Cantilever* monofrontal projetado.

Fonte: Autoria própria.

Figura 39 – Peças espalhadas pela seção de preparação em caixas.



Fonte: Autoria própria.

Como parte deste estudo, foi desenvolvido um projeto alternativo para as caixas de depósito de componentes, destinadas ao armazenamento e organização de itens nas estruturas de *cantilever*. A solução proposta consiste em paletes de aço que, além de servirem como depósito, podem funcionar como tampo de mesa quando posicionados na estrutura de *cantilever*, agregando funcionalidade ao espaço de trabalho, além de trazer a mobilidade no transporte de componentes.

O projeto estrutural dos paletes de aço foi elaborado utilizando o *SolidWorks*. A estrutura tubular, responsável pela sustentação dos materiais, foi projetada considerando o reaproveitamento de retalhos provenientes da máquina de corte a tubo Laser. A configuração simplificada, composta por três travessões tubulares, garante uma base sólida e resistente, capaz de suportar mais de uma tonelada de componentes de aço como mostra a Figura 40.

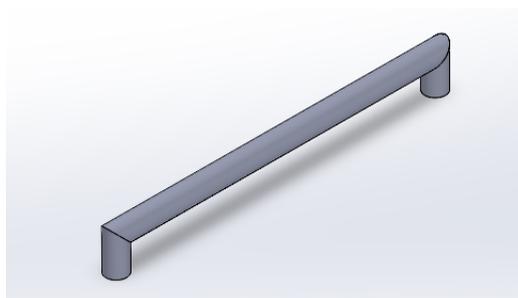
Para a estrutura do tampo, foi projetado um desenho que permite o uso de empilhadeira elétrica para facilitar o transporte dentro da seção. A estrutura, com dimensões de 1500 x 1500 mm e espessura de 6,35 mm, apresenta elevada rigidez, complementando de forma eficiente o sistema de armazenamento da seção, conforme ilustrado na Figura 41.

Tabela 5 – Ganho diário nas tarefas dos preparadores considerando a aplicação do plano de ação - Tabela detalhada no Arquivo Sigiloso (Seção A.22).



Fonte: Autoria própria.

Figura 40 – Estrutura tubular de sustentação de palete de aço

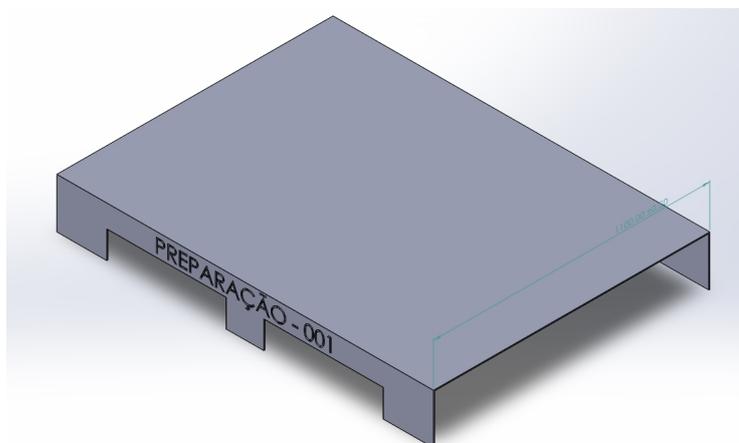


Fonte: Autoria própria.

O programa de corte das chapas e tubos foi desenvolvido utilizando o *software SigmaNest*, garantindo precisão e eficiência no processo. O projeto foi concebido para otimizar o uso de materiais, empregando uma chapa de dimensões 2000 x 2500 mm para o corte de um único palete. Dessa chapa, são utilizados 1803,98 x 1870,31 mm, correspondendo a aproximadamente 67,48% de aproveitamento. O peso total das peças obtidas dessa chapa é de 130,90 kg.

Além disso, o custo para a fabricação de dois paletes de aço foi detalhado em R\$ 2.697,42, considerando R\$ 158,95 de mão de obra, R\$ 2.207,37 de matéria-prima e R\$ 331,10 de soldagem. Assim, o custo unitário de cada palete de aço equivale a

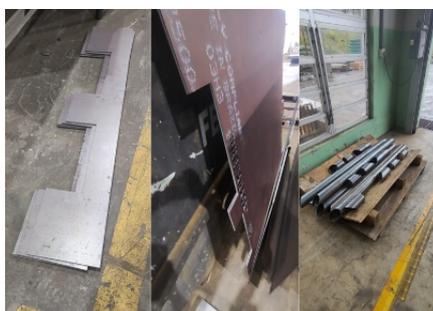
Figura 41 – Estrutura do tampo do palete de aço



Fonte: Autoria própria.

R\$ 1.348,71, aproximadamente 10 vezes maior que o valor de um palete de madeira (R\$ 132,52). Entretanto, o retorno sobre o investimento (*payback*) está diretamente relacionado à durabilidade do material. Enquanto um palete de madeira dura em média 3 meses e um palete de aço possui uma vida útil estimada em 10 anos, uma durabilidade 40 vezes maior. Isso evidencia que o maior custo inicial é compensado pela longevidade e pela redução na necessidade de reposições frequentes, destacando a viabilidade econômica e operacional do projeto. Os resultados do corte das peças, estão representados na Figura 42, demonstrando a eficiência na utilização de recursos e a contribuição para a redução de desperdícios.

Figura 42 – Componentes dos paletes de aço cortados na máquina de corte plasma 300 e tubo laser



Fonte: Autoria própria.

4.7 A43 - REDUÇÃO DE VARIAÇÃO DE CONICIDADE EM FURAÇÃO EM MÁQUINA DE CORTE PLASMA CNC

O plano de ação A43 tem como objetivo minimizar o problema **P61 - Conicidade de furações executadas em corte plasma - Chapa de aço no corte de plasma** por meio da alteração de parâmetros da máquina de corte plasma 300 (Tabela 6). O estudo detalhado dos parâmetros da máquina revelou que essas mudanças garantem uma redução significativa nas especificações de conicidade das furações.

Tabela 6 – Configurações necessárias para redução de conicidade em furação.

Desabilitado	Ativar kerf paralelo
Habilitado	Substituir d EIA
Habilitado	Substituir código G59 d EIA
Habilitado	Substituir código Fd EIA
Habilitado	Substituir seleção processo
Habilitado	Substituir seleção estação

Fonte: Autoria própria.

Com os novos parâmetros e a ativação da ferramenta *True Hole*, houve uma redução notável da conicidade, embora tenha ocorrido um pequeno acréscimo no tempo de corte, ainda assim inferior ao tempo estimado. A diminuição da conicidade também contribuiu para a redução de problemas de montagem, como avarias causadas pela dificuldade de encaixe devido à folga entre as furações.

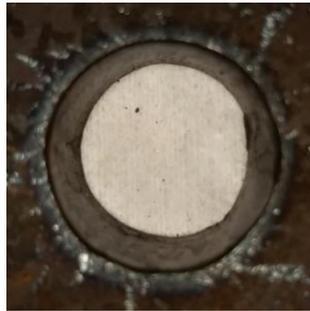
Com a implementação, o custo de não conformidade foi estimado em de R\$ X (Seção A.24), com uma estimativa inicial de redução de 50%, o que equivale a uma economia de R\$ X (Seção A.24). A expansão para outras espessuras e diâmetros de furos está sendo avaliada, o que promete continuar reduzindo custos com não qualidade. A aplicação do sistema *True Hole*, portanto, não só melhorou a precisão dos furos, mas também teve um impacto financeiro positivo, além de reduzir retrabalhos e desperdícios associados à má qualidade das furações.

Adicionalmente, foi elaborada uma LPP (Seção A.25) com o intuito de chamar a atenção dos colaboradores de forma visual para as modificações realizadas nos parâmetros da máquina. A LPP facilita a transmissão de informações por meio de imagens organizadas em uma única folha, permitindo a comunicação “ponto por ponto” de maneira simplificada e gradual, o que acelera o entendimento e a implementação das mudanças.

Comparando as perfurações realizadas na máquina com o sistema de *True Hole* desativado (Figura 43) e ativado (Figura 44), observa-se uma diferença significativa na qualidade dos furos. Foram medidos os valores de conicidade utilizando novos

parâmetros: quatro peças com espessura de 12,7 mm (diâmetro de 16 mm) e duas peças com espessura de 15,8 mm (diâmetro de 20 mm). A ativação do sistema *True Hole* resultou em furos com menor conicidade e maior precisão dimensional, conforme ilustrado nas tabelas Figura 45.

Figura 43 – Furação para a máquina com o sistema de *True Hole* desativado.



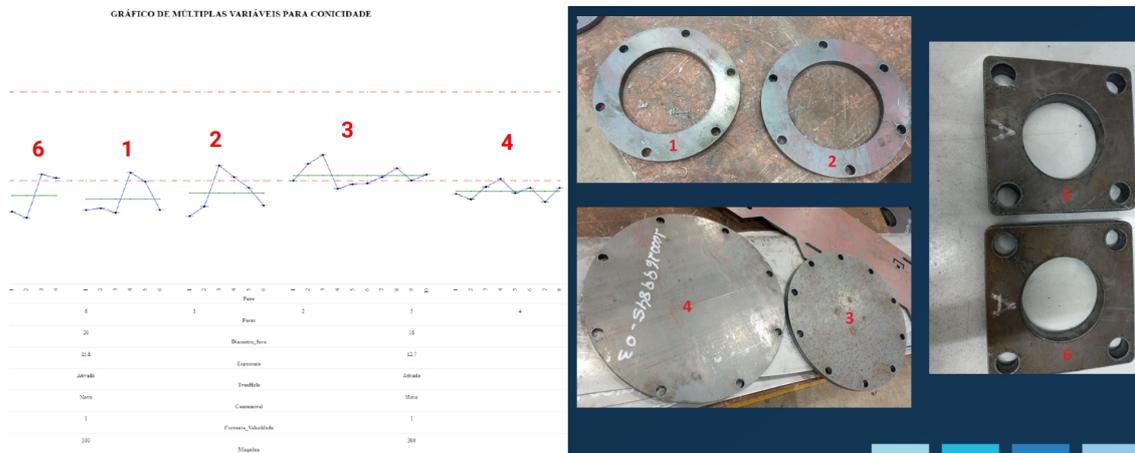
Fonte: Autoria própria.

Figura 44 – Furação para a máquina com o sistema de *True Hole* ativado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 45 – Gráfico de múltiplas variáveis para conicidade.



Fonte: Autoria própria.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Este capítulo apresenta a análise dos resultados obtidos com a aplicação das soluções propostas ao longo do projeto, destacando os impactos tecnológicos, financeiros e organizacionais decorrentes da implementação dos planos de ação. Na Seção 5.1, são discutidos os resultados tecnológicos alcançados, com foco nos avanços em automação e precisão dos processos. Em seguida, a Seção 5.2 explora os ganhos financeiros resultantes, incluindo a redução de custos operacionais, aumento de produtividade e retorno sobre os investimentos realizados.

A Seção 5.3 apresenta os benefícios específicos obtidos com a implementação das práticas *Kaizen*, que promoveram melhorias contínuas em áreas críticas, como eficiência operacional, eliminação de desperdícios e envolvimento das equipes. Por fim, a Seção 5.4 detalha os avanços relacionados à organização, abordando melhorias no controle de estoque, na disposição de materiais e na padronização de processos. Essas análises evidenciam a eficácia das ferramentas *Lean Manufacturing* e das metodologias aplicadas, demonstrando como o projeto contribuiu para a otimização dos processos e para o alcance de resultados sustentáveis e alinhados às melhores práticas do setor.

5.1 RESULTADOS TECNOLÓGICOS OBTIDOS

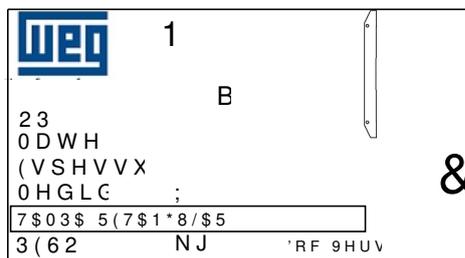
A implementação de inovações tecnológicas na seção de preparação tem gerado impactos positivos e significativos na operação da WEG, com a introdução de soluções que otimizaram vários aspectos do processo de produção. A automação das esteiras do painel corrugado (A04) busca permitir maior eficiência no transporte de materiais, minimizando paradas e erros operacionais que antes ocorriam devido ao transporte manual. As esteiras automatizadas garantem um fluxo contínuo e mais rápido dos componentes para as próximas etapas de produção, impactando diretamente a redução de tempo ocioso das máquinas e operários.

O uso de etiquetas para o controle de componentes (A09) permitiu rastrear a localização e o status dos materiais com maior precisão, aumentando a confiabilidade e a eficiência do controle de inventário. Essa melhoria no controle e organização reduziu os erros de *picking* e os desvios de estoque, garantindo uma gestão mais eficiente e menos sujeita a falhas humanas, pode-se ver um exemplo dessa etiqueta na Figura 46.

A compra da máquina CNC para solda de pinos roscados (A12) é um grande salto tecnológico, trazendo maior precisão e consistência no processo de soldagem, eliminando problemas de qualidade e retrabalho. Essa máquina acelera a produção, pois permite a execução de operações mais complexas com maior velocidade e eficiência, impactando positivamente no tempo de entrega.

A introdução de *tablets* para os preparadores (A14) facilita na identificação de

Figura 46 – Etiqueta usada na identificação de componentes na seção.



Fonte: Autoria própria.

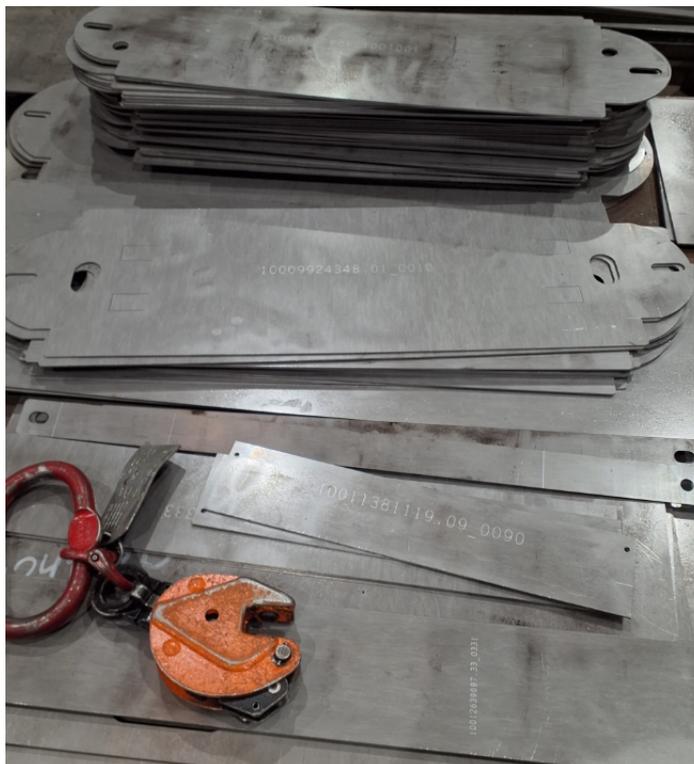
ordens de produção, já que eram acompanhadas e gerenciadas, apenas pelo relatório de corte das máquinas, não se tinha um controle no ambiente fabril. Os operadores com essa ferramenta podem acessar as informações em tempo real, realizar ajustes imediatos e registrar dados diretamente no sistema, o que facilita na comunicação e a transparência nas operações. Essa digitalização do processo também possibilita uma gestão mais eficiente de recursos e tomada de decisões rápidas.

O processo de marcação de desenhos nas peças de distribuição (A19) tem contribuído para garantir que todas as peças sejam identificadas corretamente, evitando erros no processo subsequente de montagem e proporcionando maior precisão no atendimento às especificações técnicas, como mostra na Figura 47. A utilização de macros para a programação (A27) permitiu que potenciais problemas na produção fossem identificados automaticamente, antes que pudessem comprometer a qualidade do produto final ou gerar atrasos na produção.

Outro destaque foi a implementação do controle de retalhos via Sigma Nest (A32), que otimiza a utilização do material e minimiza desperdícios. Essa tecnologia também contribui para a sustentabilidade ao garantir o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, o que tem impacto direto na redução de custos operacionais. A gestão visual para a identificação de carrinhos (A38) trás uma forma mais intuitiva e rápida de localizar e organizar os materiais, reduzindo o tempo de deslocamento e aumentando a produtividade da equipe. Essa solução também introduz a identificação de materiais pela gestão visual, aumentando a visibilidade do *status* dos materiais e a eficiência no armazenamento e transporte de componentes dentro da seção.

Por fim, a aplicação de um protótipo de carrinho de transporte de armaduras (A42) está em andamento e promete otimizar a movimentação dos materiais, reduzindo o risco de danos aos componentes e aumentando a eficiência no transporte. A implementação deste protótipo está focada em melhorar a ergonomia e a segurança dos colaboradores, ao mesmo tempo em que aumenta a agilidade do processo de movimentação, o desenvolvimento do carrinho já está em testes, como mostra a Figura 48.

Figura 47 – Desenhos impressos nos componentes de armaduras de distribuição.



Fonte: Autoria própria.

Figura 48 – Carrinho de transporte de armaduras.



Fonte: Autoria própria.

Além de todas essas melhorias tecnológicas, a redução de variação de conicidade em furações feitas por máquinas de corte plasma CNC (A43) também trouxe benefícios, ao garantir maior precisão nas operações de corte e diminuir as falhas que poderiam gerar retrabalhos e custos adicionais.

Essas tecnologias integradas têm como objetivo não só aumentar a eficiência e a qualidade dos processos, mas também garantir uma produção mais ágil e alinhada

com as melhores práticas de manufatura. A continuidade dessas implementações proporcionará à WEG uma vantagem competitiva significativa, posicionando a empresa de forma mais robusta para atender às exigências do mercado de transformadores elétricos.

5.2 RESULTADOS FINANCEIROS OBTIDOS

A implementação de melhorias na seção de preparação trouxe ganhos financeiros tangíveis e significativos. O projeto de ampliação da seção, com foco em automação, está em andamento com previsão de conclusão para o final de 2025 ou início de 2026, aguardando aprovação da prefeitura de Blumenau. O investimento total para a ampliação do prédio e automação das esteiras é de aproximadamente R\$ X milhões (Seção A.26), com um investimento específico de R\$ X (Seção A.26) na automação, e um *payback* estimado de 6,4 anos.

Esse investimento será crucial para a otimização do fluxo de materiais, a melhoria da capacidade de resposta às demandas emergenciais e a redução de custos operacionais. A automação de processos, como a automação das esteiras, contribuirá diretamente para a redução de desperdícios, otimização de tempo e aumento da eficiência operacional, impactando positivamente no controle de estoques e no tempo de resposta da produção. Em relação aos planos de ação específicos, a máquina de soldar Pino CNC, adquirida como parte do pacote de melhorias, apresentou um *payback* de 4,7 anos, com um ganho financeiro total de R\$ X (Seção A.26). Esse retorno é resultado de ganhos em eficiência, redução de custos com manutenção e melhoria na qualidade dos processos de soldagem.

A análise dos resultados financeiros demonstra que, mesmo com os investimentos iniciais significativos, o retorno financeiro obtido até o momento valida a continuidade e a expansão dos planos de ação. O aumento na eficiência e a implementação de tecnologias mais avançadas, como a automação, estão criando um impacto financeiro positivo, refletindo diretamente nos ganhos reais e potenciais do projeto, como o aumento do retorno sobre o investimento (ROI) e a melhoria nas margens de lucro. Além disso, a relação custo-benefício de cada ação tem sido favorável, com os indicadores de B/C atingindo valores satisfatórios, como 12,1 para os investimentos realizados.

Por fim, a continuidade do projeto, a avaliação dos planos de ação em andamento e a execução das etapas seguintes prometem trazer benefícios financeiros ainda mais expressivos, com previsão de aumento nos ganhos potenciais à medida que o impacto da automação e melhorias estruturais forem consolidados. O *payback* acumulado e o retorno financeiro esperado sustentam a argumentação de que os investimentos realizados, mesmo sendo de longo prazo, serão altamente vantajosos para a organização.

5.3 RESULTADOS OBTIDOS COM IMPLEMENTAÇÃO DOS *KAIZENS*

A análise dos indicadores extraídos do WMS demonstra os ganhos significativos obtidos com a implementação de 100 *Kaizens* na seção de preparação. A mobilização atingiu 100%, com todos os colaboradores participando do programa e propondo ao menos uma melhoria. Isso reflete o engajamento total da equipe na busca por otimização e eficiência.

A Figura 49 apresenta a evolução mensal no número de *Kaizens* implantados, evidenciando um pico de maior atividade em junho, com 21 melhorias registradas, seguido por uma redução nos meses subsequentes. Essa tendência reflete o impacto das ações do projeto, que passaram a priorizar iniciativas estruturais mais complexas, reduzindo temporariamente o número de *Kaizens* enquanto mantinham o engajamento da equipe direcionado para as metas estratégicas.

Figura 49 – Número de *Kaizens* por mês, nível de mobilização da seção e quantidade de *Kaizens* por colaborador.



Fonte: Autoria própria.

Os indicadores financeiros também são expressivos: com um investimento total de R\$ X (Seção A.27), os ganhos potenciais projetados alcançaram R\$ X (Seção A.27), enquanto os ganhos reais somaram R\$ X (Seção A.27). Esse desempenho reflete um retorno expressivo, evidenciado por uma relação benefício/custo (B/C) de 12,1, que demonstra o impacto positivo das ações de melhoria nos custos operacionais e na produtividade, (Seção A.27).

Outro indicador relevante é o *Kaizen* por colaborador, que atingiu a média de 2,0, superando a meta inicial estabelecida. Isso reflete a cultura de melhoria contínua sendo incorporada ao dia a dia da seção. O gráfico de mobilização (Figura 49) também

reforça a trajetória de adesão dos colaboradores ao longo do ano, alcançando 100% já em setembro, o que consolidou o engajamento total.

5.4 RESULTADOS OBTIDOS PARA ORGANIZAÇÃO

O levantamento detalhado de problemas, o mapeamento dos processos e a definição de planos de ação tiveram impactos organizacionais significativos na seção de preparação, abrangendo dimensões como bem-estar dos colaboradores, participação ativa da equipe, impactos financeiros, éticos e ambientais. Essas mudanças já demonstram seu potencial transformador e consolidam um futuro mais eficiente e sustentável para a seção.

A participação ativa dos colaboradores foi um dos pilares centrais do projeto. O envolvimento direto no levantamento de problemas, nas análises e na execução dos planos de ação fortaleceu o engajamento e a valorização da equipe. Todos os colaboradores propuseram, pelo menos, um *kaizen*, evidenciando uma cultura participativa e comprometida. Além disso, a implementação de melhorias como a reorganização dos postos de trabalho por meio do 5S e a otimização do *layout* reduziram esforços desnecessários, promoveram maior segurança e melhoraram as condições ergonômicas, resultando em maior bem-estar no ambiente de trabalho.

Os impactos financeiros positivos são claramente demonstrados pelos ganhos reais e potenciais alcançados com os planos de ação implementados. Até o momento, a seção obteve R\$ X (Seção A.28) em ganhos reais, somados a ganhos potenciais estimados em R\$ X (Seção A.28). Esses resultados refletem os avanços proporcionados pela redução dos tempos de *setup*, diminuição de retrabalhos, aprimoramento no controle de estoque e automação de processos críticos. Um destaque significativo é a relação custo-benefício, com o indicador B/C atingindo 12,1, evidenciando que os investimentos realizados se mostraram extremamente vantajosos para a organização. Vale ressaltar que esses números consideram apenas uma fração dos planos de ação do projeto, sendo esperado um impacto ainda maior após a conclusão e análise detalhada das demais iniciativas em andamento.

O projeto também trouxe avanços significativos no âmbito ético. A normalização de diversas práticas operacionais, que anteriormente eram realizadas sem o devido amparo institucional, um exemplo disso pode ser visto no plano de ação **A25 - Definição de um plano de contingência para casos de Absenteísmo** (Seção A.29), garantiu maior conformidade com normas regulamentadoras, como a NR-12. Isso não apenas assegurou a integridade e segurança dos trabalhadores, mas também reforçou a responsabilidade organizacional frente às boas práticas de mercado. A padronização dos processos proporcionou maior transparência e confiabilidade, promovendo um ambiente mais justo e ético.

6 CONCLUSÃO

No ambiente industrial contemporâneo, caracterizado por exigências crescentes de eficiência, qualidade e competitividade, a aplicação de ferramentas de *Lean Manufacturing* revelou-se uma abordagem essencial para eliminar desperdícios e maximizar o valor agregado aos processos. Este projeto teve como objetivo otimizar os processos da preparação de componentes para a fabricação de transformadores elétricos na WEG, enfrentando desafios críticos como altos tempos de *setup*, movimentações desnecessárias, retrabalhos recorrentes e a falta de controle eficiente de estoques e materiais.

A partir de uma análise aprofundada, utilizando ferramentas como MASP, 5G e 5W1H, foram diagnosticados problemas estruturais e operacionais, incluindo a ausência de padronização nos processos e falhas no planejamento. Para enfrentar esses desafios, foi implementado um conjunto robusto de práticas *Lean*, destacando-se o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) permitiu realizar um mapeamento detalhado dos fluxos de materiais e informações, enquanto a modelagem de processos por meio do BPMN auxiliou na identificação de gargalos e na proposição de melhorias. A aplicação do SMED resultou em uma redução significativa nos tempos de *setup*, e a adoção do sistema *Kanban* introduziu um controle visual mais eficiente, melhorando o fluxo de materiais. Além disso, foram realizadas *Quick Kaizens*, promovendo melhorias rápidas e direcionadas em processos críticos.

Além dessas práticas, o projeto contemplou ajustes estratégicos no *layout* da seção, resultando na minimização de movimentações desnecessárias e na otimização do fluxo de trabalho. Estudos de viabilidade para automação de processos e aquisição de novas máquinas também foram realizados, consolidando uma visão de longo prazo para o aumento da produtividade e segurança operacional.

Os resultados já alcançados demonstram a eficácia das soluções propostas. A redução nos tempos de *setup* e no retrabalho, associada à melhor organização dos estoques e à capacitação dos colaboradores, garantiu uma melhoria expressiva na eficiência operacional. A taxa de retrabalho foi reduzida em 12%, enquanto o engajamento dos colaboradores, por meio de treinamentos e incentivo ao *Kaizen*, superou 80%. O projeto também resultou em um aumento da capacidade de resposta da seção às demandas emergenciais e proporcionou ganhos financeiros, com um *payback* estimado em 5 anos devido à durabilidade e eficácia das mudanças implementadas.

Por fim, a utilização de indicadores de desempenho foi crucial para monitorar e validar os resultados, assegurando que as metas estabelecidas fossem atingidas e, em muitos casos, superadas. Este projeto consolidou-se como um marco estratégico na operação da WEG, alinhando a produção aos princípios de *Lean Manufacturing* e atendendo às exigências de um mercado cada vez mais competitivo. O impacto positivo

das mudanças reforça a importância da aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* como um pilar fundamental para a sustentabilidade e a excelência industrial.

6.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E POSSÍVEIS APRIMORAMENTOS

O projeto atingiu plenamente o objetivo geral de otimizar os processos de preparação de componentes para transformadores elétricos na WTD, eliminando desperdícios, reduzindo ineficiências, aumentando a produtividade e aprimorando a competitividade da empresa. Problemas como retrabalhos, tempos elevados de *setup*, movimentações excessivas e falhas no controle de estoques foram tratados com sucesso. Os objetivos específicos também foram alcançados, destacando-se o mapeamento de processos, automação de tarefas críticas, otimização de *layout*, melhor gerenciamento de estoques, redução de retrabalhos e atrasos, capacitação da equipe e implementação de melhorias visuais e técnicas. Esses avanços trouxeram mudanças significativas na operação da seção.

Embora o projeto tenha alcançado seus principais objetivos, algumas limitações foram evidentes. A liderança conduzida por um estagiário gerou resistência inicial à implementação de certas mudanças. A priorização do projeto, em meio a outras demandas, e a alocação limitada de recursos restringiram o escopo de algumas ações. Além disso, a comunicação com outras seções do parque fabril enfrentou dificuldades, exigindo agendamento prévio de conversas. A grande quantidade de problemas na seção também dificultou o progresso, já que demandas emergenciais frequentemente interrompiam o andamento de planos de ação em desenvolvimento.

Para aprimoramentos futuros, é recomendável estabelecer o projeto como prioridade estratégica, aumentar o engajamento de diferentes níveis e áreas da empresa e integrar as melhorias com outras seções. Isso não apenas ampliará os benefícios já obtidos, mas também assegurará a continuidade das melhorias. Por fim, é essencial monitorar os resultados das ações implementadas e expandir sua aplicação de forma progressiva.

6.2 SUGESTÕES DE TRABALHO FUTURO

Como desdobramento deste projeto, destaca-se a necessidade de concluir os planos de ação ainda em andamento, garantindo que todas as soluções propostas sejam implementadas e consolidadas de forma eficaz. É essencial realizar o monitoramento contínuo dos problemas identificados, revisando os indicadores de desempenho regularmente para ajustar as ações conforme necessário. Isso assegurará que os ganhos obtidos sejam sustentáveis a longo prazo e que eventuais desvios possam ser corrigidos com rapidez.

Além disso, o projeto pode ser expandido para incluir outras seções do departamento, promovendo uma integração mais ampla dos planos de ação. Essa abordagem intersetorial permitiria o desenvolvimento de melhorias mais abrangentes, beneficiando o fluxo geral de produção e gerando impactos positivos em indicadores como *lead time*, qualidade e custos operacionais.

Outra recomendação é a criação de um plano de comunicação estruturado para alinhar os objetivos do projeto às expectativas de todas as áreas envolvidas. Isso ajudará a reduzir resistências à mudança e a aumentar o engajamento das equipes. Por fim, recomenda-se o estudo de novas tecnologias que possam complementar as soluções já aplicadas, como a expansão do uso de ferramentas digitais para controle de processos e integração de dados em tempo real. Essa visão estratégica ampliará o alcance dos resultados positivos, posicionando o departamento como referência em eficiência operacional e alinhamento com as melhores práticas do setor.

REFERÊNCIAS

AALST, Wil van der. Business Process Management: A Comprehensive Survey. **ISRN Software Engineering**, v. 2013, p. 1–37, 2013. DOI: 10.1155/2013/507984.

Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/507984/>.

BLOG, Hinc. **Método PDCA: por que esse ciclo é indispensável para seus projetos?** 2024. Disponível em: <https://hinc.com.br/blog/metodo-pdca>. Acesso em: 18 nov. 2024.

BONITASOFT. **Bonitasoft: The Leading Open Source BPM and Workflow Solution.** [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://www.bonitasoft.com>.

BPMONEY. **WEG: a empresa bilionária que conquistou o Brasil e o mundo.**

Acesso em: 15 nov. 2024. 2024. Disponível em:

<https://bpmoney.com.br/negocios/weg-empresa-bilionarios-brasil/>.

INFOSOLDA. **Soldagem de Pinos: Aspectos Técnicos e Aplicações.** Acesso em: 19 nov. 2024. 2024. Disponível em: https://infosolda.com.br/wp-content/uploads/Downloads/Artigos/processos_solda/soldagem-de-pinos.pdf.

ISIXSIGMA. MASP: Método de Análise e Solução de Problemas. **iSixSigma**, 2007. Explicação da metodologia MASP e sua integração com o ciclo PDCA. Disponível em: <https://www.isixsigma.com>.

IUGA, Maria Virginia; KIFOR, Claudiu Vasile. Lean manufacturing: The when, the where, the who. **Revista Academiei Fortelor Terestre**, v. 18, n. 4, p. 404–410, 2013.

LIKER, Jeffrey K. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer.** New York: McGraw-Hill, 2004. Discute os princípios do sistema de produção da Toyota, base do Lean Manufacturing.

MARIANI, Celso Antonio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **RAI-Revista de Administração e Inovação**, Universidade de São Paulo, v. 2, n. 2, p. 110–126, 2005.

MATEUS JUNIOR, José Roberto *et al.* **Modelo de gestão da ergonomia integrado as práticas da produção enxuta-ERGOPRO: o caso de uma empresa de embalagem de papelão ondulado.** 2013.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system: beyond large-scale production**. [S.l.]: Productivity press, 2019.

RECKER, Jan; ROSEMAN, Michael; ANDREWS, Martha; DERICKX, Christiane. Towards successful business process improvement – An extension. **Journal of Business Research**, v. 103, p. 44–56, 2019. DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.05.017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6881029/>.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. [S.l.]: Lean enterprise institute, 2003.

SOBEK II, Durward K.; SMALLEY, Art. **Applying the Toyota Production System: Practical Advice for Lean Manufacturing Implementation**. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute, 1999. Aborda a implementação do sistema de produção da Toyota e metodologias Lean.

SOUZA, Felipe. **Esteira Inclinada**. Acesso em: 24 nov. 2024. 2020. Disponível em: https://www.behance.net/gallery/101565321/ESTEIRA-INCLINADA?tracking_source=search_projects%7Cesteira+emkt&l=9.

SUNDAR, Rhitwik; BALAJI, AN; KUMAR, RM Satheesh. A review on lean manufacturing implementation techniques. **Procedia engineering**, Elsevier, v. 97, p. 1875–1885, 2014.

TAYLOR, Frederick W. Scientific management: reply from Mr. FW Taylor. **The Sociological Review**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 7, n. 3, p. 266–269, 1914.

WEG. **História da WEG**. Acesso em: 3 nov. 2024. WEG S.A. 2024a. Disponível em: <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/history>.

WEG. **Portfólio de apresentações institucionais internas**. [S.l.: s.n.], 2024b. Documento interno, Jaraguá do Sul.

WEG. **This is WEG**. [S.l.: s.n.], 2024c. Acessado em 15 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/this-is-weg>.

WOMACK, James P. **A máquina que mudou o mundo**. [S.l.]: Gulf Professional Publishing, 2004.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. New York: Simon e Schuster, 1996. Primeiro trabalho a popularizar o conceito de Lean Manufacturing.

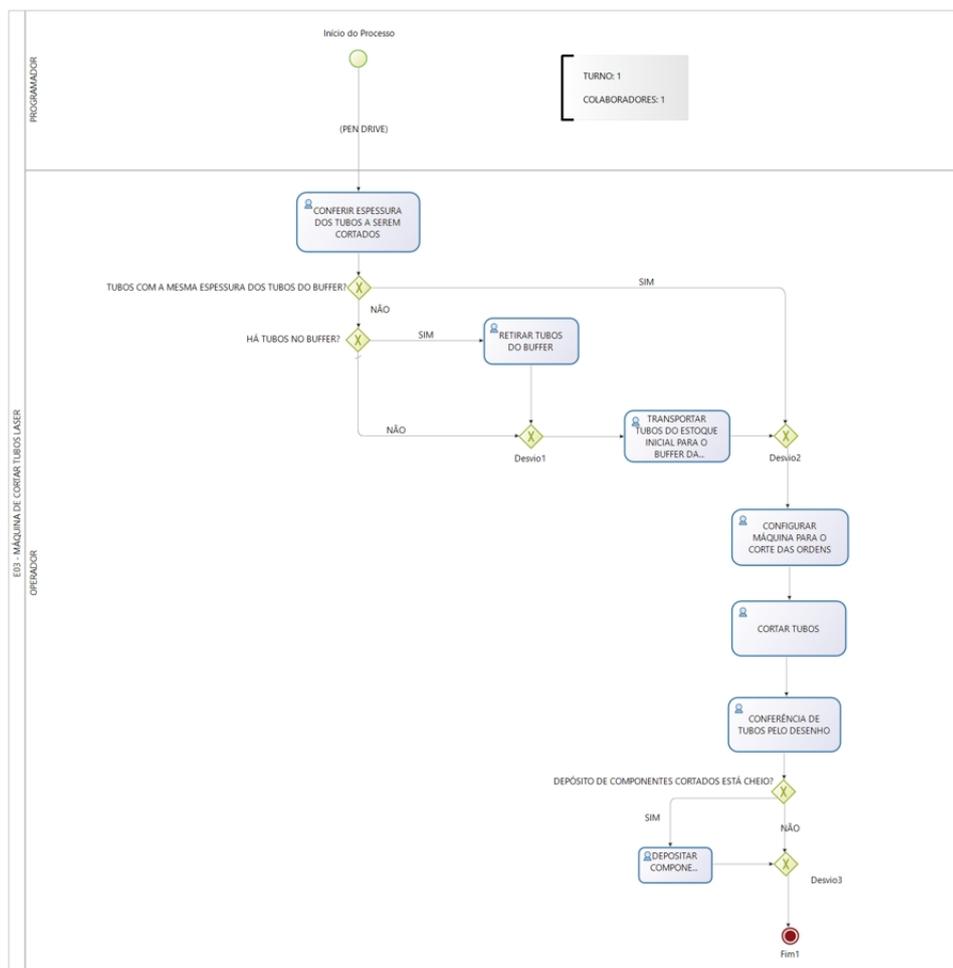
APÊNDICE A – SIGILOS

- A.1 SIGILOS - PREJUÍZO ACUMULADO LEVANTADO PELO PROGRAMA DE INVESTIMENTOS DO WMS.
- A.2 SIGILOS - ANÁLISE CONSOLIDADA DOS INDICADORES DE QUALIDADE (QMS) ATÉ SETEMBRO DE 2024, COMPARANDO DADOS DE QUANTIDADE E CUSTO COM O ANO DE 2023.
- A.3 SIGILOS - REGISTRO DETALHADO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE NO ÚLTIMO ANO, INCLUINDO DEFEITOS, LOCAL DE OCORRÊNCIA, MATERIAIS ENVOLVIDOS E CUSTOS ASSOCIADOS.
- A.4 SIGILOS - REGISTRO DE QMS ASSOCIADAS A PROBLEMAS DE DOBRAGEM NA SEÇÃO DE PREPARAÇÃO.
- A.5 SIGILOS - CUSTO TOTAL DE RETRABALHO EM QMS DE DOBRA AO LONGO DO ANO DE 2023.
- A.6 SIGILOS - TEMPO DE TRANSPORTE MANUAL DE PAINÉIS CORRUGADOS
- A.7 SIGILOS - ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS EM FÁBRICA QUE ENVOLVE SOLDA DE PINOS
- A.8 SIGILOS - CUSTO TOTAL DAS NOTAS QMS RELACIONADAS A CONICIDADE DE FURAÇÕES
- A.9 SIGILOS - GRÁFICO DE AMPLITUDE MÓVEL DE Y.
- A.10 SIGILOS - GRÁFICO DE MEDIÇÃO INDIVIDUAL DE Y.
- A.11 SIGILOS - GRÁFICO DE MÚLTIPLAS VARIÁVEIS PARA Y.
- A.12 SIGILOS - LIMITE DE FASE DE AMPLITUDES.
- A.13 SIGILOS - ANÁLISE DE REPRODUTIBILIDADE DO MSE - MÉDIAS E AS VARIAÇÕES DAS MEDIÇÕES
- A.14 SIGILOS - ANÁLISE DE REPRODUTIBILIDADE DO MSE - MÉDIA ENTRE OS INSTRUMENTOS
- A.15 SIGILOS - INVESTIMENTO NA AUTOMAÇÃO DAS ESTEIRAS DO PAINEL CORRUGADO

- A.16 SIGILOS - INVESTIMENTO NA COMPRA DE MÁQUINA CNC PARA SOLDA DE PINOS ROSCADOS
- A.17 SIGILOS - ESTIMATIVA DE CONSUMO DE PARAFUSOS ROSCADOS EM 2023
- A.18 SIGILOS - ESTUDO DO PROBLEMA DA SOLDA DE PINOS NA SEÇÃO DE PREPARAÇÃO - AVALIAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS EM FÁBRICA (QUALIDADE) .
- A.19 SIGILOS - DETALHAMENTO DO INVESTIMENTO NA COMPRA DA MÁQUINA CNC DE SOLDA DE PINOS ROSCADOS
- A.20 SIGILOS - AVALIAÇÃO DE GANHOS PARA IMPLANTAÇÃO DE MÁQUINA DE SOLDA DE PINOS ROSCADOS.
- A.21 SIGILOS - IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO VERTICALIZADO DO TIPO *CANTILEVER*
- A.22 SIGILOS - TEMPO GASTO PELOS PREPARADORES NA BUSCA DE MATERIAIS
- A.23 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DAS INSTALAÇÕES DAS ESTRUTURAS DE *CANTILEVER* NA SEÇÃO
- A.24 CUSTO DE NÃO CONFORMIDADES DE CONICIDADE EM FURAÇÃO
- A.25 LIGAÇÃO PONTO-A-PONTO - CONICIDADE DE FURAÇÃO EXECUTADA EM CORTE DE PLASMA
- A.26 RESULTADOS FINANCEIROS OBTIDOS
- A.27 INDICADORES FINANCEIROS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS *KAIZENS* NO ANO DE 2024
- A.28 GANHOS REAIS E POTENCIAIS ALCANÇADOS COM OS PLANOS DE AÇÃO IMPLEMENTADOS
- A.29 PLANO DE AÇÃO A25 - DEFINIÇÃO DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA CASOS DE ABSENTEÍSMO

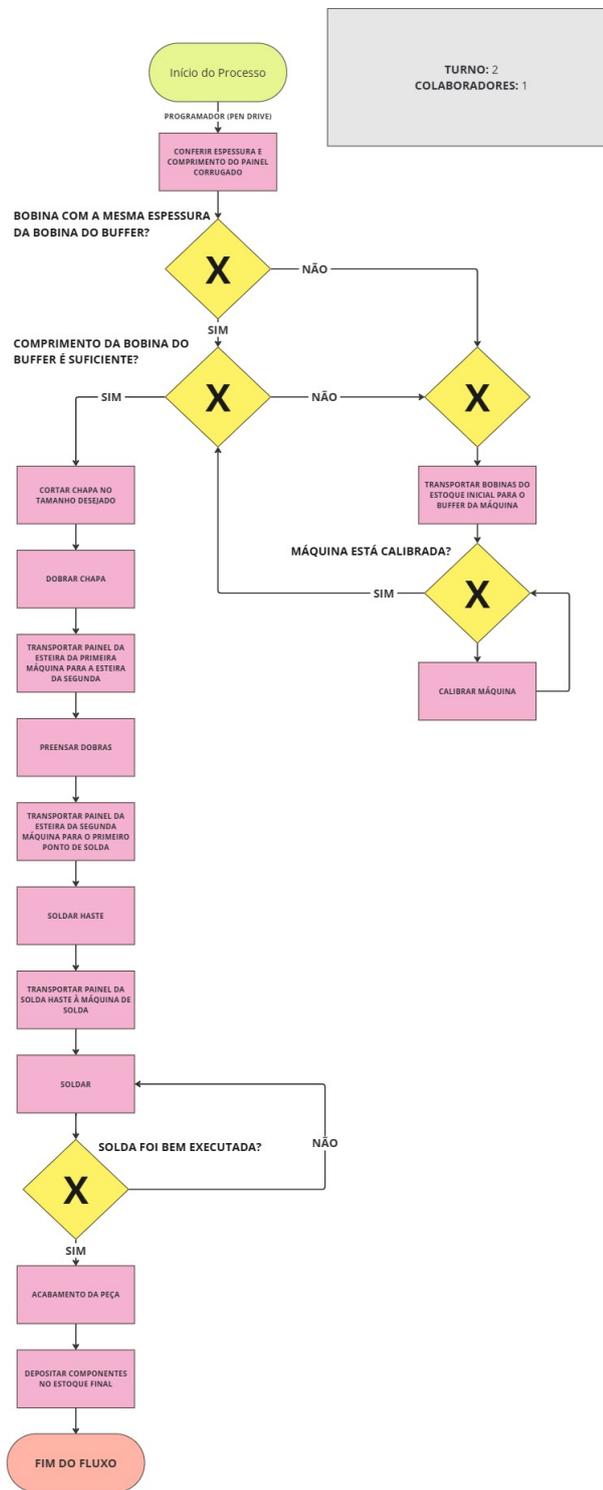
APÊNDICE B – MAPEAMENTO E MODELAGEM DOS PROCESSOS DA SEÇÃO USANDO BPM.

Figura 50 – Modelagem do processo E03 - MÁQUINA DE CORTAR TUBOS LASER utilizando o BPM.



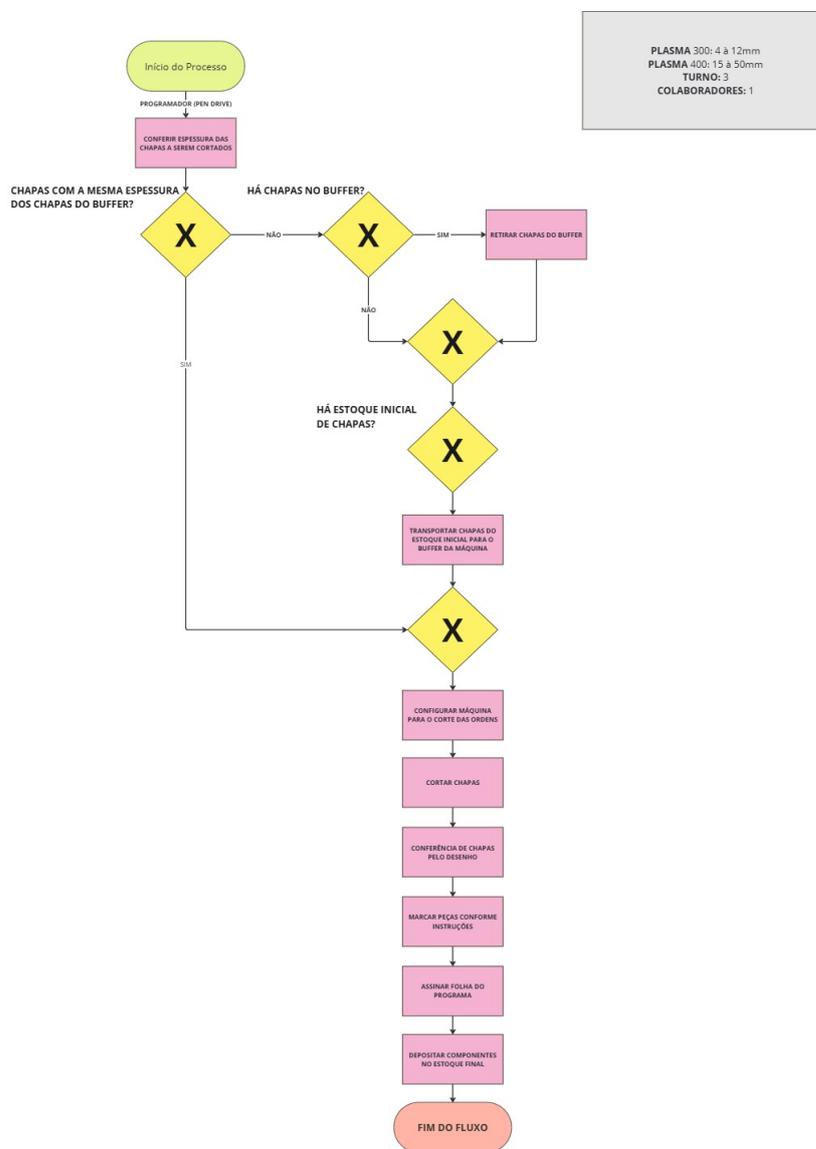
Fonte: Autoria própria.

Figura 51 – Modelagem do processo E04 - PAINEL CORRUGADO utilizando o BPM.



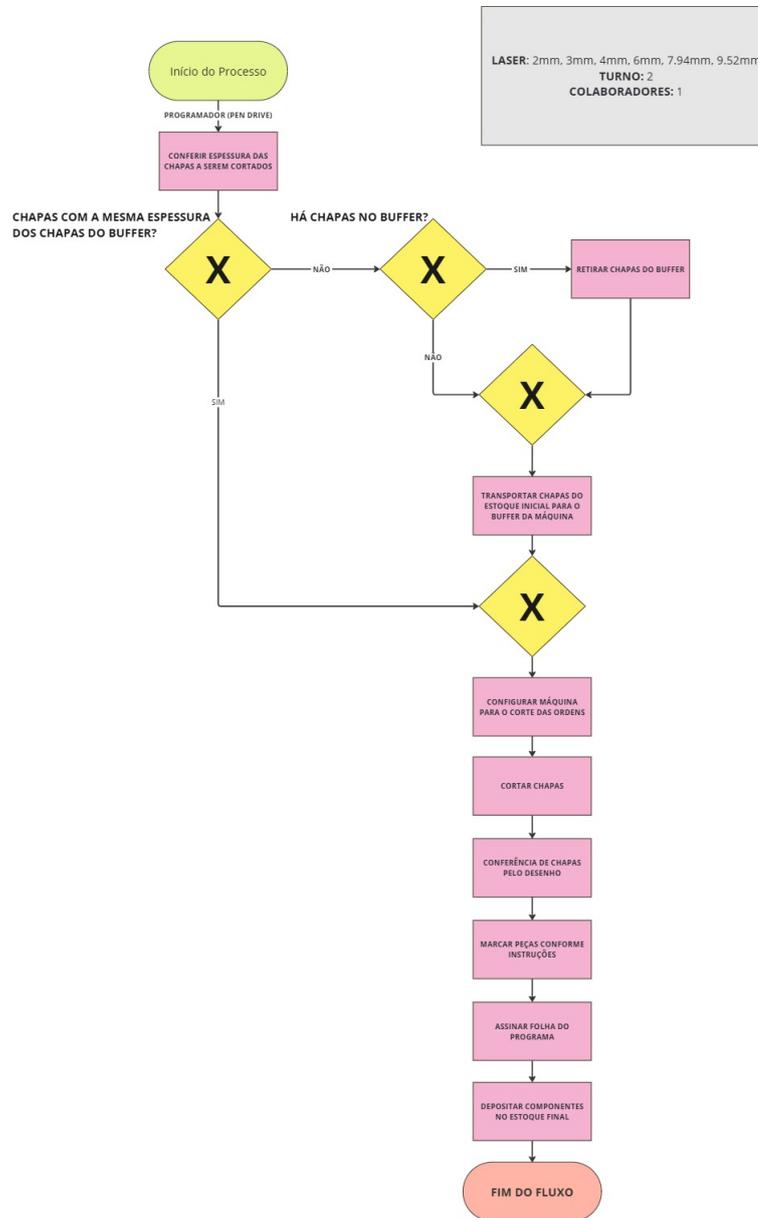
Fonte: Autoria própria.

Figura 52 – Modelagem do processo E05/E06/E07 - MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS PLASMA 300/300/400 utilizando o BPM.



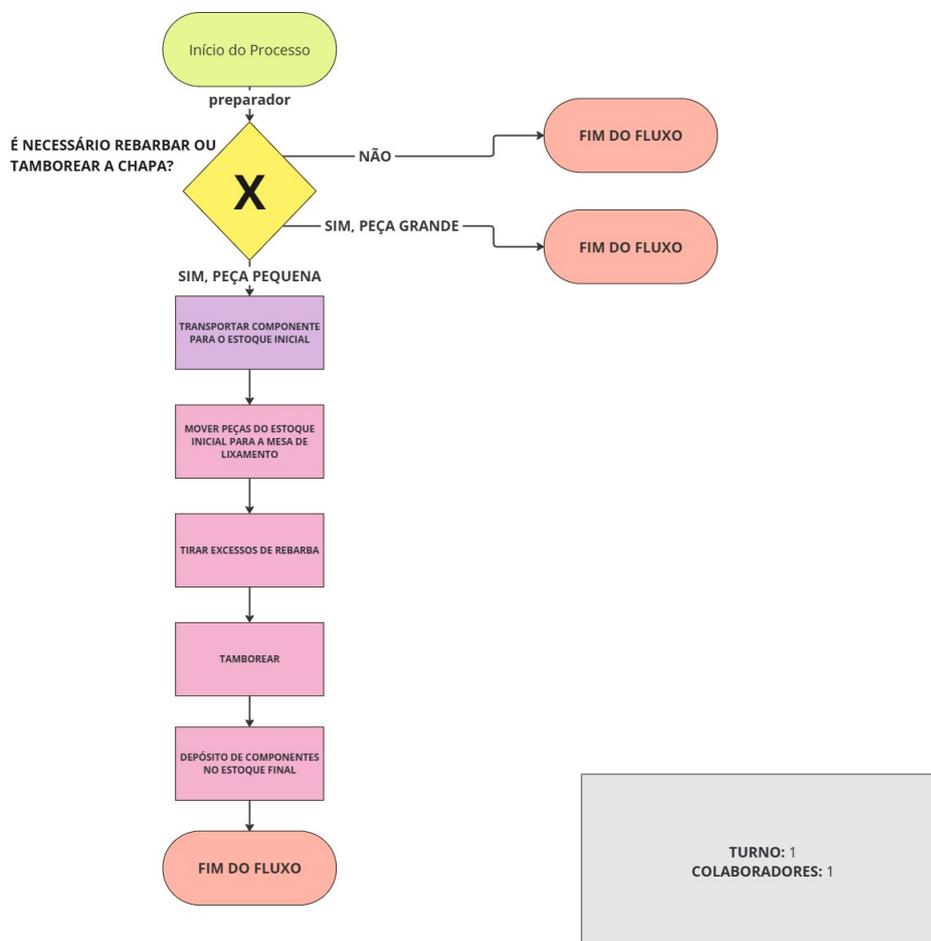
Fonte: Autoria própria.

Figura 53 – Modelagem do processo E08 - MÁQUINA DE CORTAR CHAPAS LASER utilizando o BPM.



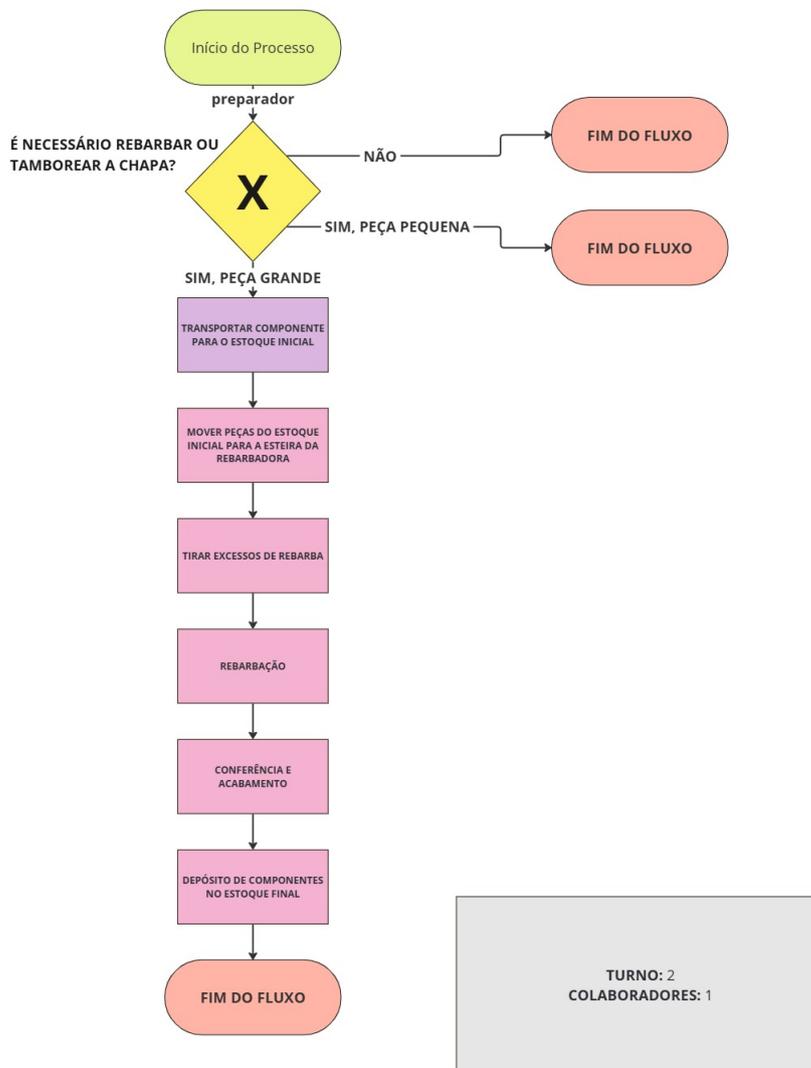
Fonte: Autoria própria.

Figura 54 – Modelagem do processo E09 - TAMBOREADEIRA utilizando o BPM.



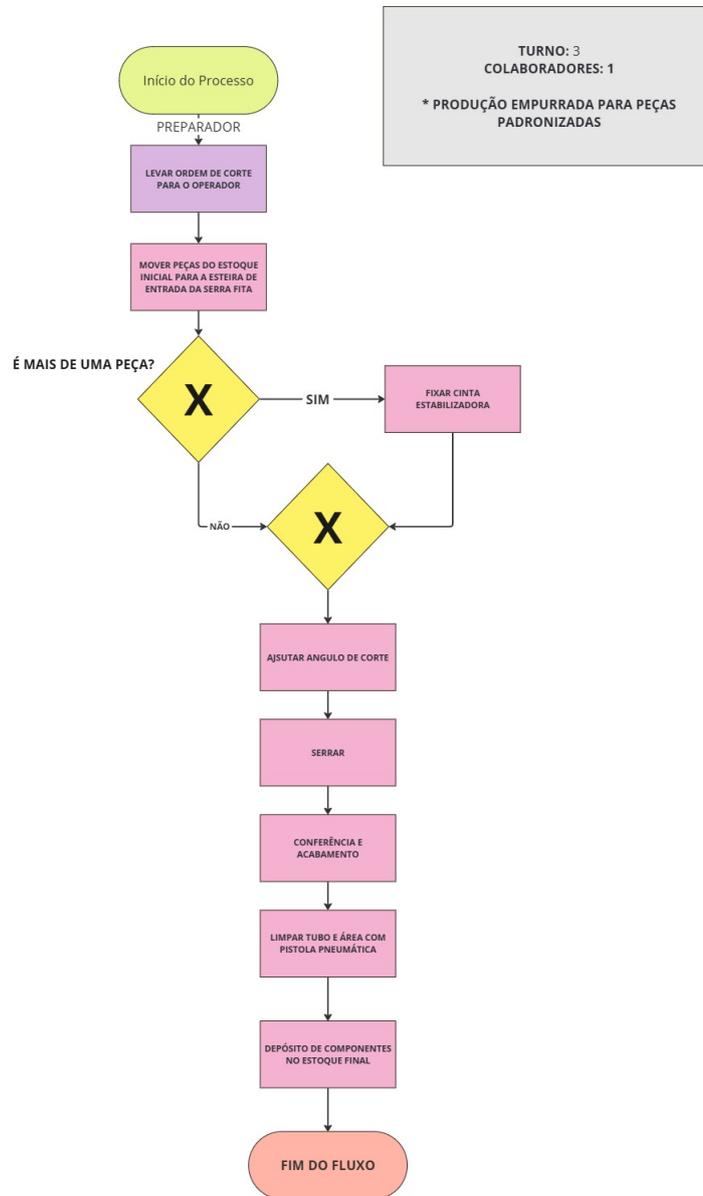
Fonte: Autoria própria.

Figura 55 – Modelagem do processo E10 - REBARBADORA utilizando o BPM.



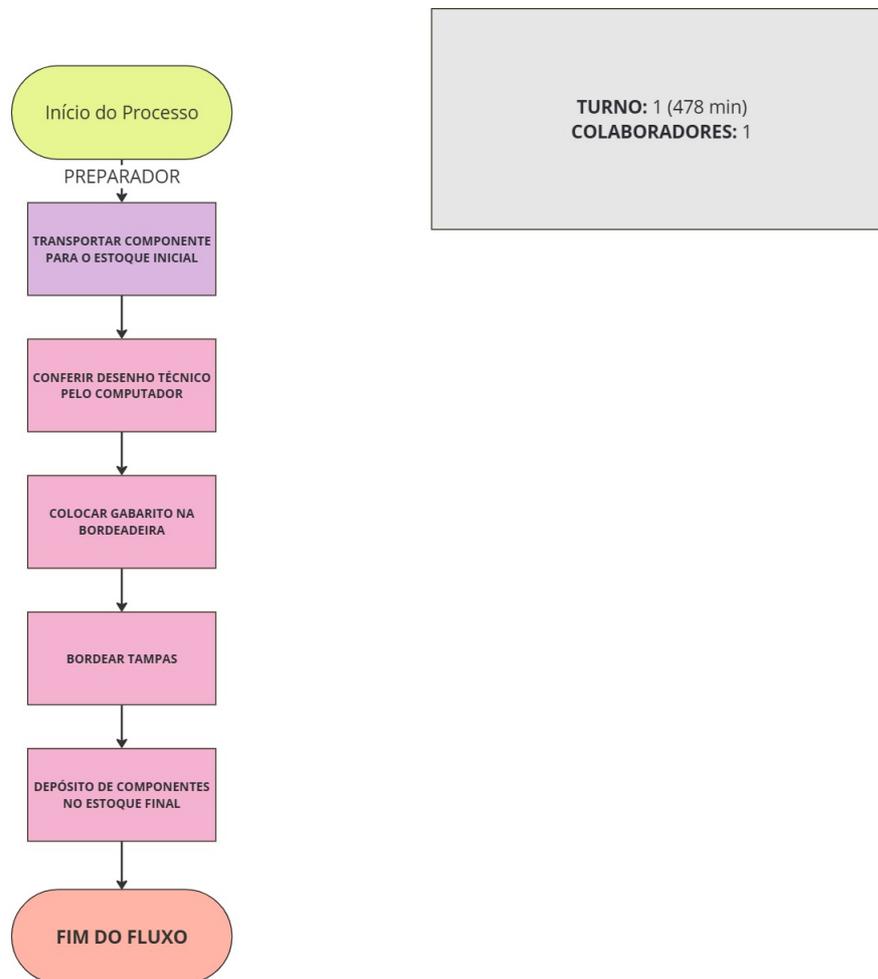
Fonte: Autoria própria.

Figura 56 – Modelagem do processo E11 - SERRA FITA utilizando o BPM.



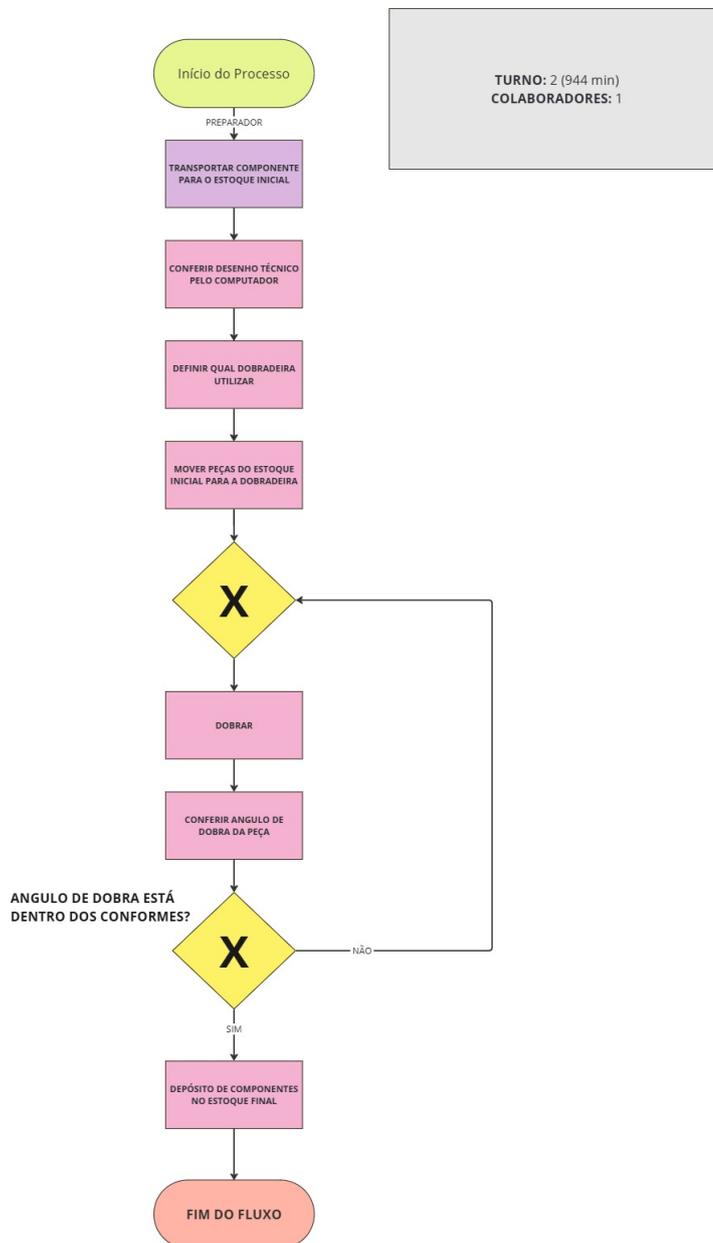
Fonte: Autoria própria.

Figura 57 – Modelagem do processo E12 - BORDEADEIRA utilizando o BPM.



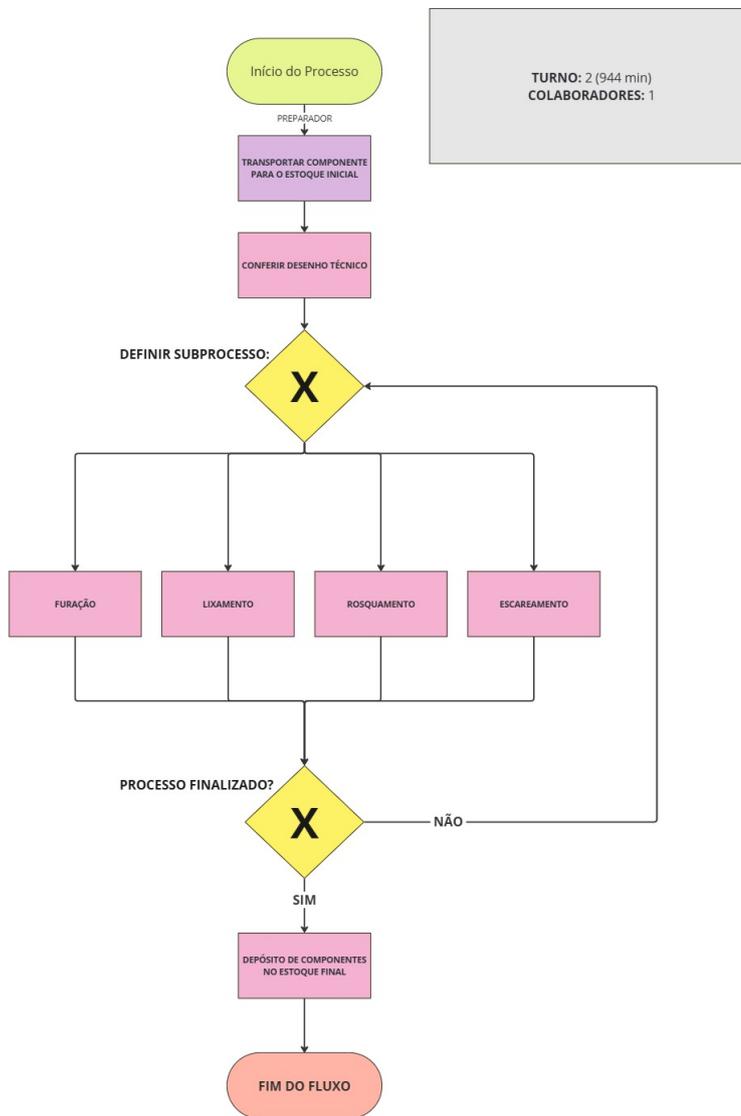
Fonte: Autoria própria.

Figura 58 – Modelagem do processo E13 - DOBRA utilizando o BPM.



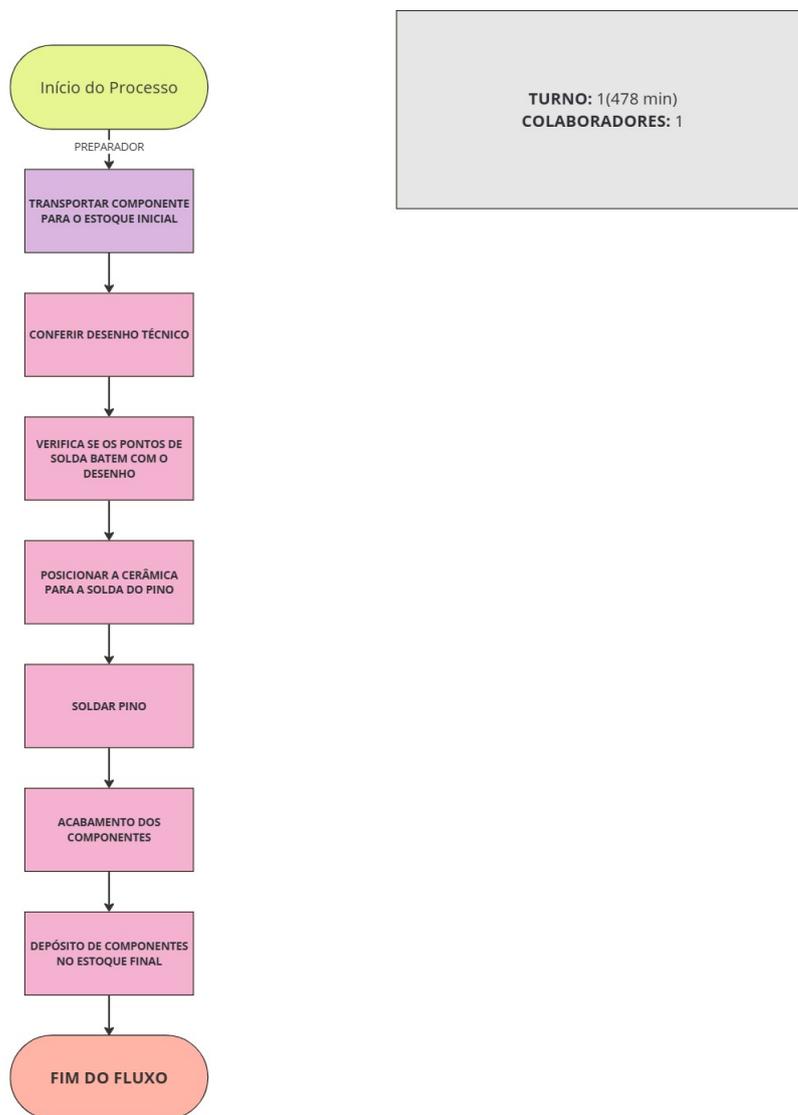
Fonte: Autoria própria.

Figura 59 – Modelagem do processo E14 - FURADEIRA utilizando o BPM.



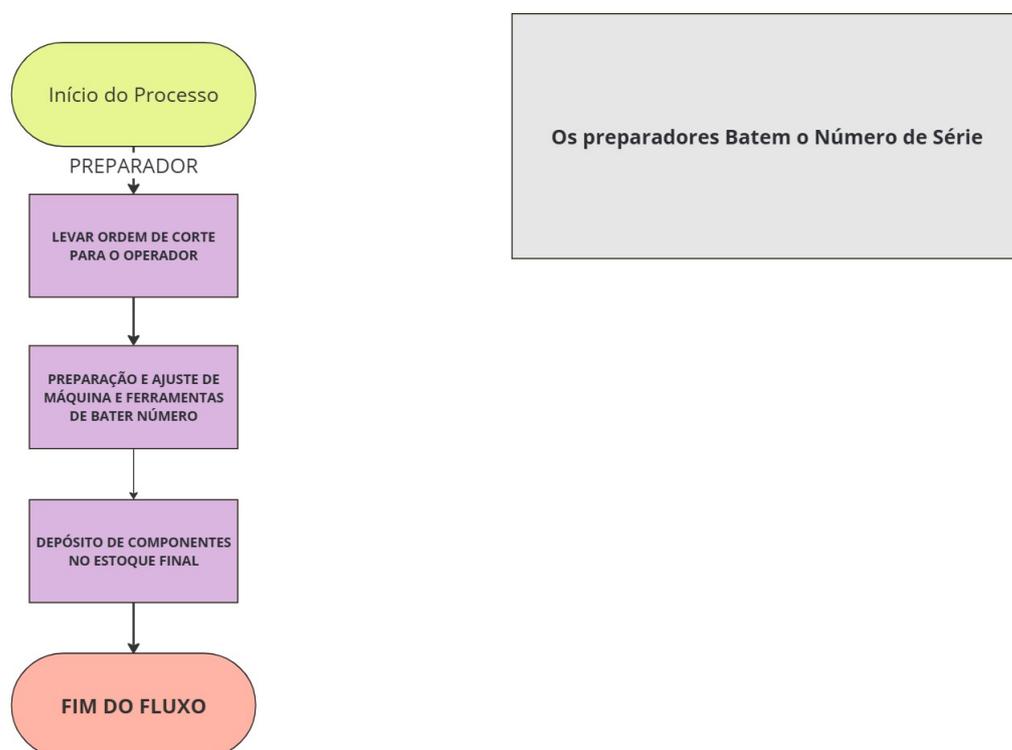
Fonte: Autoria própria.

Figura 60 – Modelagem do processo E15 - SOLDA DE PINOS utilizando o BPM.



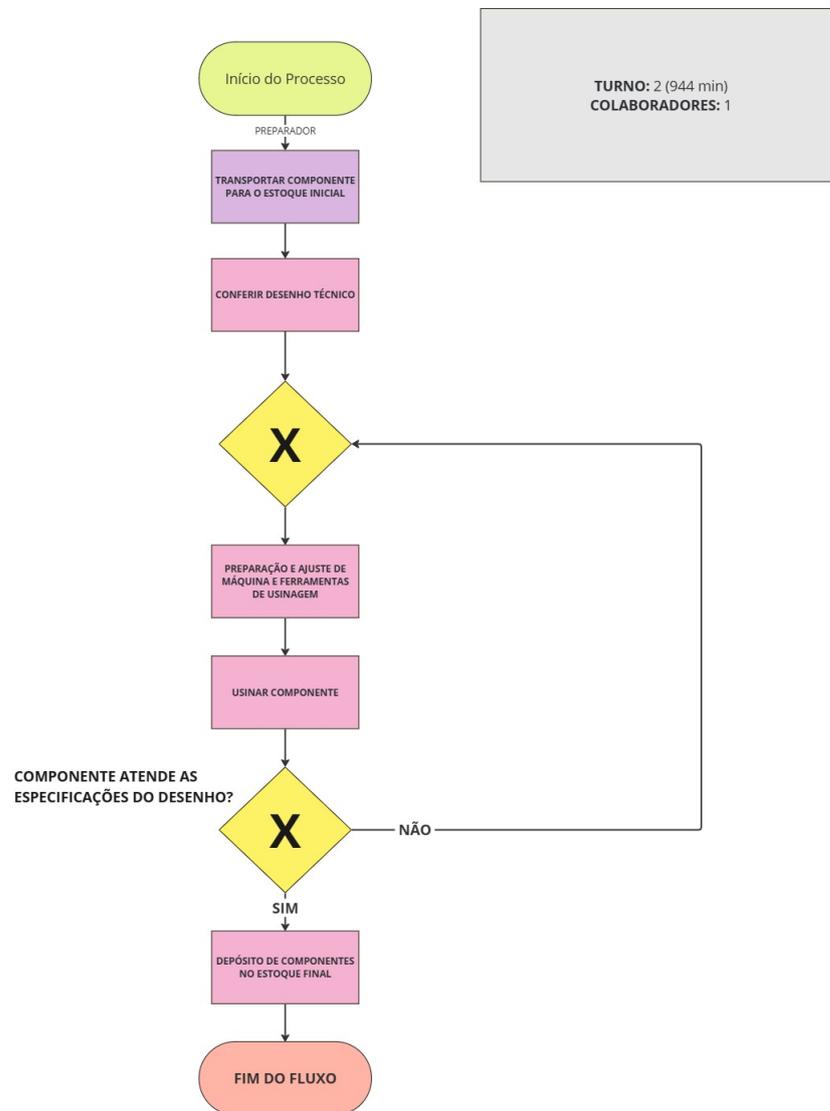
Fonte: Autoria própria.

Figura 61 – Modelagem do processo E16 - BATEDOR DE NÚMERO utilizando o BPM.



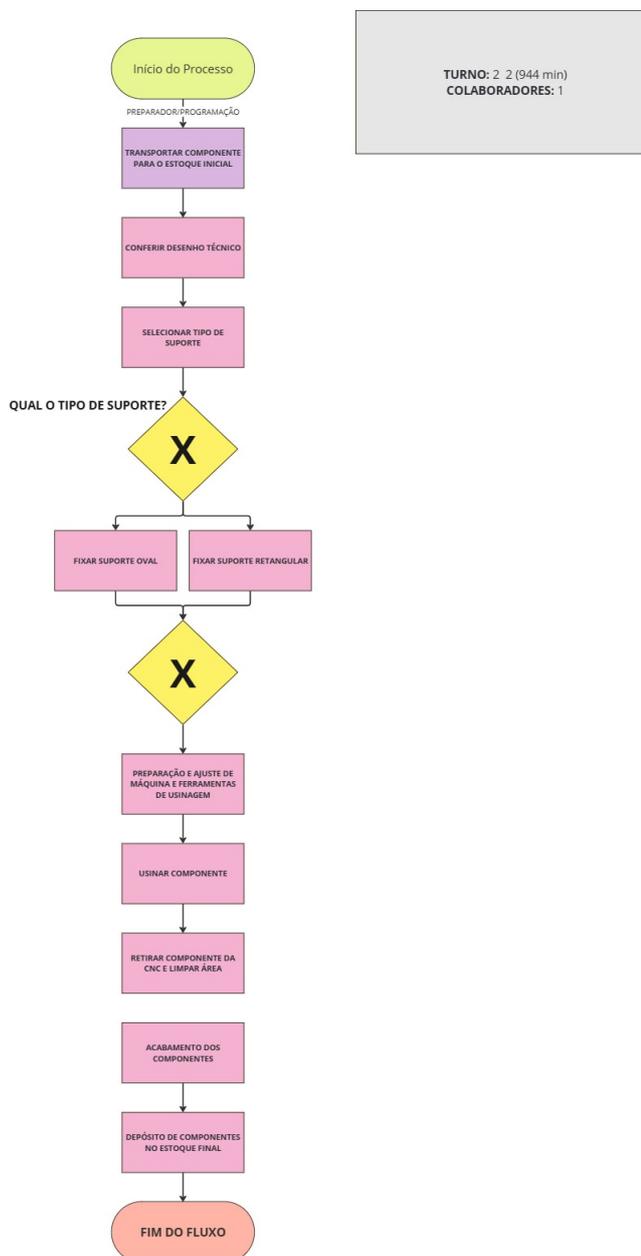
Fonte: Autoria própria.

Figura 62 – Modelagem do processo E17/E18 - TORNO MANUAL utilizando o BPM.



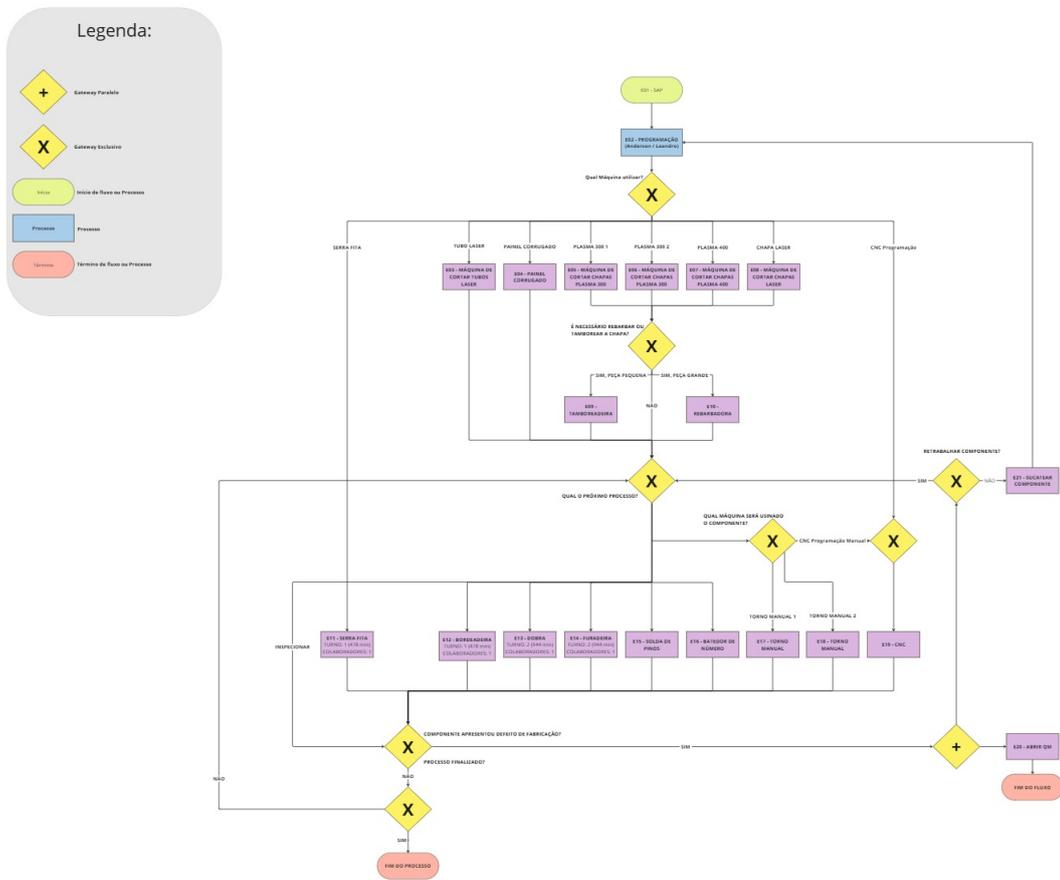
Fonte: Autoria própria.

Figura 63 – Modelagem do processo E19 - CNC utilizando o BPM.



Fonte: Autoria própria.

Figura 64 – Modelagem do fluxograma Principal utilizando o BPM.



Fonte: Autoria própria.

**APÊNDICE C – RESUMO DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE PROBLEMAS
NOS PROCESSOS PRODUTIVOS.**



IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

ID	PRORIEDADE	NOME	Qual?	Quant?	Onde?	Quem?	Qual?	Come?	DESCRIÇÃO RESUMIDA DO PROBLEMA	
P01	ALTA		Dificuldade de levantamento de informações de entrega de componentes feitas pelos preparadores para outras linhas das diferentes linhas de montagem.	Utilização de diferentes planilhas de controle para entrega de componentes.	No ponto final do processo, durante a entrega de componentes para outras seções.	BR-SC-ANAL-16-01-01-SC-01-Preparacao	Preparadores	Todas as entregas de componentes para outras seções.	Preenchimento de planilhas sem padronização e sem fiscalização.	Cada linha de produção utiliza uma planilha de controle de entrega diferente, e que gera dificuldades na padronização entre linhas de montagem, além de complicar o levantamento de informações relacionadas a entrega de itens as montadoras.
P02	MEDIA		Dificuldade na leitura de desenhos técnicos de peças complexas ou que diferem das padrão.	Problemas na leitura de desenhos técnicos.	Durante a conferência de desenhos técnicos para montagem, dobragem e traçado de componentes.	DOBRA FUBRICAL USINA/CM	Operadores	Peças mais complexas ou que fogem dos padrões convencionais.	Dificuldade na interpretação dos desenhos técnicos.	Operadores têm dificuldade na interpretação de desenhos técnicos de componentes mais complexos, resultando em erros como dobra em ângulo ou direção incorreta.
P03	MEDIA		Falta de espaço para armazenamento de Painéis Corrugados sobresselados.	Falta de espaço para o estoque de painéis corrugados sobresselados.	Durante o armazenamento de painéis existentes após o processo de fabricação.	PAINEL CORRUGADO (Estrutura final, próximo a porta de saída)	Operadores	Painéis corrugados sobresselados.	Empilhamento no chão devido à falta de espaço.	A falta de espaço para armazenamento de painéis corrugados sobresselados compromete a segurança e gera danos, pois o operador precisa transportar constantemente e estocar.
P04	MEDIA		Produção de painéis corrugados abaixo da demanda.	Volume de produção de painéis corrugados insuficiente para atender a demanda.	Durante o processo de produção.	PAINEL CORRUGADO	Operadores	Painéis corrugados.	A quantidade fabricada é menor do que a solicitada.	A produção atual não atende o volume de pedidos, o que exige que os máquinas operem constantemente, causando gargalos.
P05	BAIXO		Dificuldade no primeiro ponto de solda manual no fundo do painel corrugado.	O primeiro ponto de solda é realizado manualmente.	Durante a soldagem de haste ao painel corrugado.	PAINEL CORRUGADO	Operadores	Painéis corrugados.	O operador realiza manualmente o primeiro ponto de solda.	O processo manual do primeiro ponto de solda aumenta o tempo de execução e o chance de erro, gerando inconsistência e comprometendo a qualidade.
P06	MUITO ALTA		Agrupamento dos números de ordem escritos nas peças após o tratamento.	Agrupamento dos números de ordem nas peças.	Durante o processo de retirada de rebabas.	TANQUE/REGUA, REVISÃO/COM	Operadores	Peças que passam pelo processo de tratamento.	O processo de tratamento agrupa os números gravados nas peças.	O processo de tratamento agrupa os números de identificação das peças, dificultando o controle pelos preparadores.
P07	ALTA		Estoque excessivo de peças cortadas na serragem.	Acúmulo de peças cortadas.	Após receber ordens padronizadas de corte de tubos.	SERRA FITA	Operadores	Componentes padronizados.	O operador define o estoque manual de peças cortadas sem planejamento adequado.	O operador decide estocar peças cortadas para atender a configuração de série 16a, gerando estoque desnecessário de peças sem atender prior de demanda.

FD2	MUDO BAO	Inteficácia e falta de precisão da corte na Serra-Fita.	Processo manual de corte de tubos na serra-fita sem automação.	Durante o corte de tubos da serra-fita.	SERRA-FITA	Operadores	Todos as peças cortadas na serra-fita.	O operador faz a verificação manual de ângulos e distâncias com trena e transferidor.	O processo atual de corte de tubos na serra-fita é feito manualmente, com o operador medindo ângulos e distâncias com trena e transferidor. Isso resulta em cortes que nem sempre ficam dentro das especificações esperadas, além de aumentar significativamente o tempo de corte e introduzir riscos de segurança. É um processo que precisa melhorar instrumentos de medição, processos e serra.
FD3	MUDO BAO	Segurança de corte na serra-fita.	Ajuste de câmbio de proteção ao redor da serra-fita.	Durante o corte de tubos da serra-fita.	SERRA-FITA	Operadores	Limbo de aço e resíduos gerados durante o corte dos tubos.	O corte dos tubos gera grande quantidade de limbo de aço e resíduos que se espalham pelo ambiente de trabalho, aumentando o tempo necessário para a limpeza.	A serra-fita não possui uma câmbio de proteção em torno da área de corte, o que resulta no espalhamento de limbo de aço e outros resíduos pelo chão da área de trabalho. Isso faz com que o operador tenha que parar o trabalho para coletar os resíduos, o que também aumenta o tempo necessário para a limpeza da área, que deve ser feita com maior frequência devido ao aumento de ruído.
FD5	NEGA	Acúmulo de ruído ao redor da lavandaria e rebabadora.	Acúmulo de resíduos de tratamento ao redor das máquinas.	Durante o processo de tratamento de peças.	TANDEM/ACERA, REBARFADORA	Operadores	Resíduos gerados durante o processo de tratamento, como pó e partículas metálicas.	O processo de tratamento gera grande quantidade de resíduos que se acumulam ao redor das máquinas, exigindo limpeza frequente.	O processo de tratamento nas máquinas laminadoras e rebabadoras gera uma quantidade considerável de pó e partículas metálicas, que se acumulam ao redor das máquinas. Esse acúmulo de sujeira compromete a higiene da produção e exige limpeza diária, o que impacta o tempo e a eficiência da produção.
FD1	ALTA	Processos de solda de juntas é ineficiente e que tem um índice de rejeição elevado.	Processo manual de solda de juntas.	Durante a montagem de componentes que requirem solda de juntas.	SOLDA-FRANCO	Operadores	Peças utilizadas na montagem de componentes.	O processo de solda é realizado manualmente, sem um padrão de automação.	O processo de solda de juntas é realizado de forma manual, o que resulta em uma baixa eficiência e em um índice de rejeição elevado. Além de comprometer a qualidade final do produto, esse processo também aumenta o risco de acidentes, comprometendo a qualidade do produto final.
FD2	MULTIPLA	Acompanhamento das ordens de produção e suas prioridades é feito utilizando folhas impressas.	Implementação de uma ferramenta digital para gerenciamento de ordens de produção.	Durante o processo de preparação de peças para a produção.	PREPARAÇÃO	Preparadores	Ordens de produção e prioridades para a preparação de peças.	Utilização do ClickUp em tablets para monitorar o status das ordens e suas prioridades.	Atualmente, o acompanhamento das ordens de produção e suas prioridades é feito manualmente, o que pode resultar em desperdício de tempo na preparação das peças. A implementação do ClickUp no uso de uma ferramenta que permite visualizar em qual processo cada ordem está e qual a prioridade para a preparação, tanto entre os operadores, quanto entre a equipe de preparação, poderá facilitar o acompanhamento e fluxo de trabalho. Essa solução digital ajudará os operadores a serem mais ágeis e flexíveis na entrega, melhorando a eficiência na entrega de suas ordens.
FD3	NEGA	Acúmulo de sujeira ao redor das torças manuais.	Acúmulo de sujeira e resíduos ao redor das torças manuais.	Durante o funcionamento das torças manuais.	TORNO MANUAL	Operadores	Resíduos de metal e aparas gerados durante o processo de usinagem.	A operação das torças gera limbo e resíduos que se acumulam ao redor das máquinas.	O uso contínuo das torças manuais resulta na geração de sujeira e resíduos que se acumulam ao redor da área de trabalho. Isso não só compromete a higiene do ambiente, mas também pode afetar a segurança dos operadores, aumentando o risco de contaminação e acidentes. Além disso, a sujeira acumulada exige limpeza frequente, o que pode distrair os operadores de suas funções principais.
FD4	MULTIPLA	Desorganização no armazenamento de peças e controle de estoque.	Falta de organização no estoque de peças sobresselvas e componentes.	Durante o armazenamento e gerenciamento de peças na seção.	ÁREA DE ARMAZENAMENTO DA SEÇÃO DE PREPARAÇÃO.	Preparadores e operadores.	Peças sobresselvas padronizadas e componentes variados.	O armazenamento atual é inadequado, dificultando a localização e o acesso às peças.	A seção apresenta grande dificuldade na organização de estoque, o que resulta em perda de tempo e eficiência. As peças sobresselvas estão desorganizadas, dificultando o acesso e o gerenciamento. Para melhorar a situação, propõe-se a instalação de Rack Industrial, criando um "inventário" para as preparações, onde as peças padronizadas terão armazenamento de forma verticalizada e organizada. Além disso, as peças podem ser separadas por ordem de produção, permitindo que os componentes de mesmo processo sejam armazenados juntos, evitando as peças padronizadas serem organizadas por tipo e tamanho. Outra solução é melhorar os níveis de armazenamento, utilizando cestos (plástico, metal, etc.), e organizar a estocagem das peças nesse buffer, utilizando QR codes ou etiquetas, tanto nas peças quanto nos buffers para facilitar a gestão de estoque.
FD5	ALTA	Falta de consistência de componentes e falta de padronização utilizada entre grande quantidade de folhas impressas e cartas.	Uso de folhas para substituir documentos em papel.	Durante a conferência de lista e entrega de componentes.	PREPARAÇÃO	Preparadores	Lista de verificação de itens e desenhos técnicos.	Atualmente, os preparadores usam papéis para conferir itens e registrar entregas, o que gera desorganização e perda de tempo.	Os preparadores atualmente precisam lidar com múltiplas páginas de listas de verificação e desenhos técnicos, o que é ineficiente e propenso a erros. O uso de tablets permite que os preparadores possam acessar digitalmente as listas de itens, com checklists para marcar os componentes conferidos, tornando o processo mais ágil e organizado. Além disso, os tablets podem ser utilizados para registrar a entrega de componentes e gerar as ordens, facilitando o controle e a gestão. Os preparadores também podem consultar desenhos técnicos diretamente nos tablets, eliminando a necessidade de folhas impressas e economizando o uso de recursos de documentação.

F05	MÉDIO-ALTA	Na área metódica de controle de produção subsequente.	Implementação de uma lista visual para gestão de produção.	Durante o processo de planejamento e execução das tarefas.	Na área de trabalho dos operadores e programadores.	Operadores e programadores.	Tarefas e ordem de produção.	Atualmente, as prioridades são gerenciadas de forma verbal ou em planilhas, o que pode dificultar a visualização clara das tarefas a serem realizadas.	A falta de uma ferramenta visual que permita o controle de prioridades afeta a comunicação entre operadores e programadores. Um novo sistema de CDS, que possibilite a visualização das prioridades de maneira visual, permitirá que os operadores identifiquem rapidamente quais tarefas devem ser produzidas. Além disso, uma ferramenta visual facilitará o controle das tarefas e o comportamento do progresso, melhorando a eficiência e a colaboração entre o equipe.
F27	MÉDIA	Acesso limitado às ferramentas de máquinas e falta de organização de ferramentas.	Disponibilidade de acesso às ferramentas necessárias para operação das máquinas.	Durante a operação das máquinas.	Na área de trabalho dos operadores.	Operadores.	Ferramentas de máquinas e peças de reposição.	As ferramentas não estão organizadas de forma acessível, dificultando o acesso rápido pelos operadores.	O acesso às ferramentas de máquinas é limitado e desorganizado, o que pode resultar em atrasos na produção e na manutenção das tarefas. A implementação de um sistema eficiente de peças, que permita um armazenamento organizado e fácil acesso, ajudará a melhorar a eficiência das ferramentas. Além disso, um sistema de controle de estoque integrado permitirá o levantamento de dados sobre o uso das ferramentas, fornecendo informações valiosas para ações futuras e garantindo que as ferramentas estejam sempre disponíveis para os operadores.
F18	ALTA	Exposição de materiais às intempéries por falta de cobertura de estoque.	Materiais expostos às intempéries (chuva, sol, etc.).	Durante o armazenamento de materiais.	Áreas externas ou inadequadas para armazenamento.	Operadores.	Materiais que devem estar protegidos e armazenados adequadamente.	Devido à falta de um controle de estoque eficiente, alguns materiais são armazenados em áreas externas ou CDS, o que pode comprometer sua qualidade e integridade.	A falta de um controle de estoque adequado faz com que certos materiais sejam armazenados em locais externos às instalações, como áreas cobertas e sol, resultando na deterioração dos componentes e possíveis perdas de material. Isso impacta diretamente a qualidade do produto final e pode gerar custos adicionais para substituição ou recuperação dos materiais comprometidos.
F19	ALTA	Sobrecarga de tarefas em um único colaborador e gestão ineficiente de REABASTAÇÃO.	Um único colaborador está sobrecarregado com múltiplas responsabilidades.	Durante a operação diária da seção, incluindo trabalho manual, operação de rebastadores e gestão de estoques.	Área de trabalho, rebastadores e estoque de materiais.	Operadores.	Trabalho manual de peças, operação de rebastadores, e gestão de localização dos estoques.	O colaborador é responsável por múltiplas atividades críticas que afetam o fluxo de produção, gerando um ponto de gargalo.	Atualmente, um único colaborador é responsável por realizar o trabalho manual das peças, operar o rebastador e ainda gerenciar a localização dos materiais no estoque. Essa sobrecarga de tarefas está gerando um gargalo na produção, já que o colaborador não consegue atender todas as atividades de forma eficiente e contínua. Além disso, manter esse pessoal constantemente operando em um ponto de gargalo compromete a qualidade dos produtos e gera atrasos no processo.
F20	ALTA	Problemas na gestão de localização de materiais e rebastador de peças.	Rebastador de peças e localização de materiais requerendo a produção.	Durante o processo produtivo, especialmente quando há necessidade de reabastecer peças ou materiais no trabalho.	Em várias etapas da linha de produção.	Operadores.	Materiais de materiais e peças que requerem rebastador.	A priorização do rebastador de peças, deficiências e o uso de materiais geram atrasos e complicações no fluxo de produção.	A necessidade de realizar rebastos de materiais e priorizar o trabalho de peças defletivas está criando problemas na linha de produção. Esses processos de entrega, embora necessários, estão comprometendo o ritmo produtivo ao gerar atrasos e complicações na priorização das tarefas. A priorização do rebastador sobre outras tarefas também pode afetar a eficiência. Isso é crítico, causando interrupções no fluxo de produção e resultando em gargalos.
F21	MÉDIA	Sobrecarga no uso das portas rotativas e necessidade de gambeteio de parada.	Sobrecarga das portas rotativas compartilhadas por diversas prioridades da linha de montagem.	Durante o manuseio de materiais em várias etapas da produção.	Próximos à dobradora, CNC, ferretaria, torno manual, bastidor de número e na saída de peças.	Operadores.	Movimentação de materiais passando entre diferentes máquinas e processos.	As duas portas rotativas são compartilhadas por muitos processos da linha de montagem, o que resulta em sobrecarga e espera para o manuseio dos materiais.	Várias processos na linha de montagem, como a dobradora, CNC, ferretaria, torno manual, bastidor de número e saída de peças, compartilham o uso das mesmas portas rotativas, o que frequentemente causa sobrecarga e atrasos devido à espera para movimentar os materiais. Isso resulta em gargalos na linha de produção e atrasos críticos no processo. A implementação de um sistema de gestão de prioridades e uma máquina dedicada para uma única tarefa para diminuir a dependência das portas rotativas e otimizar o fluxo de movimentação de materiais, reduzindo o tempo de espera.
F22	MÉDIO-ALTA	Marcação de peças com contêineres resultando em perda de informações.	Marcação manual das peças com contêineres.	Durante a identificação das peças ao longo do processo de fabricação.	Em várias etapas da linha de produção.	Operadores.	Peças marcadas manualmente, o que pode resultar em perda ou esquecimento das informações.	A marcação manual tem como resultado peças perdidas e processos frequentes de reabastimento e estoque, pois leva à perda de informações essenciais, como números de ordem e identificação das peças.	Atualmente, as peças são marcadas manualmente com canetas, o que resulta em perda de informações ao longo do processo de fabricação, especialmente durante etapas de movimentação. Isso leva a erros de identificação, o que pode resultar em peças perdidas e processos frequentes de reabastimento e estoque, pois leva à perda de informações essenciais, como números de ordem e identificação das peças.
F23	MÉDIO-ALTA	Separação de peças no estoque.	Disponibilidade na seleção de peças no estoque.	Durante a retirada e movimentação de peças no estoque para o processo de produção.	Na área de armazenamento e estoque de peças.	Preparadores e operadores.	Peças armazenadas de forma desorganizada, dificultando a localização e a seleção correta.	A falta de organização e de um sistema eficiente de gerenciamento de estoque torna difícil localizar rapidamente as peças necessárias para o processo produtivo, o que aumenta o tempo de preparação e atrasa o fluxo de produção.	A falta de peças no estoque em um determinado destino de estoque, causando atrasos significativos no processo de produção. Devido à falta de um sistema organizado de armazenamento e reabastimento, os preparadores encontram dificuldades em localizar as peças corretas a um ritmo e em um determinado ponto de tempo. Isso gera atrasos e compromete a eficiência operacional.

F04	MEIA	Operação abaixo da capacidade devido ao desmontagem de material feito pelas preparadoras.	Processos operam abaixo da capacidade por causa de desmontagem de material feito manualmente pelas preparadoras.	Durante a fase de produção e entrega de peças para as diversas etapas do processo produtivo.	No setor de preparação e nos estoques de materiais.	Preparadoras e operadoras.	O desmontagem de materiais a peça é realizado conforme a programação de entrega das preparadoras, ocorrendo atrasos no fluxo de produção.	O processo de desmontagem de material para as máquinas e áreas de trabalho é feito manualmente pelas preparadoras, o que impacta a entrega de peças nos estoques locais, resultando em operação abaixo da capacidade nas máquinas, e atrasos no fluxo de produção.	O processo na seção está operando abaixo da sua capacidade devido à maneira como o desmontagem de materiais é feito. Atualmente, as preparadoras são responsáveis por montar manualmente o material de um local para outro, no entanto, com sua programação de entrega. No entanto, essa abordagem gera atrasos no fluxo, pois muitas vezes as peças não estão disponíveis nos estoques locais das máquinas, resultando em paradas na capacidade das máquinas. Esse desmontagem manual é dependente da disponibilidade das preparadoras não acompanhando a capacidade instalada do processo.
F05	MEIA	Reorganização inadequada da corte de bobinas, resultando em atraso e aumento de estoque.	Aflicção de corte de algumas bobinas e organização de bobinas das prioridades da corte.	Quando a preparação de peças para seguir as linhas de montagem.	No setor de corte e preparação de materiais.	Operadoras e programadoras.	Algumas ordens de corte são priorizadas de forma inadequada, gerando acúmulo de estoque e atrasos nas linhas de montagem.	A falta de organização e uma estratégia eficiente para manejar as ordens de corte geram atrasos na entrega de peças para a linha de montagem e os diversos tempos acumulados de demora de entrega de peças no estoque.	A aflicção no corte de algumas bobinas, sem uma organização adequada do rearranjo de prioridades, não resultando em atrasos na entrega de peças para as linhas de montagem, mas gerando desbalanceamento no fluxo de produção, com acúmulo de estoque de peças concluídas que não são imediatamente necessárias, enquanto outros setores prioritários ficam pendentes. Isso na organização não gerando um equilíbrio de volume e cumprimento das prioridades de produção.
F06	BAIXO	Falta de planejamento do tempo de desmontagem das peças dentro da seção.	O tempo de desmontagem das peças não é realizado adequadamente.	Durante o transporte das peças entre as diferentes etapas de processamento na seção.	Centro de produção, utilizando todos pontos possíveis quanto à movimentação manual.	Preparadoras e operadoras.	Peças grandes que requerem pontos críticos e rotas lógicas específicas de movimentação.	O tempo de desmontagem não é controlado no controle de tempo dos processos, o que resulta em atrasos e execução mais lenta do que o esperado.	O tempo de desmontagem das peças dentro da seção, não utilizando pontos possíveis para peças grandes ou movimentação manual para peças menores, não está sendo realizado adequadamente. Isso impacta diretamente a entrega de peças e a execução dos processos, que incluem quando o tempo que é esperado. A falta de um planejamento adequado desse tempo também impacta que resultados que não são registrados de movimentação interna, resultando em atrasos e gargalos no fluxo de produção.
F07	ALTA	Falta de planejamento e contabilização do tempo no processo de bobinas.	O processo de bobinas não é realizado e o tempo de bobinas não é contabilizado.	Durante a identificação de peças individuais em algumas linhas de produção.	Nas linhas de produção onde os preparadores realizam manualmente o processo de bobinas.	Preparadoras.	O processo de bobinas não é feito para peças grandes, muitas vezes utilizando pontos indesejados para peças grandes.	O tempo gasto nos processos não é contabilizado nem considerado no controle de entrega, o que pode gerar atrasos no fluxo de produção.	processo de bobinas nas peças, realizado por alguns preparadores em determinadas linhas, não é realizado nos tempos de entrega controlados adequadamente. Esse processo, que envolve o transporte de peças individualmente, em muitos casos, o tempo de entrega pode levar mais tempo do que o esperado. A falta de planejamento e contabilização do tempo desse processo afeta a entrega de peças e o cumprimento das prioridades, pois não há um controle adequado de bobinas.
F08	BAIXO	Falta de normas que regem os fluxos dos processos desde a criação de um projeto até a corte do componente.	Não existem normas claras que regem os fluxos dos processos, desde a criação de um projeto na engenharia de produto até a etapa de corte do componente.	Durante a transição das fases de criação de projeto na engenharia de produto.	No interface entre a engenharia de produto e a seção de preparação de materiais (corte).	Engenheiros de produto, operadores e preparadoras.	A falta de normas e padrões definidos para o fluxo de informações e materiais entre a engenharia de produto e a seção de corte para incorporem as alterações.	A análise de implementação para todos os projetos dentro das etapas de corte que analisa falhas de comunicação e atrasos no processo, além de dificuldades na produção dos itens de corte e organização de fluxo de produção.	Atualmente, não existem normas ou procedimentos bem definidos que regem o fluxo dos processos, desde a criação de projeto na engenharia de produto até a corte do componente na seção de preparação. Isso gera inconsistências e atrasos, uma vez que os operadores não recebem informações claras sobre a prioridade das ordens de corte e a sequência dos processos. A falta de padronização também contribui para falhas de comunicação entre as equipes e resultados em algumas etapas.
F09	MEIA	Falta de comunicação e atualização das informações entre as áreas de engenharia, vendas e outras áreas envolvidas.	Falta de comunicação de áreas de projeto ou atualizações para o status das alterações.	Durante o processo de criação e execução de projeto, desde a engenharia de produto até a fabricação e corte.	Não há comunicação entre a engenharia de produto, engenharia de processos, PCP e as preparadoras.	Engenheiros de produto.	Peças não contata sem necessidade ou cortadas de maneira incorreta à falta de comunicação entre as áreas.	Quando há erros de projeto ou atualizações, essas mudanças não são comunicadas adequadamente aos demais setores, como a engenharia de processos, PCP ou as preparadoras. Isso resulta em corte de peças incorretas ou desnecessárias, gerando rejeitos, desperdício de material e inconsistências no cumprimento de prazos.	A falta de comunicação entre as áreas de engenharia de produto, vendas e outras áreas envolvidas, resulta em informações desatualizadas e inconsistentes. Isso impacta diretamente a produção, pois as informações não são atualizadas adequadamente na engenharia de processos, PCP e preparadoras, levando a corte de peças que não correspondem ao projeto atualizado. Isso gera rejeitos, atrasos no cumprimento de prazos e inconsistências no planejamento de projeto, afetando a entrega e a eficiência dos processos.
F10	BAIXO	Falta de conferência de materiais na engenharia de processos após levantamento pelo RPA.	Falta de conferência detalhada dos materiais e organização de processos após o levantamento de quantidade e organização pelo RPA (Requisitos, Processos Automáticos).	Durante o processo de validação dos quantitativos e especificações dos materiais antes do início da produção.	No interface entre a Engenharia de Produto e RPA e a conferência para a entrega de processos.	Engenharia de Processos.	O RPA tem as quantidades e especificações dos materiais, mas não há uma conferência detalhada de individual demais informações para a engenharia de processos, o que pode levar a erros no estoque e na preparação das peças.	A conferência dos materiais levantados pelo RPA não é feita de maneira rigorosa para a engenharia de processos. Isso pode gerar inconsistências entre as quantidades e especificações levantadas e as reais necessidades de produção, resultando em erros no corte e na utilização dos materiais, o que pode levar a rejeitos e desperdício.	Após o RPA realizar o levantamento de quantidade e especificações dos materiais, não há uma conferência detalhada por parte da engenharia de processos. A falta dessa conferência pode resultar em inconsistências entre as quantidades levantadas e as reais necessidades de produção. Essas inconsistências levam a erros na produção, como o corte de materiais incorretos, rejeitos e desperdício de material. Embora a conferência individual dos materiais seja concluída, é essencial criar um plano de ação que permita validar essas informações de forma clara.
F11	MUITO BAIXO	Falta de detalhamento de peças para auxiliar a busca de materiais na seção e no estoque de materiais de forma adequada para todos as peças.	O detalhamento das peças para auxiliar a busca de materiais na seção e no estoque de materiais de forma adequada para todos as peças.	Durante o processo de busca e preparação dos materiais necessários para a produção.	No setor de preparação de componentes e no estoque de materiais.	Preparadoras.	Algumas peças não são detalhadas corretamente, o que dificulta a localização e a preparação de materiais necessários.	A ausência de um detalhamento completo de todas as peças faz com que os preparadores tenham dificuldades para localizar e identificar o material correto na seção, isso resulta em maior tempo de procura, atrasos no fluxo de produção e, em alguns casos, na utilização de peças incorretas, o que gera rejeitos e desperdício.	O detalhamento insuficiente de peças está causando dificuldades para os preparadores na busca e identificação dos materiais dentro da seção. Isso resulta em peças inconsistentes e atrasos na produção, pois os preparadores não conseguem encontrar os materiais necessários para a produção. Isso gera rejeitos e desperdício de material, além de atrasos no processo produtivo e em alguns casos, em uma falha de entrega. A falta de detalhamento também impacta o planejamento e a busca de materiais, uma vez que os preparadores gastam mais tempo procurando os pontos críticos de um conjunto de processo produtivo.
F12	BAIXO	A prioridade das ordens de peças não é considerada a primeira seção de entrega.	A prioridade de produção e corte de peças não leva em consideração a seção de corte e a entrega de peças para a linha de produção.	Durante o processo de priorização das ordens de corte e produção das peças.	No setor de preparação de componentes e nos estoques de materiais.	Equipe de planejamento.	As ordens de prioridade das peças é determinada sem considerar a urgência e a realidade das necessidades de produção, o que pode causar atrasos em regiões que recebem de materiais com maior urgência.	A priorização de ordens de corte e produção das peças é realizada com base em critérios de produção, sem levar em conta a primeira seção onde essas peças serão utilizadas. Isso significa que peças que são críticas para o andamento de uma seção específica podem não ser produzidas imediatamente, resultando em gargalos e atrasos nos processos subsequentes.	A falta de consideração da prioridade das ordens de entrega das peças na definição de prioridades de produção está afetando diretamente a eficiência da linha de produção. Isso ocorre porque as prioridades são determinadas com base em critérios de produção, sem levar em conta a urgência das necessidades de produção. Isso resulta em peças não sendo produzidas e entregues no prazo necessário, afetando o planejamento e a produção de materiais. É essencial estabelecer prioridades de produção com base na importância das peças para a seção específica e o impacto que cada falta pode ter na continuidade da produção.

F01	MURTOBAJO	<p>O layout das máquinas de corte na seção de preparação não está orientado a favor da ergonomia e da eficiência.</p> <p>Problema de layout das máquinas de corte</p>	<p>Durante o processo de corte de chapas e tubos para a fabricação de componentes.</p>	<p>Na seção de corte, onde empilhados de corte e peças, usual e sem saída adequada.</p>	<p>Operadores de corte, engenheiros de processo e equipe de planejamento.</p>	<p>A disposição atual das máquinas de corte resulta em deslocamentos desnecessários e difíceis a movimentação de materiais, afetando a produtividade e causando atrasos.</p>	<p>O layout das máquinas de corte está mal organizado, levando a uma movimentação excessiva de materiais e operadores entre as máquinas. Isso não permite a melhor forma de produção em grande escala. Além disso, o layout atual não permite a melhor forma de produção em grande escala. Além disso, o layout atual não permite a melhor forma de produção em grande escala. Além disso, o layout atual não permite a melhor forma de produção em grande escala.</p>
F04	ALTA	<p>Um compartilhado de empilhadores grande para movimentação de chapas</p>	<p>Durante o processo de movimentação de chapas entre o estoque, usinas e preparação de componentes.</p>	<p>Operadores de máquinas, operadores de logística.</p>	<p>A empilhadora grande, que é responsável pela movimentação de chapas pesadas, está sendo utilizada de forma compartilhada por diferentes operadores e usinas, o que resulta em períodos de espera e atrasos no fluxo produtivo.</p>	<p>A empilhadora grande, essencial para a movimentação de chapas de grande porte, está em uso compartilhado entre diversas usinas. Isso cria gargalos, pois em momentos de alta demanda, a empilhadora não está disponível para todas as usinas necessárias, causando atrasos e desatendimento no ritmo de produção. Além disso, a falta de coordenação no uso da empilhadora leva a situações de congestionamento e desperdício de recursos produtivos.</p>	<p>O uso compartilhado de empilhadores grandes para movimentação de chapas está gerando gargalos no fluxo produtivo, afetando o corte e a preparação de componentes. A falta de coordenação na utilização do equipamento físico causa períodos de espera para os operadores e interfere diretamente na produtividade da seção. O uso inadequado do equipamento exige melhorias na organização da usina, como a otimização da localização das máquinas, quando a empilhadora é requisitada por diferentes áreas simultaneamente.</p>
F05	MURTOBAJO	<p>Necessidade de reabastecimento de materiais de reposição no Máquina de Reabastecimento</p>	<p>Durante o processo de reabastecimento dos componentes metálicos, após o corte.</p>	<p>REABASTECIMENTO</p>	<p>Operadores</p>	<p>A máquina de reabastecimento não está totalmente automatizada, exigindo intervenção manual para reabastecimento de materiais, o que torna o operador vulnerável a erros humanos, como esquecer de reabastecer ou usar o material errado.</p>	<p>A máquina de reabastecimento, responsável por renovar os materiais dos componentes, não está totalmente automatizada para atender essa tarefa de forma eficiente. Como resultado, o operador precisa complementar o trabalho da máquina manualmente, causando desperdício de tempo e quebra de fluxo de corte e perda de produtividade. Além disso, o reabastecimento manual pode não garantir a mesma consistência e qualidade em comparação com a máquina.</p>
F06	ALTA	<p>Existem problemas logísticos no Processo de Transporte de Peças de Lado externo para dentro da seção</p>	<p>Durante o processo de movimentação de chapas de depósito externo para a seção de corte e preparação de componentes.</p>	<p>Faixa externa e dentro da seção</p>	<p>Operadores</p>	<p>O transporte de chapas do lado externo para dentro da seção é feito com a empilhadora grande, que provoca um caminho de chapas, o que gera o processo de espera, perda e ineficiência.</p>	<p>O processo de transporte de chapas de lado externo para dentro da seção é ineficiente e perigoso. A empilhadora grande, utilizada para mover um caminho com chapas, torna o processo de movimentação de chapas inseguro e lento. Além disso, o uso da empilhadora em grande escala de segurança. Isso resulta em impactos negativos na produtividade e na qualidade dos componentes produzidos.</p>
F07	MEDA	<p>Não identificação de erros de projeto antes do corte das peças</p>	<p>Durante a fase de programação do corte, ou após uma peça já ter sido cortada, quando o operador programe o corte e o erro de projeto é finalmente percebido.</p>	<p>Seção Preparação</p>	<p>Preparadores, programadores, ITC e engenheiros de produto.</p>	<p>Erros no projeto são detectados tardiamente, geralmente apenas durante a programação do corte e após a produção de peças já em corte, o que resulta em desperdício de material e atrasos.</p>	<p>A falta de um sistema eficiente de verificação antecipada de projetos faz com que erros de projeto só sejam identificados durante a programação do corte ou, em alguns casos, após uma peça já ter sido cortada. Isso causa desperdício e desperdício de tempo material, além de comprometer o cronograma de produção. A identificação de erros durante os etapas anteriores, durante a verificação de projetos na validação das especificações antes do início da produção.</p>
F08	ALTA	<p>Falta de confirmação dos componentes produzidos pelo RPA e a segurança do processo</p>	<p>Durante o processo de verificação dos componentes e da ordem de corte gerada pelo RPA, antes da execução do programa de corte.</p>	<p>Engenheiros de Processos</p>	<p>Equipe de engenharia de processos e operadores de RPA.</p>	<p>O RPA verifica os componentes e a ordem de prioridade de um projeto sem passar por uma confirmação pré-operacional de processo, o que resulta em peças ou ordens não sendo produzidas corretamente para o programa de corte.</p>	<p>Atualmente, não há uma confirmação de componentes produzidos pelo RPA para um determinado projeto, antes da programação do processo. Essa ausência de verificação pode resultar em inconsistências ou produção de componentes, afetando a eficiência do programa de corte. Como o RPA trabalha de forma automática, é essencial que a engenharia de processos verifique e valide os componentes e a ordem de prioridade gerada, antes de garantir que os dados sejam corretos e atualizados adequadamente no período de corte.</p>
F09	ALTA	<p>Ordem de compra de chapas deve ser compartilhado independentemente de materiais no estoque</p>	<p>Durante o gerenciamento de estoque de chapas e a programação do corte.</p>	<p>Na administração de estoque de chapas e na seção de corte.</p>	<p>Equipes de controle de estoque, programadores de corte e operadores.</p>	<p>O estoque compartilhado de materiais, gerado pelo plano, não consegue a forma e a utilidade dos materiais para a seção de corte, o que resulta em peças ou ordens não sendo produzidas corretamente para o programa de corte.</p>	<p>Atualmente, os materiais são compartilhados no estoque de chapas apenas com base no plano total, sem levar em consideração a forma ou as dimensões dos materiais. Isso pode levar à produção de materiais que não são necessários para a seção de corte, resultando em desperdício de recursos produtivos. Além disso, a falta de coordenação entre as equipes de controle de estoque e programação de corte pode resultar em peças ou ordens não sendo produzidas corretamente para o programa de corte.</p>
F10	MURTOBAJO	<p>Layout e armazenamento de chapas de corte e alumínio dentro de usinas</p>	<p>Durante o armazenamento e movimentação das chapas na seção de preparação.</p>	<p>Na área de armazenamento de chapas de aço e alumínio dentro da seção de preparação de materiais.</p>	<p>Operadores, operadores e equipe de logística.</p>	<p>O layout físico e a falta de armazenamento de chapas de aço e alumínio dentro da seção de preparação de materiais, o que resulta em períodos de espera e atrasos no fluxo produtivo.</p>	<p>As chapas de aço e alumínio são armazenadas de forma horizontal ou empilhadas, sem uma estrutura adequada para otimizar o uso do espaço e garantir fácil acesso ao material necessário. Isso não apenas causa desperdício de espaço, mas também torna difícil a movimentação das chapas, resultando em períodos de espera para os operadores e atrasos no processo. Além disso, a falta de um sistema organizado pode aumentar o risco de acidentes.</p>
F11	ALTA	<p>Utilidade do processo de reabastecimento na seção de Preparação</p>	<p>Durante o processo de preparação dos materiais na seção, antes do envio à usina.</p>	<p>REABASTECIMENTO</p>	<p>Operadores</p>	<p>O processo de reabastecimento pode estar sendo feito duas vezes, uma na seção de preparação e outra na usina, gerando ineficiência e desperdício de tempo.</p>	<p>Atualmente, os materiais são reabastecidos na seção de preparação antes de serem enviados para a usina. No entanto, a usina também realiza seu próprio reabastecimento, o que resulta em desperdício de recursos produtivos. Além disso, a falta de coordenação entre as equipes de preparação e usina pode resultar em peças ou ordens não sendo produzidas corretamente para o programa de corte.</p>

P12	MÉDIA	<p>Não existe plano de contingência para casos de abastecimento, priorizando processos críticos.</p> <p>Tudo de um plano de contingência para lidar com casos de abastecimento, que priorize os processos mais críticos da seção de preparação para montagem e impacto nos prazos de entrega.</p> <p>Durante casos de ausência de colaboradores, há por si mesmos, falta de outros recursos.</p>	<p>Em toda a seção de preparação de materiais, envolvendo processos como corte, rebalço, dobragem, entre outros.</p> <p>CEXORES</p>	<p>Não há uma ordem clara de prioridade para os processos que devem ser montados em caso de abastecimento, o que pode causar atrasos significativos na produção e nos entregas.</p> <p>Em casos de abastecimento, a falta de um plano de contingência que defina claramente quais processos são mais críticos faz com que a produção continue de maneira desorganizada, sem foco nas atividades que mais impactam o entrega. Sem essa priorização, atividades menos críticas podem ser realizadas em detrimento das mais importantes, o que compromete a entrega de produção e afeta diretamente o fluxo produtivo da seção.</p>	
P13	MUITO BAIXO	<p>Falta de priorização adequada e tamanho de peças na engenharia de produtos.</p> <p>A falta de priorização nas atividades e tamanho das peças afeta a produção de corte e aumenta a complexidade da produção.</p>	<p>Engenharia de produtos.</p> <p>Engenheiros de produto, programadores de corte e operadores.</p>	<p>A variedade de espessuras e tamanhos das peças aumenta a complexidade do processo produtivo, gerando desperdícios de material e aumentando o tempo de preparação e corte.</p> <p>Atualmente, as peças são projetadas com uma grande variedade de espessuras e tamanhos, o que afeta o processo de corte e afeta diretamente o tempo de entrega. A falta de priorização faz com que seja necessário realizar ajustes frequentes nos layouts de corte, além de dificultar a otimização do aproveitamento das chapas, gerando desperdícios e rejeitos. Faltam os dimensionais das peças, sendo necessário, após testes e processos de corte, ajustar o tamanho de material e reduzir o tempo de produção.</p>	<p>A engenharia de produtos não segue um padrão definido para as espessuras e tamanhos das peças, o que aumenta a complexidade do processo produtivo no layout de corte. Essa falta de padronização impacta diretamente a eficiência do uso de chapas de tempo de corte, além de aumentar a desperdiço de material. Uma maior padronização, quando viável, pode simplificar o processo, reduzir a necessidade de ajustes nos layouts e otimizar o aproveitamento das chapas.</p>
P14	ALTA	<p>Problema na comunicação e processo de planejamento de ordens orientadas.</p> <p>A falta de comunicação e de um processo claro de planejamento de ordens orientadas está gerando desperdícios de material e aumento nos custos de produção.</p>	<p>engenharia de processos e PCP.</p> <p>Engenheiros de processos, PCP e programadores.</p>	<p>Quando uma ordem de produção é enviada, a comunicação não está sendo adequadamente feita, resultando em cortes ou preparação desnecessária de peças, o que leva a desperdício de material e aumento nos custos de produção.</p> <p>O processo de planejamento de ordens orientadas não está sendo devidamente comunicado às áreas envolvidas, como programação de corte e a operação. Isso faz com que sejam feitas preparações e materiais sejam utilizados para ordens que já foram canceladas ou ajustadas. A falta de um sistema eficaz de validação e identificação das ordens orientadas para materiais e desperdícios, aumentando os custos operacionais.</p>	<p>A ausência de comunicação clara e eficiente no processo de planejamento de ordens orientadas está gerando desperdícios de materiais e peças, resultando em desperdício de material e aumento nos custos de produção. As ordens canceladas ou ajustadas não estão sendo devidamente tratadas nos sistemas existentes, fazendo com que os operadores e programadores continuem a produzir peças com alto custo não mais necessárias, impactando negativamente a eficiência e o custo do lote de produção.</p>
P15	BAIXO	<p>Exatidão para definição de prioridades de ordens de produção.</p> <p>A falta de clareza na definição de prioridades das ordens de produção, o que gera dúvidas sobre qual ordem utilizar (data de entrega, data de produção ou data de entrega).</p>	<p>No planejamento de produção e na seção de corte e preparação.</p> <p>Equipe de planejamento, PCP</p>	<p>Não há uma metodologia definida para a escolha da prioridade das ordens, o que pode resultar em atrasos nas entregas ou utilização desnecessária de recursos.</p> <p>Atualmente, os ordens de produção podem ser priorizados de diferentes maneiras, mas não há uma direção clara sobre qual critério deve ser utilizado. Em alguns casos, a prioridade é determinada pela data de entrega, em outros pela data de produção ou pela data de entrega. Essa variação pode causar conflitos na produção e afetar o cumprimento dos prazos de entrega. Uma abordagem padronizada baseada em critérios claros ajudaria a otimizar o fluxo produtivo e a evitar atrasos.</p>	<p>A falta de um critério claro para definir a prioridade das ordens de produção está impactando negativamente o fluxo de trabalho. A produção pode ser priorizada com base no data de entrega, no data de produção ou no data de entrega, mas a ausência de uma direção clara gera dúvidas sobre qual critério utilizar. Isso resulta em decisões inconsistentes em alguns casos, afetando a produção e o entrega. É necessário realizar um estudo para identificar qual critério de priorização é mais adequado para a realidade da seção.</p>
P16	BAIXO	<p>Utilização de "Coringas" na seção de produção.</p> <p>A utilização de "Coringas" operacionais pode gerar problemas de qualidade e atrasos, pois não são projetados para serem utilizados em situações de emergência.</p>	<p>Seção Preparação.</p> <p>Gerentes de produção, operadores "Coringas".</p>	<p>Não há um estudo formal sobre o número ideal de "Coringas" necessários, com isso deve-se distribuir entre as células de trabalho e como, assim, afetando diretamente os prazos de entrega e o custo de produção.</p> <p>Atualmente, os "Coringas" desempenham um papel crucial na seção de produção, atuando em diferentes áreas conforme a necessidade, mas não há um planejamento adequado sobre quantos "Coringas" são necessários e como eles devem ser distribuídos. Além disso, a falta de um estudo formal sobre o número ideal de "Coringas" necessários pode resultar em uma distribuição desigual entre as células de trabalho, afetando a produtividade e o custo de produção. É necessário realizar um estudo para determinar o número ideal de "Coringas" necessários para atender às demandas da produção e garantir a eficiência e a qualidade do trabalho.</p>	<p>A seção de produção não possui um estudo formal sobre o número de "Coringas" necessários para atender às demandas de forma eficiente, isso pode resultar em situações de emergência onde os operadores não possuem treinamento adequado para lidar com essas situações. Como os operadores não possuem treinamento adequado para lidar com essas situações, a eficiência e a qualidade do trabalho podem ser afetadas. É necessário realizar um estudo para determinar qual critério de priorização é mais adequado para a realidade da seção.</p>
P17	ALTA	<p>Utilidade de bater números de série em todos os componentes.</p> <p>Atualizar o sistema necessário para garantir a rastreabilidade de todos os componentes, de acordo com o que os clientes exigem.</p>	<p>rastreamento de série sob demanda nos componentes.</p> <p>Estado de Número</p>	<p>Não há rastreabilidade de série em todos os componentes, o que pode resultar em problemas de qualidade e atrasos na entrega.</p> <p>A rastreabilidade de série em todos os componentes pode estar sendo realizada de forma inconsistente, com uma identificação detalhada das linhas de produção, resultando em trabalho adicional que pode não ser necessário para todos os tipos de peças.</p> <p>Atualmente, os números de série estão sendo batidos em todos os componentes fabricados, mas não há clareza sobre a obrigatoriedade desse processo em relação às normas específicas. Esse processo, quando desnecessário, pode aumentar o tempo de produção e sobrecarregar a equipe, sem adicionar valor em conformidade com os requisitos normativos. Uma avaliação mais detalhada das normas aplicáveis poderia ajudar a avaliar a necessidade de rastreabilidade para todas as peças ou apenas para algumas componentes críticos.</p>	<p>O processo de bater números de série em todos os componentes está sendo realizado sem uma verificação adequada das especificações normativas, o que pode estar gerando trabalho adicional desnecessário. A falta de clareza sobre a obrigatoriedade desse processo pode resultar em situações de emergência onde os operadores não possuem treinamento adequado para lidar com essas situações. Como os operadores não possuem treinamento adequado para lidar com essas situações, a eficiência e a qualidade do trabalho podem ser afetadas. É necessário realizar um estudo para determinar qual critério de priorização é mais adequado para a realidade da seção.</p>
P18	MUITO BAIXO	<p>Definição das atribuições de responsabilidade pelo gerenciamento de estoque e logística interna.</p> <p>Definir as atribuições e responsabilidades do colaborador responsável, que será acompanhado do gerenciamento de estoque e logística interna da logística interna de movimentação de peças.</p>	<p>No estágio de preparação de materiais, especificamente na área de entrega e transporte de materiais entre os processos dentro da seção.</p> <p>Colaborador responsável, equipe de logística e gestão de produção.</p>	<p>Não há clareza sobre as atribuições de responsabilidade, especificamente em relação ao gerenciamento de estoque e logística interna, o que pode resultar em problemas de qualidade e atrasos na entrega.</p> <p>O colaborador responsável pelo gerenciamento de estoque dentro da seção de preparação de materiais precisa ter suas funções claramente definidas. Esse responsável será responsável pelo gerenciamento de estoque, garantindo que os materiais estejam disponíveis e disponíveis em quantidade adequada. Além disso, ele será responsável pela logística interna, ou seja, o transporte das peças de um processo para outro de maneira eficiente e segura. A falta de clareza sobre as atribuições pode levar a problemas de comunicação e falta de coordenação na produção, impactando a movimentação das peças entre os processos e o fluxo produtivo.</p>	<p>A falta de uma definição clara das atribuições do colaborador responsável está gerando problemas no gerenciamento de estoque e na logística interna da seção de preparação. Sem uma pessoa responsável por essas funções, o estoque de peças pode ficar desorganizado, dificultando o controle de materiais e causando atrasos na produção. A implementação de uma pessoa responsável por essas funções é essencial para garantir a eficiência e a qualidade do trabalho. É necessário realizar um estudo para determinar qual critério de priorização é mais adequado para a realidade da seção.</p>
P19	MUITO ALTA	<p>Separação de componentes no buffer, evitando corte facilitado para o operador fazer essa separação.</p> <p>No corte, não está sendo utilizada nenhuma máquina de corte a plasma.</p>	<p>máquinas de corte a plasma.</p> <p>Operadores</p>	<p>O corte a plasma gera rebarbas nos componentes, o que exige uma etapa adicional de rebarbação manual ou automatizada. A substituição por corte a laser pode reduzir ou eliminar essa rebarbação.</p> <p>Atualmente, o corte a plasma, utilizado atualmente para o corte de chapas, produz rebarbas nos componentes que precisam ser removidas em uma etapa posterior de rebarbação. Esse processo adicional consome tempo, aumenta o risco de danos, impactando negativamente a eficiência do fluxo produtivo. A substituição das máquinas de corte a plasma por máquinas de corte a laser poderia eliminar a necessidade de rebarbação, uma vez que o corte a laser é mais preciso e tende a gerar menos rebarbas, resultando em uma redução de custo e tempo.</p>	<p>O uso de máquinas de corte a plasma na seção de preparação gera rebarbas nos componentes e reduz a produtividade ou recuperação, aumentando o tempo de produção e o consumo de recursos. A substituição por máquinas de corte a laser poderia eliminar a etapa de rebarbação, o que é essencial para garantir a eficiência e a qualidade do trabalho. Essa mudança também contribuiria para a redução de custos e o aumento da eficiência. É necessário realizar um estudo para determinar qual critério de priorização é mais adequado para a realidade da seção.</p>

P02	MEDIA	Falta de gradeo visual para identificação de caminhos e processos, visando facilitar a organização.	Implementar um sistema de gradeo visual para identificar caminhos e processos, com o objetivo de melhorar a organização e facilitar a logística dentro da seção.	Durante a implementação de materiais e peças entre os processos, efetuando contagens para inventário exaustivo.	Na seção de preparação de materiais, especificamente nas áreas de movimentação e transporte de peças.	Operários, preparadores e equipe de logística.	A falta de um sistema visual para identificação de caminhos e processos torna a organização menos eficiente, dificultando a localização e a movimentação correta das peças dentro da seção.	Atualmente, os caminhos utilizados para transportar materiais entre os processos na seção de preparação não possuem um sistema claro de identificação visual. Isso gera dificuldades na organização e movimentação de materiais, pois os operadores precisam buscar manualmente os caminhos corretos a partir de processos ainda em andamento. A implementação de um sistema de gradeo visual, com etiquetas coloridas, QR codes ou pictogramas, poderá facilitar a organização, permitindo que os operadores identifiquem rapidamente os caminhos e os processos associados.	A falta de um sistema de gradeo visual para identificação de caminhos e processos na seção de preparação dificulta a organização e movimentação dos materiais. Os operadores precisam buscar manualmente os caminhos corretos, o que gera dificuldades e atrasos no tempo de entrega. A implementação de um sistema visual simplificado nos locais, permitindo uma identificação mais rápida e precisa dos caminhos e dos processos que eles representam.
P01	MEDIA	Falta de padronização das entregas de peças corrigidas para facilitar a gestão de estoque.	Padronizar o processo de entrega dos parafusos corrigidos, visando melhorar a gestão de estoque e facilitar o controle de materiais.	Durante o processo de entrega e armazenamento dos parafusos corrigidos após sua produção.	Na seção de preparação de parafusos corrigidos e na área de estoque.	Operários.	A falta de padronização nas entregas de parafusos corrigidos dificulta a gestão de estoque, causando divergências e inconsistências no controle de materiais.	Atualmente, o processo de entrega dos parafusos corrigidos não segue um padrão definido, o que gera inconsistências nas entregas e excessos de estoque. Ao adotar um sistema de padronização, com etiquetas e quantidades claras, será possível melhorar a gestão de estoque e facilitar o controle de materiais. A implementação de um processo padronizado, com etiquetas regulares e quantidades padronizadas, melhorará significativamente a eficiência do controle de estoque e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.	A análise de um processo padronizado de entrega de parafusos corrigidos está sendo realizada e a gestão de estoque, incluindo em divergências e dificuldades no controle dos materiais. A implementação de um processo padronizado, com etiquetas regulares e quantidades padronizadas, melhorará significativamente a eficiência do controle de estoque e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.
P02	BAIXO	Tempo de busca de peças que causam atrasos na produção.	Analisar tempos de busca e tempo gasto na busca de peças que causam atrasos na produção, visando otimizar o processo de busca e reduzir o desperdício de tempo.	Durante o processo de busca e armazenamento das peças, quando peças programadas ou parafusos corrigidos causam atrasos na produção.	Na área das máquinas de corte, principalmente nas seções onde as peças costumam apresentar problemas.	Operários.	O tempo gasto para localizar e recuperar peças que causam atrasos na produção das máquinas de corte é elevado, afetando a produtividade e causando atrasos.	Atualmente, o tempo gasto para localizar e recuperar peças que causam atrasos na produção das máquinas de corte é elevado, afetando a produtividade e causando atrasos. Isso ocorre devido à falta de organização e à dificuldade de encontrar as peças corretas. A implementação de um sistema de organização, com etiquetas regulares e quantidades definidas, otimizará o processo de busca e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.	O processo de busca e recuperação de peças que causam atrasos na produção das máquinas de corte está sendo analisado e a produtividade, incluindo em divergências e dificuldades no controle dos materiais. A implementação de um processo padronizado, com etiquetas regulares e quantidades padronizadas, melhorará significativamente a eficiência do controle de estoque e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.
P03	ALTA	Peças duplicadas, causando inconsistências e atrasos na produção.	Analisar quantidades e identificar peças duplicadas, visando otimizar o processo de produção e reduzir o desperdício de material.	Durante o processo de programação e corte de sistemas repetitivos no material.	Nas máquinas de corte e durante o planejamento de produção na seção de preparação de materiais.	Operários de corte, programadores e equipe de planejamento de produção.	Ocorrência excessiva de peças duplicadas repetidamente sem necessidade, resultando em duplicações desnecessárias e desperdício de material e tempo.	Atualmente, há uma falta de clareza sobre quando é realmente necessário repetir o corte de uma peça de uma ordem que já foi cortada anteriormente. Isso gera duplicações desnecessárias, afetando a produtividade e aumentando o desperdício de material e tempo. A implementação de um sistema de controle, com etiquetas regulares e quantidades definidas, otimizará o processo de busca e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.	O processo de corte está sendo analisado e a produtividade, incluindo em divergências e dificuldades no controle dos materiais. A implementação de um processo padronizado, com etiquetas regulares e quantidades padronizadas, melhorará significativamente a eficiência do controle de estoque e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.
P04	MEDIA	Falta de comunicação clara sobre alterações de projetos na fábrica.	Melhorar a comunicação sobre alterações de projetos entre a equipe de engenharia e a fábrica, garantindo que as mudanças sejam implementadas corretamente e em tempo hábil.	Sempre que houver uma alteração ou atualização em um projeto que afeta a fabricação dos componentes.	Na comunicação entre a engenharia de produtos, PCT e a equipe de produção na fábrica.	Equipe de engenharia de produtos, programadores de corte, operadores e gestores de produção.	As alterações de projetos nem sempre são comunicadas adequadamente à fábrica, resultando em produção de peças com especificações erradas, o que gera retrabalho, desperdício de material e atrasos nas entregas.	Atualmente, quando um projeto é atualizado na engenharia de produtos, a comunicação com a fábrica pode não ser clara ou completa, resultando em peças produzidas com especificações erradas. Isso gera retrabalho, desperdício de material e atrasos nas entregas. A implementação de um sistema de comunicação clara e automatizada entre a engenharia de produtos e a fábrica, incluindo a utilização de um sistema de notificação em tempo real, ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.	As alterações de projetos não estão sendo comunicadas de maneira eficiente à fábrica, o que gera retrabalho, desperdício de material e atrasos nas entregas. A implementação de um sistema de comunicação clara e automatizada entre a engenharia de produtos e a fábrica, incluindo a utilização de um sistema de notificação em tempo real, ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.
P05	MUITO BAIXO	Dispersão e layout dos componentes e máquinas na seção, criando obstáculos e interferências no corte.	Analisar o layout e a organização e layout das diversas componentes e máquinas na seção, visando melhorar a eficiência e a produtividade.	Durante o planejamento e organização da seção de produção, visando otimizar o espaço e a movimentação dos operadores.	Na seção de preparação de materiais, especificamente nas áreas onde estão localizadas as máquinas de corte e de acabamento.	Engenheiros de processo, operadores, equipe de logística e gestores de produção.	O layout atual das máquinas e componentes não está otimizado, causando interferências no fluxo de trabalho, dificuldades de movimentação e atrasos na produção.	Atualmente, a dispersão das máquinas de corte, acabamento e outros componentes da seção não segue um layout otimizado, o que gera interferências e atrasos na produção. A implementação de um layout otimizado, com etiquetas regulares e quantidades definidas, otimizará o processo de busca e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.	A dispersão das máquinas e componentes não está otimizada, causando interferências no fluxo de trabalho, dificuldades de movimentação e atrasos na produção. A implementação de um layout otimizado, com etiquetas regulares e quantidades definidas, otimizará o processo de busca e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.
P06	MUITO BAIXO	Falta de relação clara sobre modificações de projetos e especificações.	Implementar um sistema de relação clara e organizada para as modificações de projetos e especificações, visando facilitar a comunicação e a implementação de mudanças.	Sempre que houver alterações nos projetos ou nos planejamentos de componentes durante o desenvolvimento e execução da produção.	Na comunicação entre a engenharia de produtos, PCT, operadores e equipe de produção.	Engenheiros de produto, programadores de corte, operadores, PCT e gestores de produção.	As modificações feitas nos projetos e planejamentos nem sempre são registradas e comunicadas adequadamente, resultando em erros no processo de produção, retrabalho e aumento de custos.	Atualmente, não há um sistema eficiente para registrar e comunicar as modificações feitas nos projetos e planejamentos, o que gera dificuldades e atrasos na produção. A implementação de um sistema de comunicação clara e organizada para as modificações de projetos e especificações, incluindo a utilização de um sistema de notificação em tempo real, ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.	A análise de um sistema claro para registrar e comunicar as modificações nos projetos e planejamentos está sendo realizada e a produtividade, incluindo em divergências e dificuldades no controle dos materiais. A implementação de um sistema de comunicação clara e organizada para as modificações de projetos e especificações, incluindo a utilização de um sistema de notificação em tempo real, ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.
P07	ALTA	Verificação de uso de macros pelas programadoras na identificação de problemas.	Analisar a utilização de macros pelas programadoras para a identificação de problemas durante o processo de programação e corte.	Durante a programação de cortes e enquanto as programadoras estão analisando e resolvendo problemas que surgem nos ordens de produção.	Na seção de programação de corte e no fechamento do software utilizado para o controle de produção.	Programadoras, engenheiros de processo e equipe de produção.	A falta de uma utilização eficaz de macros pode gerar problemas na identificação de problemas e atrasos na produção, resultando em custos adicionais e retrabalho.	Atualmente, as programadoras podem não estar utilizando macros de forma adequada em suas atividades rotineiras, o que dificulta a identificação de problemas e a resolução dos mesmos. A implementação de um sistema de macros, com etiquetas regulares e quantidades definidas, otimizará o processo de busca e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.	A verificação do uso de macros pelas programadoras para a identificação de problemas não está sendo realizada de maneira adequada, o que gera dificuldades e atrasos na produção. A implementação de um sistema de macros, com etiquetas regulares e quantidades definidas, otimizará o processo de busca e ajudará a evitar problemas como excessos de material em estoque.

P02	ALTA	<p>Estudo de Buffer de entrega para as diferentes linhas de montagem</p> <p>Realizar a simulação e a eficácia da implementação do buffer de entrega para as diferentes linhas de montagem, visando otimizar o fluxo de produção e reduzir o risco de interrupção.</p>	<p>Durante o planejamento de produção e nos dias de entrega de componentes para as linhas de montagem.</p>	<p>Nas diferentes linhas de montagem de seção de produção.</p>	<p>Equipes de logística, operadores das linhas de montagem e gestores de produção.</p>	<p>A falta de buffers estratégicos de entrega pode levar a interrupções nas linhas de montagem devido à falta de componentes, impactando a eficiência da produção.</p>	<p>Atualmente, a logística de entrega de componentes para as linhas de montagem não considera a implementação de buffers, resultando em uma divergência entre a falta de peças. Quando um componente não está disponível, a linha de montagem para ser parada, causando atrasos e impactos negativos no atendimento ao cliente. Um estudo sobre a implementação de buffers e pontos de entrega a garantir que cada linha tenha em estoque níveis de peças críticas, permitindo que as operações continuem mesmo durante variações na demanda ou atrasos na entrega.</p>	<p>A ausência de um sistema de buffers de entrega nas diferentes linhas de montagem está relacionado em interrupções frequentes e multações operacionais. A implementação de buffers estratégicos ajudará a manter um fluxo de produção contínuo, minimizando o impacto de falta momentânea de componentes. Isso ajudará a ser mais ágil para identificar quais componentes devem ser acumulados nos buffers, bem como o tamanho ideal para esses estoques, para garantir que cada linha de montagem tenha o que precisa para operar sem interrupções.</p>
P03	MÉDIA ALTA	<p>Problema de armazenamento de insumos na seção</p> <p>Os insumos estão expostos para lesão em diferentes pontos, resultando em entregas atrasadas e perda de tempo durante a busca por materiais.</p>	<p>Durante a preparação de material</p>	<p>Nas diferentes áreas onde é armazenado os insumos</p>	<p>Máquina de corte a laser, que depende o material de forma desorganizada, sem um sistema de armazenamento padronizado.</p>	<p>Trabalha de diferentes turnos sendo multados, dificultando a organização e o controle das peças.</p>	<p>A falta de um sistema de armazenamento eficiente para os insumos está causando confusão na organização dos materiais. Sem uma estratégia clara de organização, os operadores perdem tempo buscando insumos em diferentes pontos, aumentando o risco de erros e prejudicando o fluxo de trabalho. Isso também impacta negativamente o tempo de resposta para entregas e compromete a eficiência geral de produção.</p>	<p>A ausência de um sistema de armazenamento organizado para os insumos, com uma classificação por turnos, está resultando em entregas atrasadas, perda de tempo e interrupções no processo produtivo.</p>
P04	ALTA	<p>Identificação das Amaturas de Distribuição</p> <p>As amaturas de Distribuição possuem um padrão em diferentes pontos para que os preparadores possam verificar qual é a peça correspondente ao desenho e ao tamanho.</p>	<p>Durante a preparação de material</p>	<p>Preparação de Amatura de Distribuição</p>	<p>Preparadores</p>	<p>Todos as amaturas de Distribuição</p>	<p>Falta de marcação do desenho nas peças de distribuição geram um grande transtorno na busca das peças.</p>	<p>Necessidade de identificar as peças de distribuição, fazendo medidas com trena, buxam com que faça um acerto de peças e um gate de tempo elevado.</p>
P05	MÉDIA ALTA	<p>Consistência de furação executada em corte plasma - Chapas de aço no corte de plasma</p>	<p>Durante o corte de componentes na máquina de corte plasma 300</p>	<p>máquina de corte a plasma.</p>	<p>Operadores</p>	<p>Peças com furação em chapas de espessuras específicas</p>	<p>Peças apresentam inconsistência de furação para chapas de espessuras específicas</p>	<p>Conforme norma NPP 30022 (Instruções Fabricação de componentes) com o método de máquina, os valores de velocidade podem ficar entre 0,5 mm a 1,5 mm. Logo a norma NPP 1005 (Instruções em tridimensionais) define em 1,5 mm a máquina de plasma. Em análise das normas CN e capacidade apresenta uma medida de 2,0 mm variando entre 2 e 4,5 mm.</p>

APÊNDICE D – WFR - 27520 - RELATÓRIO DE MELHORIA - QUICK KAIZEN) .

Figura 65 – Formulário A3 - WFR - 27520.

WMS WEG		Relatório de melhoria - Quick Kaizen			
Área responsável		Área impactada		Equipe	
Unidade:		Unidade:		Autor:	
Depto:		Depto:		Coordenador:	
Seção:		Seção:		Membros:	
Título:			Gestor:		Implantado em:
Situação antes da melhoria (Kaizen)			Descrição da melhoria (Kaizen)		
Impacto WMS <input type="radio"/> SAF <input type="radio"/> CD <input type="radio"/> FI <input type="radio"/> WO <input type="radio"/> AM <input type="radio"/> PM <input type="radio"/> QC <input type="radio"/> LOG <input type="radio"/> EEM <input type="radio"/> EPM <input type="radio"/> PD <input type="radio"/> ENV <input type="radio"/> ENE <input type="radio"/> Office					
Investimentos	Categoria	Resultados (ganhos obtidos)		Padronização	
	<input type="radio"/> Qualidade <input type="radio"/> Custo (produtividade) <input type="radio"/> Atendimento <input type="radio"/> Moral <input type="radio"/> Segurança (saúde e ergonomia)			Há criação/alteração de norma? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim Há criação/alteração em TLT? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim Há criação/alteração em sistema? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim Há criação/alteração em outro aspecto? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim	

WFR-27520 PT - Rev. 08 - 11/2023

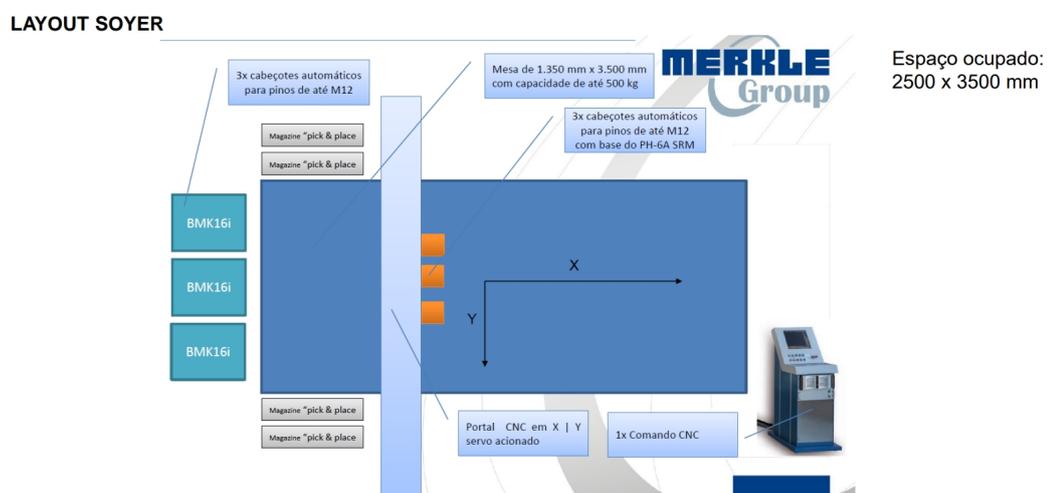
Fonte: (WEG, 2024b).

ANEXO A – SIGILOSO

- A.1 WPM - 2129 - MELHORAR PROCESSOS - IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DO PROGRAMA 5S)
- A.2 SIGILOSO - GERENCIAMENTO DE ROTINA (GR) - OUTUBRO.
- A.3 SIGILOSO - PROGRAMA WEG DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE (PWQP) - OUTUBRO.
- A.4 SIGILOSO - AUDITORIA DE SEGURANÇA 09/09/2024
- A.5 SIGILOSO - RELATÓRIO DE CUSTO DE MÃO DE OBRA DIRETA E CAPACIDADE OPERACIONAL DA SEÇÃO DE PREPARAÇÃO.

ANEXO B – LAYOUT DA MÁQUINA CNC DE SOLDA DE PINOS ROSCADOS

Figura 66 – Layout da Máquina CNC de solda de pinos roscados.



Fonte: (WEG, 2024b).