



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Guilherme Santos Mendes

**ABORDAGEM INTEGRADA PARA MELHORIA
DO PROCESSO DE *SETUP* DE UMA NOVA
LINHA DE LAMINAGEM**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada pelo Professor Doutor Luís Miguel D.F. Ferreira e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Julho de 2023



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Abordagem Integrada para Melhoria do Processo de *Setup* de uma Nova Linha de Laminagem

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Integrated Approach for Improving the Setup Process of a New Rolling Line

Autor

Guilherme Santos Mendes

Orientador

Professor Doutor Luís Miguel D. F. Ferreira

Júri

Presidente Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Associado da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor Luís Miguel D. F. Ferreira
Professor Associado da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Bollinghaus Steel, Lda.

Coimbra, fevereiro, 2023

“Discovery consists of looking at the same thing as everyone else and thinking something different.”

Roger von Oech, 2008.

Aos meus pais, Carina e Rui.

Agradecimentos

Durante o desenvolvimento desta dissertação, houve um conjunto de pessoas que desempenharam um papel essencial para torná-la possível, ao qual quero expressar minha profunda gratidão.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Luís Miguel Ferreira, pela disponibilidade, atenção e orientação prestada durante todo o período de estágio. Esteve sempre disponível para examinar e resolver as minhas dúvidas, sendo o seu papel fundamental para a execução e conclusão deste projeto.

Gostaria também de agradecer à Bollinghaus-Steel, pela possibilidade de integração na equipa de engenharia de processo, sendo fundamental para a execução do projeto. Em especial, quero agradecer aos meus orientadores Eng. Vasco Ferreira e Eng. João Sismeiro, por toda a disponibilidade, apoio e conhecimento dado durante o projeto. De forma complementar, queria agradecer ao Eng. João Fernandes, ao Eng. Flávio Dinis, ao Téc. Mauro Bento, ao Eng. Nélio Mourato e ao Eng. Miguel Coelho por toda a ajuda e conselhos prestados, mostrando-se sempre disponíveis para ajudar a desenvolver todo o trabalho necessário. Agradeço também ao estagiário João Ferreira, pelo companheirismo e partilha de ideias durante o estágio.

Agradeço também à minha família, em especial aos meus pais Carina e Rui, por todo o apoio incondicional, motivação e compreensão no desenvolvimento desta etapa. São um exemplo para mim.

Por fim, quero agradecer a todos os meus colegas e amigos por todo o tipo de ajuda prestada, sendo uma fonte de motivação para a realização de todo o projeto.

A todos, o meu profundo agradecimento!

Resumo

A otimização de recursos e eliminação de desperdícios são ações cada vez mais valorizadas pelas organizações. A Boellinghaus Steel, assim como muitas empresas, procura desenvolver as suas ferramentas de melhoria contínua, de forma a alcançar melhores resultados. Da procura pela eficiência dos processos, surge a necessidade de redução dos tempos de mudança de ferramenta de uma nova linha de laminagem.

Estabeleceram-se dois objetivos principais: o desenvolvimento de um processo de *setup* padronizado e a redução de 15% do seu tempo, em cinco meses. De forma a abordar o projeto, numa etapa inicial procurou-se conhecer a empresa, o processo produtivo em estudo e a caracterização detalhada do problema. Numa segunda etapa, é aplicada a metodologia DMADV (Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar), sendo utilizada a ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*) na fase analisar.

O primeiro objetivo foi cumprido, sendo desenvolvido um processo padronizado, eficiente e seguro para troca de ferramenta da nova linha, culminando na implementação de 8 instruções de trabalho.

De seguida, analisaram-se diversas propostas de melhoria, com uma lógica gradual de investimento financeiro. É de realçar que para a primeira proposta, com a utilização eficiente dos recursos da empresa, é esperado um decréscimo de 26% do tempo das tarefas internas, sendo demonstrada uma solução para atingir o segundo objetivo. Com investimento financeiro, na aplicação de modificações nas travessas e no desenvolvimento do *Dummy Stand*, é estimado atingir uma redução de 73% do tempo interno.

Foram aceites 5 das 7 propostas de melhoria, sendo completada a sua implementação quando terminar a fase de testes do equipamento.

Palavras-chave: DMADV, SMED, Melhoria Contínua, Nova Linha de Laminagem, Processo de *Setup*.

Abstract

The optimization of resources and waste elimination are increasingly valued actions by organizations. Boellinghaus Steel, like many companies, seeks to develop its continuous improvement tools to achieve better results. This pursuit of process efficiency has led to the need for reducing tool changeover times in a new rolling line.

Two main objectives were established: the development of a standardized setup process and a 15% reduction in its time within five months. To address the project, the initial stage involves an effort to understand the company, the production process, and a detailed characterization of the problem. In the second stage, the DMADV methodology (Define, Measure, Analyse, Design and Verify) is applied, with the use of the SMED (Single Minute Exchange of Die) tool during the analysis phase.

The first objective has been achieved, namely the development of a standardized, efficient, and safe tool change process for the new line, resulting in the implementation of 8 work instructions.

Afterwards, several improvement proposals were analysed, following a gradual logic of financial investment. It is worth highlighting that for the first proposal, by efficiently utilizing the company's resources, a 26% reduction in internal task times is expected, with a solution being demonstrated to achieve the second main objective. With financial investment in modifications to the tooling crossbars and the development of the Dummy Stand, a 73% reduction in internal time is estimated.

Five out of seven improvement proposals have been accepted, and their implementation will be completed once the equipment testing phase concludes.

Keywords DMADV, SMED, Continuous Improvement, New Rolling Line, Setup Process.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Simbologia e Siglas	xv
Simbologia.....	xv
Siglas	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Estrutura do Plano de Investigação.....	2
1.2.1. Estratégia de Investigação	2
1.3. Estrutura da Dissertação	4
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1. Conceito <i>Lean Manufacturing</i>	5
2.2. Princípios <i>Lean</i>	6
2.3. Tipos de Desperdícios.....	7
2.4. Ferramentas <i>Lean</i>	8
2.4.1. 5S.....	11
2.4.2. <i>Total Productive Maintenance</i>	12
2.4.3. Metodologia SMED.....	18
2.4.4. <i>Standard Work</i>	22
2.4.5. OEE, Métrica para Monitorização da Eficiência.....	23
2.5. 6 Sigma	25
2.5.1. Estado do Processo e Metodologia a Aplicar	25
2.5.2. <i>Design for Six Sigma (DFSS)</i>	27
3. ESTUDO DE CASO	31
3.1. Caracterização da Empresa e do Processo Produtivo	31
3.1.1. Boellinghaus-Steel.....	31
3.1.2. Matéria-Prima.....	32
3.1.3. Processos de Fabrico	33
3.1.4. Produtos	38
3.2. Caracterização do Problema	39
3.3. Metodologia Adotada	41
3.3.1. Fase 1 - Definir	42
3.3.2. Fase 2 – Medir	49
3.3.3. Fase 3 – Analisar	53
3.3.4. Fase 4 - Desenhar	85
3.3.5. Fase 5 – Verificar	91
4. Lições Aprendidas e Práticas Recomendadas	95
5. Conclusões.....	97

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
APÊNDICE A – <i>Project charter</i>	103
APÊNDICE B – Atividades e tarefas das ISP 2 a 8	105
APÊNDICE C – Retirar SRD Da Caixa de Laminagem.....	112
APÊNDICE D – Retirar Guias das Travessas.....	113
APÊNDICE E – Retirar Travessas dos Montantes	114
APÊNDICE F – Desacoplar cilindros do SRD no Robô	115
APÊNDICE G – Acoplar cilindros ao SRD no Robô	116
APÊNDICE H – Inserir Travessas	117
APÊNDICE I – Inserir Guias	118
APÊNDICE J – Colocar SRD na Caixa de Laminagem	119
APÊNDICE K – Tabelas de Verificação Antes e Depois da Mudança	120
APÊNDICE L – Tabela exemplo de Transformação de atividades internas em externas (Proposta F)	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ciclos investigação ação (adaptado de Oliveira, 2012).	3
Figura 2.1. “Casa” do Lean (adaptado de (Dennis, 2005)).	9
Figura 2.2. 8 pilares do TPM (Adaptado de Ahuja e Khamba (2008)).	13
Figura 2.3. ISM (<i>Interpretative Strutral Modelling</i>) das barreiras do TPM (adaptado de Singh (2014)).	17
Figura 2.4 Cálculo OEE com base nas seis maiores perdas (Adaptado de Ahuja e Khamba (2008)).	24
Figura 3.1. História da empresa.	32
Figura 3.2. Processo produtivo geral.	34
Figura 3.3. Processo produtivo da nova linha de laminagem.	36
Figura 3.4. Layout da nova linha de laminagem.	37
Figura 3.5. Exemplos de produtos finais (Boellinghaus-Steel, 2023).	39
Figura 3.6. Gráfico <i>gantt</i> das fases do projeto.	43
Figura 3.7. SIPOC do processo de mudança SRD.	45
Figura 3.8. Imagem do SRD.	48
Figura 3.9. Tempo total do processo de <i>setup</i>	51
Figura 3.10. Histograma dos tempos da atividade (28), colocar sistema de aperto de guia.	56
Figura 3.11. Histograma dos tempos da atividade (27), colocar guias.	57
Figura 3.12. Histograma dos tempos da atividade (8), remover guias.	58
Figura 3.13. Percentagens de cada variável dos custos do TA.	59
Figura 3.14. Identificação atual robô.	61
Figura 3.15. Manípulos para movimentação do robô.	61
Figura 3.16. Travessa acoplada ao montante.	62
Figura 3.17. Layout proposto para a zona de <i>setup</i>	63
Figura 3.18. Diagramas de <i>spaghetti</i> da movimentação das travessas.	64
Figura 3.19. Diagramas de <i>spaghetti</i> da movimentação para remoção das guias.	64
Figura 3.20. Diagramas de <i>spaghetti</i> da movimentação para colocação das guias.	65
Figura 3.21. Diagramas de <i>spaghetti</i> das movimentações dos operadores para o subprocesso 1.	66

Figura 3.22. Diagramas de <i>spaghetti</i> das movimentações dos operadores para o subprocesso 8.....	66
Figura 3.23. Desenho ilustrativo do robô.....	68
Figura 3.24. Protótipo de um sistema em guia de correr para grampos do robô.....	68
Figura 3.25. Desenho da proposta para maquinação dos rasgos das travessas.....	72
Figura 3.26. Desenho da travessa com rasgos maquinados.....	73
Figura 3.27. Desenho da proposta para alteração da estrutura das travessas.....	73
Figura 3.28. Ilustração da travessa com as guias montadas.....	74
Figura 3.29. Protótipo em desenvolvimento do <i>Dummy Stand</i>	75
Figura 3.30. Desenho de um montante.....	77
Figura 3.31. Desenho da plataforma guia.....	77
Figura 3.32. Tempo interno total das 7 propostas desenvolvidas.....	79
Figura 3.33. Matriz custo-benefício das 7 propostas desenvolvidas.....	80
Figura 3.34. Proposta de layout para as guias.....	82
Figura 3.35. Zona 1.....	82
Figura 3.36. Zona 2.....	83
Figura 3.37. Paleta danificada.....	84
Figura 3.38. Movimentação das guias para zona de <i>setup</i>	85
Figura 3.39. Caixas de arrumação implementadas no NT.....	86
Figura 3.40. Etiquetagem desenvolvida no robô.....	86
Figura 3.41. Etiquetagem desenvolvida nas manetes da centralina hidráulica do robô.....	87
Figura 3.42. Diferencial colocado para nivelar a travessa.....	87
Figura 3.43. Guia antes e depois de colocar olhais e chapa de identificação.....	88
Figura 3.44. SIPOC das tarefas internas do processo a médio prazo.....	89
Figura 3.45. SIPOC das tarefas externas do processo a médio prazo.....	90
Figura 3.46. Divisão do gráfico do controlo por zonas (adaptado de (Zarandi, 2008)).....	92
Figura 3.47. Fluxograma das principais atividades do processo de controlo.....	94

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Metodologia 5'S.	11
Tabela 2.2 Barreiras à implementação do TPM (adaptado de Cooke (2000)).	17
Tabela 2.3. Estados de um processo (adaptado de Cronemyr (2007))	26
Tabela 2.4. Fases do DMADV (adaptado de Mehrjerdi (2011)).....	27
Tabela 3.1. Qualidades de matérias-primas utilizadas na produção.....	33
Tabela 3.2. Definição do Problema segundo 5W2H.	40
Tabela 3.3. Equipa de trabalho do projeto.....	42
Tabela 3.4. Atividades e tarefas da ISP: retirar SRD da caixa de laminagem.....	46
Tabela 3.5. Análise ABC das atividades do processo.	51
Tabela 3.6. Análise de tempos e poupanças para a proposta A.....	67
Tabela 3.7. Análise de tempos e poupanças com aplicação do sistema em guia nos grampos.	69
Tabela 3.8. Análise de tempos e poupanças com aquisição de olhais.....	70
Tabela 3.9. Análise de tempos e poupanças com aquisição de olhais.....	71
Tabela 3.10. Análise de Tempos e Poupanças com Modificações nas Travessas.....	74
Tabela 3.11. Análise de tempos e poupanças com desenvolvimento do “Dummy Stand”.	76
Tabela 3.12. Análise de subintervalos de gráficos de controlo.	92

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

h – Horas;

mm – Milímetros;

min – Minutos;

s – Segundos;

Siglas

AISI – American Iron and Steel Institute

CD 1 – Cold Drawing 1

CD 2 – Cold Drawing 2

EN – European Norm

DFSS – Design for Six Sigma

DMADV – Define, Measure, Analyse, Design, Verify

ISO – International Organization for Standardization

ISP – Instrução Standard de Produção

JIS – Japanese Industrial Standards

JIT– Just In Time

KPI – Key Performance Indicator

NT – Novo Trem

PTR – Preparação de Trabalho

SIPOC – Suppliers, Inputs, Process, Output, Customers

SMED – Single Minute Exchange of Die

SRD – Sliding Reversivel Duo

TPM – Total Productive Maintenance

TQM – Total Quality Management

TA – Trem Aberto

TC – Trem Contínuo

TT – Tratamento Térmico

VOC – *Voice of Customer*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo de caso foi desenvolvido no âmbito da realização de um estágio curricular na Bollinghaus-Steel, empresa que opera no setor da produção de aços inoxidáveis laminados a quente e estirados a frio.

A empresa possui um sistema de produção muito flexível, totalmente orientado pelos requisitos dos clientes. E como diz Jorge Correia (Administrador Geral): “A Bollinghaus não produz produtos, produz soluções!”. Como resultado surge um elevado número de referências a produzir, com quantidades de lote reduzidas. Contudo, como em qualquer outra unidade de produção, há o objetivo de manter os padrões de eficiência elevados, o que eleva a complexidade do sistema.

Portanto, é estratégico para a empresa possuir tempos de mudança de ferramenta reduzidos, que permita o máximo de tempo de utilização dos equipamentos. Isto é possível com a otimização dos métodos de trabalho. No entanto, para manter o equipamento na sua melhor condição o maior tempo possível, necessitamos de um sistema de manutenção eficaz, que consiga desenvolver melhorias sistemáticas no sistema.

Este trabalho pretende demonstrar de que forma é possível uma adaptação às novas exigências do mercado, enquanto se elevam os padrões de eficiência da empresa. Recorre-se à combinação de ferramentas *Lean* e *Six Sigma* para desenvolvimento de melhorias no processo.

1.1. Objetivos

No decorrer dos 5 meses de trabalho, são definidos dois objetivos a alcançar:

- O desenvolvimento de um processo de trabalho estruturado, eficiente e seguro para a mudança de ferramenta da nova linha;
- Como objetivo quantitativo, foi estabelecido a redução do tempo de mudança do SRD (*Sliding Reversivel Duo*) em 15%, face á situação inicial.

Como objetivos secundários são de salientar:

- Estudo de tempos e métodos do processo de *setup*;
- Análise de fluxos dos recursos, identificando a capacidade do processo e possíveis melhorias;
- Identificar, analisar e eliminar todo o tipo de desperdícios existentes no processo;
- Aumentar disponibilidade, eficiência e qualidade do processo;
- Definir a melhor sequência para o processo de *setup*.

1.2. Estrutura do Plano de Investigação

Com base na estrutura proposta por Saunders (2012) para a formulação de um plano de investigação, também conhecida como "the research onion", este estudo segue uma abordagem de investigação com os seguintes elementos: filosofia interpretativista, abordagem dedutiva, estratégia de investigação investigação-ação, método misto, horizonte temporal transversal e utilização de técnicas e procedimentos de recolha e análise de dados.

Para recolha e análise de dados, é utilizada essencialmente a observação estruturada (análise de tempos e métodos) e análise de dados secundários. Os dados secundários são obtidos essencialmente por análise documental de diversas publicações científicas, documentos da empresa alvo de estudo e partilha de conhecimento entre investigador, orientadores e colegas de trabalho.

A análise dos dados recolhidos é fundamentalmente quantitativa, que envolvem a utilização de ferramentas estatísticas que permite extrair conclusões dos resultados obtidos. Por outro lado, analisou-se uma grande componente de informação qualitativa, proveniente de uma comunicação ativa entre membros da equipa, de forma a partilhar conhecimento teórico e prático. Este tipo de análise envolve o conhecimento detalhado do processo em estudo e uma abordagem refletiva tendo em conta os diversos pontos de vista.

1.2.1. Estratégia de Investigação

Neste caso de estudo é utilizada a metodologia investigação-ação, uma vez que é apropriada a ambientes de trabalho que mudam frequentemente. Esta metodologia tem um

caracter cíclico, sendo que evolui perante a dualidade entre a necessidade de pesquisa teórica (para fundamentar a escolha de determinadas ações) e resolução dos problemas práticos que vão surgindo.

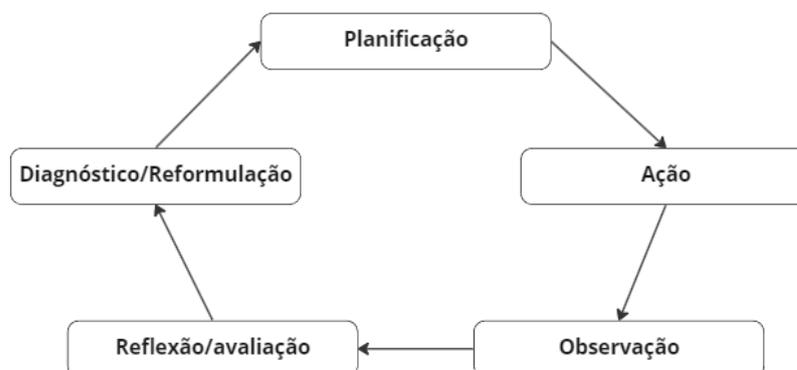


Figura 1.1. Ciclos investigação ação (adaptado de Oliveira, 2012).

As reformulações propostas partem da recolha sistemática de informação, isto é, da análise de dados de investigações já efetuadas na área. Na planificação é definido o problema e toda a estrutura inicial do projeto. Nesta fase, além do estudo sobre área do problema e o acompanhamento do processo atual, é importante desenvolver uma investigação exploratória na tentativa de desenvolver algo inovador.

Depois de planeada, é aplicada determinada ação e observados os resultados dessa implementação. De seguida são avaliadas as ações tomadas com base em análise de dados e comparação dos KPI's escolhidos. Há verificação do cumprimento de objetivos estabelecidos. Perante a avaliação feita, são diagnosticadas novas prioridades de melhorias a desenvolver. Novamente com análise de estudos já desenvolvidos são planeadas novas ações a implementar. São também deixadas possíveis situações a melhorar em projetos futuros.

Esta estratégia de investigação requer um envolvimento prático com o problema e o seu contexto real. Para tal, é necessária uma colaboração com profissionais e todas as partes interessadas no projeto, de forma a identificar problemas, planejar intervenções e avaliar resultados. Esta colaboração requer adaptação e flexibilidade, sendo fatores essenciais para boa execução do ciclo de investigação-ação.

1.3. Estrutura da Dissertação

O documento encontra-se dividido em 5 capítulos. O presente capítulo, serve como breve enquadramento ao tema, sendo enunciados objetivos e metodologia seguida.

No segundo capítulo, é desenvolvida uma revisão da literatura, abordando as metodologias *Lean* e *Six Sigma*. Na metodologia *Lean* são aprofundadas as ferramentas SMED, o cálculo do OEE e pontos chave do TPM. Relativamente ao *Six Sigma*, são analisados conceitos da ramificação *Design for Six Sigma*, uma vez que o processo alvo de investigação ainda não está padronizado.

De seguida, no capítulo 3, desenvolve-se o estudo de caso. Apresenta-se a empresa onde foi desenvolvido o trabalho. É detalhado o estado atual do processo a analisar, identificando todas as variáveis importantes. Ainda no capítulo 3, aborda-se cada uma das fases do ciclo DMADV. São analisadas e propostas melhorias ao processo. Destas, consoante os recursos, são selecionadas propostas para implementação e verificados os resultados obtidos.

No capítulo 4, são resumidas as principais lições aprendidas com o trabalho desenvolvido, sendo feitas algumas sugestões para projetos com desafios semelhantes. Por fim, no quinto e último capítulo, conclui-se sobre o desenvolvimento do projeto e apresentam-se propostas de seguimento ao trabalho desenvolvido.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente capítulo tem como objetivo a análise e investigação dos principais conceitos teóricos. Esta revisão da literatura tem como base a filosofia de produção *Lean*, tendo como foco as principais ferramentas e princípios que permitem criar um sistema de produção com o mínimo desperdício e máximo de valor acrescentado. Tem como principal foco as ferramentas SMED, TPM, 5S e *Standard Work*, uma vez que serviram de base para as melhorias apresentadas à empresa.

Por fim, é descrita a metodologia DMADV, proveniente da abordagem Design for Six Sigma. É uma metodologia estruturada para desenvolvimento de novos processos ou produtos.

2.1. Conceito *Lean Manufacturing*

Esta terminologia não tem uma definição fixa, estando intrinsecamente ligada a toda a evolução industrial. Resultou de uma evolução sistemática das metodologias adotadas principalmente pelo setor automóvel e têxtil japonês, em resposta a condições contingentes vivenciadas. De forma a evoluir, a indústria ocidental abordou essas metodologias, aplicou aos seus sistemas e tem vindo a melhorar ciclicamente estas ferramentas.

Recuando no tempo, no final do século XIX, Frank e Lilian Gilbreth, desenvolveram os primeiros estudos de tempos e métodos de engenharia industrial. Porém, a produção em massa surgiu em 1920, com Henry Ford, que desenvolveu a primeira linha de produção em massa, que gerava o modelo Ford T.

Contudo, os fundamentos desta filosofia de produção começaram com o desenvolvimento da *Toyota Production System*, onde uma equipa de engenheiros liderada por Taichi Ohno criaram um conjunto de ideias orientadas à otimização dos processos produtivos, através da maximização do valor e a minimização do desperdício.

O termo *Lean production* foi disseminado em massa desde a publicação do livro “*The Machine That Changed The World*” (Womack, 1990), onde estão investigadas as diversas formas de atingir uma produção *lean*. Estas ferramentas permitem diminuir o espaço

utilizado para produção, o esforço dos colaboradores, a quantidade de inventário, o investimento em ferramentas, os defeitos e, portanto, permite um maior valor acrescentado para o cliente.

2.2. Princípios *Lean*

Womack e Jones, (1997) definiram 5 princípios chave para o pensamento lean, que são o valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, sistema pull e perfeição. Estes princípios são a base para eliminar desperdícios.

- **Valor:** O primeiro princípio do Lean é focar no valor do produto ou serviço para o cliente. Portanto há necessidade de foco nas necessidades do cliente, para desenvolver um produto que as supere. Logo, valor, são todos os processos e tarefas que atribuem características ao produto, pela quais o cliente está disposto para pagar. Saber distinguir tarefas de valor acrescentado e de não valor acrescentado é essencial para identificar desperdícios.

- **Cadeia de Valor:** corresponde a uma análise detalhada de todo o processo, desde o fornecedor de matéria-prima até à entrega do produto final. O VSM, é apresentado como uma ferramenta eficaz para proceder a esta análise, identificando nos diversos processos tarefas de valor não acrescentado e ineficiências.

- **Fluxo Contínuo:** após a identificação de valor e eliminação dos desperdícios, é necessário trabalhar para garantir que o processo produtivo ocorra sem interrupções, com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo e aumentar a eficiência. Assim, são evitadas esperas, stocks e interrupções, de modo a conseguir corresponder com as datas de entrega e necessidades do cliente.

- **Sistema Pull:** sendo o cliente o ponto central do processo, é essencial produzir apenas o que o cliente quer e quando quer. Desta forma, é possível reduzir a acumulação de stocks intermédios e finais, pois há uma produção em função das necessidades do cliente. Além da redução de desperdícios, há também a capacidade de customização da encomenda, tendência que se verifica cada vez mais. Com este sistema o número de *setups* aumenta e, portanto, é estratégico aplicar SMED aos processos produtivos.

- **Perfeição:** significa trabalhar continuamente para melhorar o processo produtivo, eliminando desperdício, reduzindo custos e aumentando a eficiência, com o

objetivo de entregar um produto ou serviço de alta qualidade ao cliente. Esta filosofia é a base do Kaizen.

2.3. Tipos de Desperdícios

Shingo (1985) e Taichi Ohno (1988) foram os impulsionadores da categorização dos diferentes tipos de desperdícios em “muda”, “mura” e “muri”. “Muda” é uma terminologia japonesa e significa, futilidade/inutilidade. Assim este desperdício é usado para classificar todas as tarefas que não acrescentam valor e que são desnecessárias. “Mura” significa irregularidade/falta de conformidade. Este tipo de desperdício é eliminado através da implementação de ferramentas como JIT e nivelamento da produção (Heijunka, termo japonês). “Muri” classifica todos os desperdícios relacionados com falta de razoabilidade, tarefas excessivamente difíceis e que não são possíveis de cumprir.

Por outro lado, Taichi Ohno (1988) classificou os diferentes tipos de desperdício “mura” em 7 categorias:

- **Sobreprodução:** é considerado o pior e mais frequente desperdício. Representa tudo o que seja produzido a mais ou mais cedo do que a necessidade do cliente. Deste são desencadeados outros tipos de desperdícios como deslocações e movimentos desnecessários, uma maior utilização de recursos e a produção de stocks desnecessários e, portanto, há consumo de capacidade à organização;
- **Transporte:** movimentação excessiva de matéria-prima ou produto acabado, que não adiciona valor ao processo. Além disso, aumenta a probabilidade de danificar o produto e aloca recursos que podem ser requeridos noutros processos. O transporte é necessário logo deve ser otimizado.
- **Movimentações:** deslocação de colaboradores e equipamentos em excesso. Isto é gerado por falta de organização de ferramentas, falta de standardização de processos e pouca análise do fluxo do processo.
- **Espera:** tempo de espera/tempos mortos de equipamentos ou colaboradores devido a problemas de fluxo de produção, resultando em atrasos e desperdício de tempo.
- **Stock:** excesso de stock de matéria-prima, produtos em processo ou produtos acabados é considerado um desperdício uma vez que representa um investimento desnecessário de capital e espaço;

- **Processamento:** está relacionado com a execução de processos que não têm valor acrescentado ou processos que foram mal-executados (originando defeitos) necessitando de reprocessamento. Muitas das vezes é provocado pela falta de formação do pessoal, incorreta utilização dos equipamentos, erro humano, falta de qualidade da matéria-prima ou mesmo a inexistência de um processo standardizado;

- **Defeitos:** advêm da não conformidade do produto relativamente às normas. Podem dar origem a sucata ou podem ser reparados/reprocessados. Estes problemas por vezes são difíceis de diagnosticar devido à elevada acumulação de stock ou mesmo produção de grandes lotes.

Liker (2004) considera ainda a existência de um oitavo defeito “muda”, a existência de capacidade humana que é inutilizada. Isto deve-se à incorreta alocação de recursos, originada pela falta de comunicação ou incorreta gestão de recursos humanos. Daqui resulta a importância da envolvimento e participação de todos os colaboradores nas atividades, para melhoria contínua da organização.

2.4. Ferramentas *Lean*

O sistema de produção *Lean* é um sistema integrado, onde todos os elementos intervêm com o objetivo de otimizar processos, produzindo um produto de qualidade que preencha os requisitos do cliente. Para tal, são utilizadas diversas ferramentas apropriadas para eliminar determinados desperdícios e acrescentar valor ao produto em processo.

Este sistema é habitualmente representado por uma casa. Existem várias versões desta, onde todas têm uma base, que representa a necessidade básica de estabilidade e standardização de todo o sistema. Os pilares, representam a estrutura de suporte deste sistema, ou seja, as filosofias de gestão JIT, Kaizen e Jidoka. Por fim, a estrutura superior, representa os principais objetivos, nomeadamente a qualidade do produto, menores custos e menores prazos de entrega. Todo o sistema é pensado com base nas necessidades do cliente.

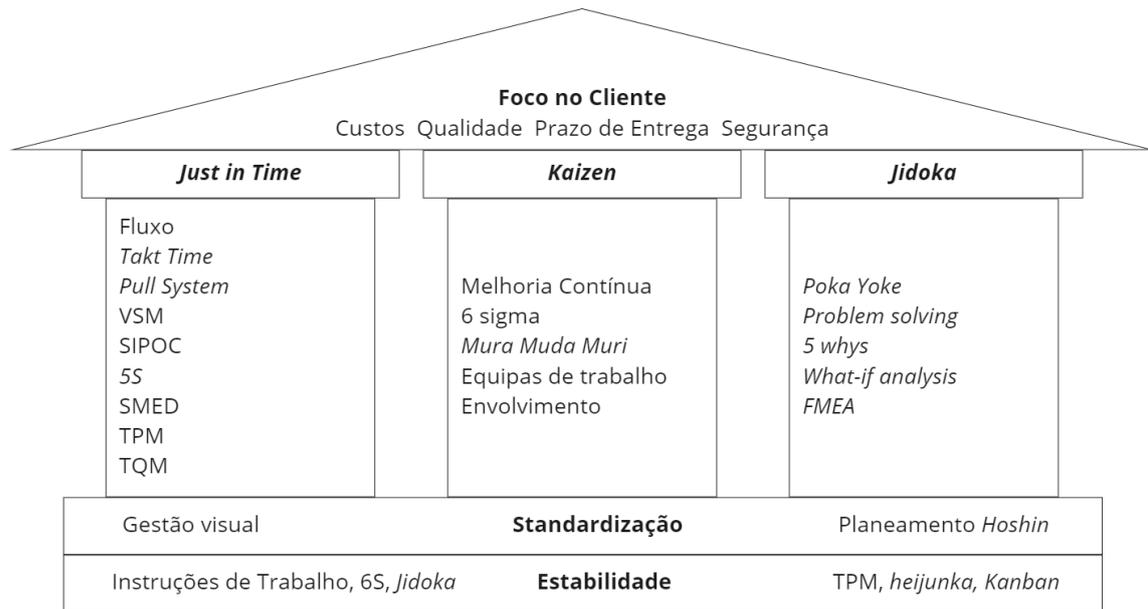


Figura 2.1. “Casa” do Lean (adaptado de (Dennis, 2005)).

Just in Time

Esta filosofia de gestão da produção tem como objetivo produzir apenas o produto e a quantidade certa, no momento certo. Esta filosofia permite maior flexibilidade de produção e redução de stock nas várias etapas do processo. Além disso, tem foco na eliminação dos vários tipos de desperdícios analisados em cima.

Cua (2001) e, mais recentemente, Kumar e Panneerselvam (2007), reforçam a necessidade de implementar as várias ferramentas (pertencentes ao pilar JIT) para que esta forma de gestão tenha sucesso. Além disso, reforça a integração das filosofias de gestão JIT, TPM e TQM, para uma melhor performance da organização. McKone (1999), revela ainda a importância dos fatores contextuais, nomeadamente da gestão da organização, para uma implementação de sucesso destas três metodologias.

De forma resumida, a TQM tem como objetivo melhorar a qualidade dos produtos e dos processos, o JIT pretende reduzir os níveis de stock e os custos da produção e a TPM tem como objetivo central melhorar a eficiência dos equipamentos. Estas técnicas estão inter-relacionadas e a sua implementação conjunta resulta num melhor desempenho da empresa.

Kaizen

Kaizen é uma filosofia de gestão centrada na melhoria contínua. Criada por Masaaki Imai, centra-se no envolvimento de todos os colaboradores em projetos de melhoria. Na base dos projetos, é fundamental a eliminação de desperdícios, redução de custos e aumento da eficiência dos processos através de soluções económicas e criativas.

Sendo centrada no envolvimento dos colaboradores, o comprometimento da gestão de topo, a motivação dos colaboradores e a existência de um programa de formação, são fatores chave para o sucesso da implementação de projetos *kaizen*. Janjić (2019), num estudo aos fatores críticos para o sucesso da implementação destes projetos, reforçam que um dos fatores com maior correlação é a integração e análise das ideias dos colaboradores. O seu envolvimento, melhora a relação interpessoal e o trabalho em equipa, fortalecendo a comunicação interna e o desempenho da organização.

Jidoka

Jidoka é o terceiro pilar, é uma metodologia criada por Sakichi Toyoda, fundador da *Toyoda Automatic Loom*, e tem como objetivo criar um sistema à prova de erro. Tem como foco a deteção e correção imediata de problemas. Assim, é evitada a propagação de erros, que levam à formação de desperdícios.

Atualmente, através da automação dos equipamentos, é possível uma monitorização constante dos parâmetros e uma identificação prévia e autónoma de muitos problemas. Assim, é otimizada a utilização dos recursos, sendo que os equipamentos trabalham mais tempo e os colaboradores apenas intervêm quando a máquina necessita de manutenção. O equipamento é programado para alertar ou parar em caso de alarme. Assim, todo o tipo de erro é cancelado pela paragem do equipamento.

Depois de reparado, é benéfico a longo prazo a análise e investigação do erro, para descobrir a origem do problema. Uma boa ferramenta é os *5 Why's*. É uma ferramenta simples e eficaz para descobrir a causa raiz do problema em questão.

2.4.1. 5S

A metodologia 5'S foi criada no Japão com o objetivo de melhorar a organização do local de trabalho, através a sua reorganização. Tem como base 5 palavras japonesas, que, segundo a sua terminologia, orientam a equipa para a criação de um local de trabalho lógico e de fácil utilização.

De acordo com Ashok Sharma (2012), esta abordagem reduz o desperdício e otimiza a produtividade e qualidade, através da organização do local de trabalho, com a ajuda de sinais visuais (para obter melhores resultados operacionais). Ao implementar rotinas que mantenham a ordenação e organização dos processos, obtemos fluxos de atividade mais eficientes.

Com o espaço de trabalho organizado e com instruções de trabalho padronizadas, diminuámos o número de deslocações desnecessárias por parte dos operadores, ganhando tempo que vai ser utilizado em tarefas com valor acrescentado.

Na tabela em baixo, podemos ver as 5 etapas para implementação desta ferramenta.

Tabela 2.1. Metodologia 5'S.

Termo japonês	Termo português	Descrição
<i>Seiri</i>	Utilização	Identificar itens desnecessários e descartá-los;
<i>Seiton</i>	Organização	Organizar os itens necessários numa estrutura que permita uma fácil identificação;
<i>Seiso</i>	Limpeza	Manter o local de trabalho limpo;
<i>Seiketsu</i>	Padronização	Standardizar os processos de forma a manter a utilização, organização e limpeza do espaço de trabalho;
<i>Shitsuke</i>	Disciplina	Formar uma cultura organizacional onde autonomamente os colaboradores executem as metodologias propostas.

Recentemente, foram desenvolvidas algumas alterações nesta metodologia, nomeadamente a inserção de sexto "S" relativo à segurança e saúde dos colaboradores. Jiménez (2019) , propõe a adição desta sexta variável, tendo como foco a análise dos riscos e das condições de cada posto de trabalho. Reforça ainda a importância de cumprir os

padrões das normas, nomeadamente na utilização e manutenção de equipamentos de proteção.

Por outro lado, esta técnica pode ser combinada com ferramentas mais complexas como simulação, para facilitar a contabilização dos possíveis benefícios. Omogbai e Salonitis (2017), apresentam um modelo de simulação em que utiliza a metodologia 5'S. Neste estudo prático, os autores reforçam a importância da implementação ordenada das metodologias *lean*, reforçando a necessidade de implementação de 5'S como base para qualquer melhoria a desenvolver. Numa fase inicial, modelo 5'S permite a redução da utilização de recursos, nomeadamente de tempo, nas operações de set up, manutenção preventiva e corretiva. Assim, esta é uma abordagem primordial para o início do desenvolvimento da performance da organização.

2.4.2. Total Productive Maintenance

A *Total Productive Maintenance* começou a ser desenvolvida por Seiichi Nakajima, no Japão entre 1950 e 1970, sendo uma abordagem holística que melhora o sistema de manutenção dos equipamentos com o objetivo de chegar mais perto da utópica produção com zero avarias, defeitos e acidentes.

Esta metodologia foi desenvolvida para melhorar a eficiência do equipamento, através da implementação de um sistema de manutenção que envolve todo o ciclo de vida do equipamento e todos os recursos relacionados com este. Além disso, deve envolver todos os colaboradores de diferentes níveis, desde a gestão de topo aos operadores de máquinas.

Segundo o *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), que registou o TPM, esta abordagem tem cinco objetivos centrais:

1. Construir uma metodologia que maximize a disponibilidade, desempenho e qualidade dos seus sistemas de produção;
2. Construir uma abordagem de chão de fábrica, que previna todo o tipo de desperdício, durante todo o ciclo de vida dos equipamentos.
3. Envolver todos os departamentos da organização, principalmente os que têm maior interação com os equipamentos;
4. Envolver todos os colaboradores, desde o chão de fábrica até aos órgãos administrativos;

5. Através de uma rede de pequenas atividades, desenvolver um sistema com o mínimo de desperdício.

2.4.2.1. Pilares do TPM

Nakajima (1988) , começou por desenvolver 5 atividades chave para a implementação da metodologia:

1. Melhorar a efetividade do equipamento, através da eliminação dos maiores desperdícios;
2. Estabelecer um plano de manutenção autónoma para operadores de produção;
3. Assegurar a qualidade;
4. Estabelecer um programa de manutenção planeada para o departamento de manutenção;
5. Aumentar as capacidades dos colaboradores através da sua formação.

Mais recentemente, atividades essenciais desta metodologia foram denominadas de pilares ou elementos do TPM. O JIPM, citado por Ahuja e Khamba (2008), sugere uma abordagem assente em oito pilares, como podemos analisar na figura 2.2. Estes, são fundamentais para o sucesso da implementação da TPM, funcionando em conjunto para garantir a melhoria contínua do desempenho dos equipamentos e a competitividade da fábrica.

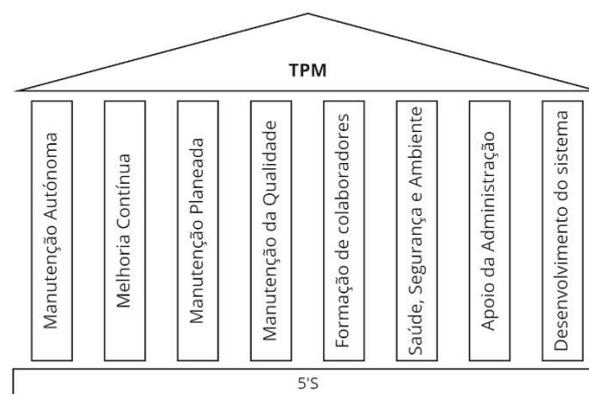


Figura 2.2. 8 pilares do TPM (Adaptado de Ahuja e Khamba (2008)).

Manutenção Autónoma

Este tipo de manutenção é realizado pelos operadores de produção, promovendo a sua autonomia e participação (*feedback*). Estas tarefas centram-se na inspeção, limpeza,

lubrificação e ajuste/aperto dos equipamentos de produção, de acordo com instruções de trabalho predefinidas. Por outro lado, este deve centrar-se também na deteção e correção de anomalias do equipamento, se possuir capacidades para o efetuar. É de reforçar que a formação é essencial neste tipo de atividades.

Melhoria Contínua

Estas tarefas são realizadas por equipas multidisciplinares que procuram sistematicamente detetar desperdícios e proceder à sua eliminação. De acordo com Ahuja e Khamba (2008), um bom método parte de uma análise detalhada do problema, recorrendo, por exemplo, a ferramentas como 5 “Porquês” ou análises FMEA.

Manutenção Planeada

Este pilar representa todas as atividades de planeamento de ações de manutenção corretiva e preventiva (sistemática e condicionada) desenvolvidas pelos operadores de manutenção. Desenvolver programas de inspeção periódica de manutenção. Melhorar indicadores de performance como tempo médio entre avarias (MTBF, *Mean Time Between Failures*), tempo médio de reparação (MTTR, *Mean Time to Repair*) e OEE.

Manutenção da Qualidade

Neste, são retratadas todas as ações de melhoria que visam os zero defeitos na produção. Segundo Suzuki (1994), existem 4 variáveis que se relacionam, influenciando a qualidade do produto, e que devemos melhorar. Neste caso são o colaborador, máquina, matéria-prima e instrução de trabalho.

Formação

Não só aplicado à manutenção, um plano de formação que permita evoluir a capacidades dos colaboradores é essencial para desenvolver a organização. Ahuja e Khamba (2008), reforçam que alinhado com os objetivos da organização, devemos melhorar as capacidades tecnológicas, de controle da qualidade e interpessoais dos colaboradores. Suzuki (1994), dá especial importância à avaliação e formação do colaborador, de acordo com os interesses individuais e da organização.

Desenvolvimento do sistema

Neste pilar, podemos centrar-nos na investigação de melhorias no sistema a longo prazo, desde o design de novas linhas de processo, planeamento de investimento em novos equipamentos e teste de novas ferramentas.

Higiene, Segurança e Ambiente

Há principal foco em desenvolver todas as atividades, promovendo instruções que garantem a saúde e segurança ao colaborador. Além disso, é importante analisar o histórico de lesões e acidentes, para saber onde atuar no desenvolvimento de novos métodos de trabalho.

Apoio da Administração

A administração tem como foco a interligação de toda a rede de atividades e melhorar a sinergia entre as equipas de trabalho. Ahuja & Khamba (2008), fortalecem a importância de uma administração que trabalhe para atingir um sistema que simplifique toda a parte burocrática dos processos e que promova toda a análise e apoio financeiro.

2.4.2.2. Implementação da Metodologia TPM

A TPM é uma metodologia consistente e repetível, que permite desenvolver melhorias sistemáticas. Contudo, de acordo com Wang e Lee (2001), para obter resultados significativos, demora-se cerca de três anos e meio desde a introdução do TPM na organização.

Nakajima (1988) , pioneiro nesta metodologia, delineou um processo de implementação que inclui 12 passos e 4 etapas (metodologia base usada por vários autores), sendo que a terceira etapa (implementação) incide nos oito pilares do TPM. Na primeira etapa, são desenvolvidos todos os passos para preparação, desde a declaração e promoção da Implementação da TPM pela gestão de topo, até a análise de toda a informação inicial para desenvolvimento do plano de implementação.

Na segunda etapa, são convidados todos os *Stakeholders* para dar a conhecer o projeto e receber sugestões construtivas sobre o mesmo. Depois da implementação dos oito pilares, e atividades adjacentes, numa quarta etapa há a necessidade de estabilização do processo, inclusive procedendo à monitorização e otimização do mesmo.

Suzuki (1994), utiliza uma abordagem idêntica, dando especial foco no desenvolvimento de processos através de pequenas equipas de trabalho nos diversos níveis organizacionais.

Segundo Wireman (2004), não há uma fórmula única para a implementação desta metodologia que se aplique a todas as organizações. Isto porque há determinados fatores que divergem entre estas, como o número e a habilidade da mão de obra, a complexidade e idade dos equipamentos, a cultura da organização e o estado atual do plano de manutenção. Ahuja e Khamba (2008) reforçam que apesar das diversas abordagens utilizadas pelos investigadores para implementação do TPM, há uma tendência para utilizar do processo de implementação do JIPM, que utiliza estrategicamente os oito pilares abordados em cima.

Mais recentemente, Singh e Gurtu (2022), priorizam como fatores críticos para o sucesso da metodologia o compromisso e envolvimento da gestão de topo, a formação dos colaboradores e o desenvolvimento de uma cultura de partilha de informação. Por outro lado, existe outro fator, igualmente importante, que é a aplicação de ferramentas da indústria 4.0. Estas permitem uma monitorização em tempo real dos equipamentos, análise avançada de dados, a manutenção baseada em condições e uma maior integração de todo o sistema (sistema em rede, que facilita a partilha de informação).

Assim, é conseguida uma melhoria na tomada de decisões, aumento da eficiência operacional e qualidade no produto. No entanto têm identificadas algumas barreiras como a resistência à mudança e a necessidade de investimento em equipamentos e qualificação dos recursos humanos (Tortorella (2021)).

2.4.2.3. Barreiras à Implementação do TPM

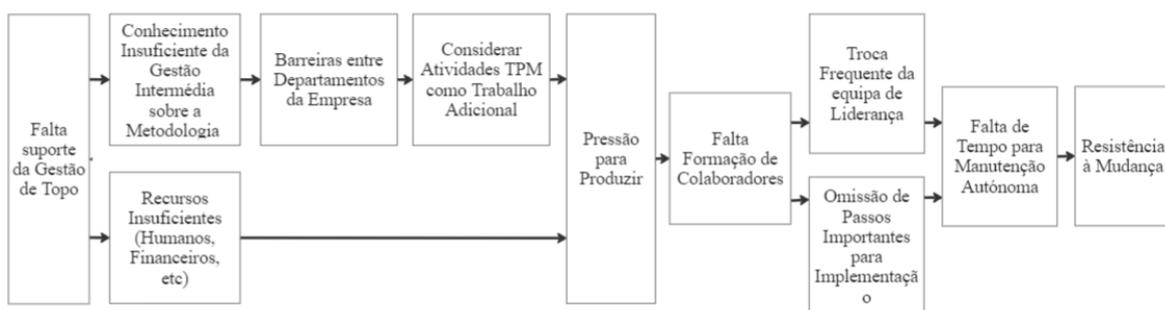
Durante implementação desta metodologia podem surgir vários obstáculos na empresa de origem política, financeira, interdepartamentais ou mesmo operacionais. Cooke (2000), num estudo desenvolvido em 4 empresas, analisa as dificuldades sentidas pelas empresas durante a implementação da metodologia TPM, nomeadamente entre os departamentos de produção e manutenção. A figura em baixo apresenta um resumo desses obstáculos.

Tabela 2.2 Barreiras à implementação do TPM (adaptado de Cooke (2000)).

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4
Obstáculos	Falta de apoio da gestão de topo	Tolerância por parte dos técnicos de manutenção às falhas dos operadores	Resistência à mudança	Falta de apoio da gestão de topo
	Orçamento reduzido		Orçamento reduzido	Orçamento reduzido
	Pesada carga de trabalho		Pesada carga de trabalho	Pesada carga de trabalho
	Contradição nas iniciativas de gestão		Contradição de outra mudança organizacional	
Efeitos	Uso de técnicos experientes de manutenção em tarefas simples (ineficiente)	Uso ineficiente dos técnicos de manutenção		
	Frustração dos técnicos de manutenção devido à necessidade de realizar tarefas simples de manutenção, que deviam ter sido realizadas por operários de produção			
Sugestões	Apoio e comprometimento de gestão de topo			
	Apoio financeiro para as atividades do TPM, nomeadamente para formação			
	Mudança na cultura e atitude do operador, passando a realizar proactivamente manutenção			
	Dar autonomia e responsabilidade aos operadores			
	Melhor comunicação e cooperação entre os departamentos de produção e manutenção			

O autor revela ainda a necessidade de desenvolver processos formais, para a cooperação, compromisso e trabalho em equipa entre os operadores de manutenção e produção. Além disso, acaba com uma sugestão para o apoio contínuo da gestão de topo, sendo essencial para superar alguma resistência por parte dos membros operacionais.

De forma a perceber a relação entre os obstáculos apresentados, Singh (2014) desenvolve uma abordagem estruturada que determina a dependência entre barreiras.

**Figura 2.3.** ISM (*Interpretative Structural Modelling*) das barreiras do TPM (adaptado de Singh (2014)).

Destas são destacados como *drivers* as 5 primeiras barreiras (presentes à esquerda no diagrama), sendo as outras consideradas variáveis dependentes. Portanto, é

fulcral um apoio e comprometimento da gestão de topo, para que mude a cultura da organização. Segundo Singh e Gurtu (2022), esta deve fomentar uma cultura favorável á partilha de informação, ao cuidado pelos equipamentos, ao envolvimento dos colaboradores e gestão da qualidade na organização.

2.4.3. Metodologia SMED

Esta metodologia serve de apoio a todo um sistema *Lean*. Em primeiro, com processos de fabrico altamente flexíveis, orientados por um sistema de produção *pull*, é essencial termos tempos de mudança de ferramenta o mais curtos possível, para obter maior eficiência. Além disso, permite a redução de stock, que leva a redução de vários custos associados, como espaço, capital imobilizado, transporte, recursos humanos, entre outros. Por outro lado, permite uma racionalização e padronização de tarefas, que resulta em métodos de trabalho mais seguros e eficientes.

Amplamente aplicada no mundo empresarial, a metodologia SMED é utilizada pelas empresas para reduzir o tempo necessário para mudar de série de fabrico. Este tempo de *setup* engloba todas as atividades envolvidas entre a produção da última peça conforme do lote anterior e a primeira peça conforme do lote seguinte. Segundo Shingo (1985) citado por Singh e Khanduja (2010) estas atividades centram-se em:

- Preparação, ajustes e verificação de ferramentas e peças;
- Montagem e desmontagem de componentes de equipamentos;
- Medição, inserção de valores e calibração;
- Testes e pequenos ajustes;

2.4.3.1. Implementação da metodologia SMED

Moxham e Greatbanks (2001) propuseram um conjunto de pré-requisitos importantes para a implementação da metodologia. Destes, podemos salientar:

- A mudança da filosofia organizacional, que deve ser centrada no trabalho em equipa e na melhoria continua;
- O estabelecimento de um cronograma claro, para planear o trabalho a executar;
- O apoio da gestão de topo, nomeadamente no investimento em recursos materiais e na formação dos colaboradores;

- Comunicação entre os membros do projeto, partilha e discussão de ideias;

Relativamente, à implementação da metodologia, há grande variedade de análises e propostas de diversos autores, sendo que todas são centradas na implementação proposta por Shingo (1985). Esta abordagem é dividida em 4 etapas fundamentais.

1ª Etapa, estudo da situação atual:

Esta etapa tem como objetivo a análise detalhada do método de trabalho atual. É comum a filmagem dos procedimentos executados pelos colaboradores. Depois deste acompanhamento inicial, são analisadas e documentadas as sequências de tarefas, os tempos de operação, as deslocações dos operadores e o *layout* atual da zona de trabalho. Verificam-se também os recursos necessários para desempenhar as tarefas.

É realizada uma análise preliminar de tempos e métodos, acompanhada de uma análise estatística de dados que permite aferir determinadas melhorias salientes nesta primeira análise.

2ª Etapa, separação de atividades internas e externas:

Depois de identificar a sequência de tarefas, estas são agrupadas em internas e externas. Paralelamente são identificadas todas as tarefas desnecessárias para serem posteriormente eliminadas.

Depois de devidamente separadas, são racionalmente sequenciadas as tarefas, colocando a execução dos procedimentos externos durante o funcionamento da máquina e os internos a iniciar no momento exato de paragem do equipamento. Além disso, e se possível, são colocadas em prática todas as melhorias encontradas até ao momento.

3ª Etapa, converter o máximo de trabalho interno em externo:

Para esta etapa, são investigados meios para transformar tarefas internas em externas. É necessária uma análise aprofundada dos métodos de trabalho que, juntamente com criatividade, trabalho em equipa e discussão de ideias, permite a conversão de atividades.

Tipicamente, a natureza das atividades transformadas em externas é de transporte, pré-montagens e regulações/afinações antecipadas. É importante ter em consideração que ao nível das atividades externas, devemos padronizar o tipo de ferramentas e sistemas de fixação dos equipamentos para racionalização e otimização de recursos. Além

disso, é igualmente importante a definição de tarefas a realizar antes da paragem da máquina e depois da paragem da máquina. Ao nível das atividades internas, salientamos o equilíbrio entre distribuição de carga de trabalho, número de trabalhadores e capacidades requeridas.

4ª Etapa, otimização de trabalho interno e externo.

A realização das tarefas e o tempo destas pode ser diminuído com a aplicação de 5S no posto de trabalho, análise de métodos e tempos, análise de *layout*, movimentações de ferramenta, materiais e colaboradores, e realização de novas instruções de trabalho. As instruções de trabalho, também podem conter informações sobre ajustes, pontos de referência, fotos (ajuda visual), tempos estimados, entre outras informações relevantes.

Por outro lado, o planeamento e lançamento, de *check lists* de material necessário, verificações prévias e transporte de material é essencial para garantir toda a preparação de trabalho. É considerado essencial a documentação de todo o processo para formação de colaboradores, continuação de melhorias e registo de trabalho realizado.

Além disso, para garantir a fiabilidade do sistema, é indicado aplicar ações de manutenção preventiva nos colaboradores responsáveis pela execução das atividades de *setup*. Este é um dos pontos onde podemos interligar SMED com TPM. Ambos com o objetivo de reduzir o tempo de paragem do equipamento.

Alem destes, numa investigação sobre os benefícios do SMED desenvolvida com base em análise de questionários a empresas (cerca de 373) realizada no México, Díaz-Reza (2016) formulou algumas conclusões sobre variáveis que influenciam a aplicação da metodologia e benefícios obtidos. Destas podemos destacar:

- A empresa em estudo deve possuir informação adequada sobre cada processo a analisar, uma vez que é essencial para fase de identificação e separação de atividades;
- Há necessidade de elevado foco na etapa de separação de tarefas em externas e internas, uma vez que esta etapa tem impacto direto e positivo nas etapas seguintes, de transformação e otimização de atividades;
- O processo de escolha das tarefas a analisar na 3ª e 4ª etapa, explica cerca de 48% dos benefícios obtidos, sendo, portanto, um ponto chave no decorrer do projeto; destes 48%, 27.5% correspondem à fase de transformação e 20.5 % correspondem à fase de otimização;

- De acordo com o estudo, a variável mais importante na fase de identificação, é a análise estatística de dados para compreender a variabilidade dos tempos do processo. Assim temos fundamentos estatísticos para corroborar as estratégias de otimização;
- Analise sistemática entre as 2^a, 3^a e 4^a etapa, para verificação de cada melhoria proposta, das suas implicações e possíveis resultados.

2.4.3.2. Benefícios Adjacentes à Metodologia

Existe um conjunto de vantagens inerentes à aplicação desta metodologia Singh e Khanduja, (2010) enumeram um conjunto de benefícios que advêm a curto e longo prazo da aplicação desta metodologia:

- Rentabiliza a produção de lotes mais pequenos;
- Reduz a sucata proveniente de afinações;
- Reduz o *lead time* do produto;
- Diminui os custos laborais do processo de *setup*;
- Torna o sistema de produção mais flexível;
- Aumenta a percentagem de utilização dos ativos;
- Reduz os custos totais de fabrico;

Alem destes benefícios, Roberto (2016) menciona outros benefícios de igual importância, como o aumento da segurança e saúde na realização de tarefas, a redução da probabilidade de erro na realização das mesmas e o aumento da qualidade do produto final.

2.4.3.3. Relacionamento entre SMED e TPM

Em primeiro lugar, é de referir que ambas as metodologias *lean*, têm um objetivo central em comum, que é a redução dos tempos de paragem dos equipamentos.

Assim, é de aproveitar o tempo de paragem para *setup*, onde a máquina está parcialmente desmontada para realizar alguma tarefas de manutenção. McIntosh (2001), enumera um conjunto de aspetos que integram tarefas de *setup* e manutenção:

- Ambas as tarefas requerem formação de operadores, sendo que quanto melhor for o seu conhecimento e técnica, melhor será o desempenho efetuado;

- Ambas as tarefas têm um melhor desempenho quando são desenvolvidas instruções standardizadas, que envolveram uma análise prévia do processo; quanto melhor for planeada operação, menos tempo ocupará a paragem efetuada;
- A ferramenta que é trocada, necessita de ser inspecionada e, se necessário, reparada pelos operadores; assim, asseguramos um maior ciclo de vida e qualidade de funcionamento da ferramenta; além disso, quanto melhor a qualidade dos componentes da manutenção, menores serão as paragens não planeadas;
- É importante uma monitorização constante durante a realização de operações de *setup*, uma vez que há componentes que só se conseguem inspecionar com o equipamento parcialmente desmontado;
- Ambas as interrupções afetam qualidade do produto, uma vez que o desempenho do equipamento é menor enquanto está a retomar o funcionamento; assim, devemos reduzir ao máximo o número de paragens; para tal deve haver um planeamento programado para todo o tipo de paragens planeadas;

Assim, a frequência e o tempo de paragem estão totalmente interligados com estas metodologias. Se bem implementadas, as metodologias SMED (reduz o tempo de setup) e TPM (reduz o número de paragens não planeadas do equipamento), podem trazer elevados ganhos a nível de eficiência de produção. Se analisados e planeados em conjunto, por vezes com intervenções simultâneas, os benefícios são ainda maiores.

2.4.4. Standard Work

Instruções de trabalho são procedimentos que definem os melhores métodos e sequências para determinada tarefa e colaborador. Como ferramenta *lean*, é essencial para perceber os tempos e métodos do processo de forma a alinhar todo o fluxo produtivo. Assim, segundo Pereira (2016), é necessário ter um processo standardizado e estável, antes de realizar qualquer melhoria. Isto porque esta estabilização, forma uma linha base para começar todo o processo de melhoria contínua.

De acordo com o mesmo autor, o desenvolvimento de standard works tem 3 elementos-chave para conseguir sincronizar a produção com a procura:

- **Tack time.** É o ritmo de produção (intervalo de tempo por unidade produzida) que devemos atingir de forma a colmatar a procura no tempo disponível; o seu cálculo é essencial para orientar externamente a produção para a procura; o tempo de ciclo requerido é diretamente proporcional à multiplicação do tack time pelo OEE do processo.
- **Sequência das instruções de trabalho.** A sequência de desenvolvimento das tarefas é construída com base na segurança do colaborador e nos melhores métodos de trabalho. A relação entre distribuição de tarefas, grau de detalhe de tarefas e número de trabalhadores por unidade de trabalho é proporcionada de forma a atingir o tack time delineado.
- **Inventário WIP standard.** Define o inventário mínimo que deve estar na linha de produção de forma que não haja paragem de linha não planeadas. Excesso ou défice de inventário prejudicam a produtividade.

Tapping e Shuker (2002), reforçam que as instruções de trabalho são uma base consistente para melhorias sistemáticas na produtividade, qualidade e segurança no desenvolvimento do processo. Além disso, este tipo de documento culmina a aplicação de ferramentas *lean* num determinado processo.

Emiliani (2008), refere um conjunto de benefícios inerentes à aplicação de *standard works*, nomeadamente a existência de um ponto de referência para o desenvolvimento de melhorias, um melhor controlo do processo e uma redução da variabilidade. Além disso, melhora a flexibilidade, a visibilidade para anormalidades e o esclarecimento das expectativas para o colaborador. Assim, este tipo de documento transforma-se numa plataforma de aprendizagem, servindo como base de dados para reter conhecimento e experiência de trabalho.

2.4.5. OEE, Métrica para Monitorização da Eficiência

Durante o desenvolvimento de qualquer metodologia, é necessário proceder à medição e controlo dos resultados obtidos. Para a medição do desempenho e avaliação da implementação de ferramentas *Lean*, a métrica mais utilizada é o OEE.

De acordo com Huang (2002), esta ferramenta quantitativa foi amplamente aceite como forma de avaliar a eficiência de uma unidade de produção. Esta forma de

medição, avalia a disponibilidade, desempenho e qualidade de um equipamento, segundo a fórmula seguinte.

Equação (1):

$$OEE = Disponibilidade (D) * Performance (P) * Qualidade (Q). \quad (2.1)$$

Como podemos ver na figura 3, os seis tipos de perdas são contabilizados no cálculo do OEE. Ahuja e Khamba (2008), apresentam ainda um esquema onde contabilizam mais dois tipos de perdas (tempo), para manutenção planeada e controlo de produção. Estas perdas afetam a disponibilidade do equipamento.

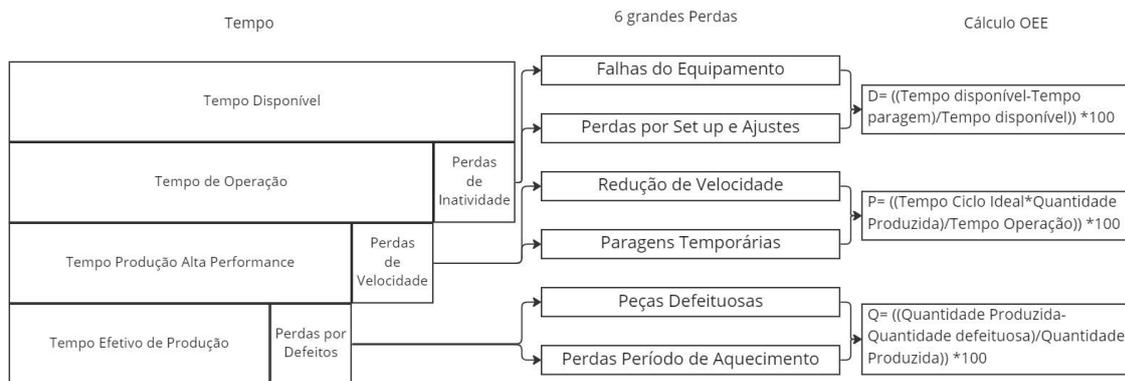


Figura 2.4 Cálculo OEE com base nas seis maiores perdas (Adaptado de Ahuja e Khamba (2008)).

O objetivo central das empresas é atingir um OEE mais elevado possível, tendo como referência um patamar de 85% que é considerado de “Classe mundial”.

Por outro lado, Kumar (2013) refere que para escolher uma forma de medir a performance de um sistema de manutenção, depende do setor de atividade que estamos a analisar, e da aplicação em específico. Além disso, reforça que é importante escolher indicadores que avaliem a manutenção de forma abrangente. Por exemplo, temos indicadores importantes para a disponibilidade e confiabilidade do sistema como o tempo médio entre falhas, tempo médio de reparação, tempo médio de inatividade, taxa de ocorrência de falhas, entre outros.

2.5. 6 Sigma

Atualmente, através de diversas ferramentas estatísticas, é possível medir os desvios relativamente aos valores de desempenho perfeitos de um processo. Assim, ao medir e caracterizar os “defeitos”, torna-se possível a sua eliminação sistemática, chegando cada vez mais perto da produção ideal.

Portanto, 6 sigma é uma abordagem disciplinada e estruturada para resolução de problemas, que se suporta em factos e em análise estatística de dados. Esta abordagem ataca os problemas que causam variabilidade e erros no processo. O nível 6 sigma, refere-se à existência de 3.4 defeitos por milhão de oportunidades, ou unidades produzidas. Além disso, é uma abordagem altamente focada nos requisitos do cliente, sendo este o orientador do processo.

Selvi e Majumdar (2014) definem um conjunto de características positivas desta abordagem de resolução de problemas:

- Reduz dependência de “experiencia de anos de trabalho”;
- Decisões baseadas em factos e dados;
- Aumenta satisfação cliente;
- Providencia uma abordagem disciplinada para resolução de problemas;
- Altera a cultura da organização;
- Cria vantagens competitivas.

2.5.1. Estado do Processo e Metodologia a Aplicar

Na abordagem 6 sigma, existe um conjunto de metodologias que se aplicam a diferentes tipos processos. Por vezes, a abordagem 6 sigma é referida como DMAIC, sigla que representa a metodologia constituída por 5 fases: *Define, Measure, Analyse, Improve e Control*. Esta estrutura integra o 6 sigma e é utilizada para analisar e melhorar um processo existente.

Consoante o diagnóstico do tipo de estado do processo, escolhemos a metodologia 6 sigma mais eficaz a aplicar. Wheeler (2000) citado por Cronemyr (2007), estrutura o estado de um processo em 4 diferentes tipos.

Tabela 2.3. Estados de um processo (adaptado de Cronemyr (2007))

Estado do Processo	Previsibilidade do Processo	Conformidade (relativamente às especificações do cliente)	Metodologia
Estado Ideal	Processo é previsível (em controlo)	% Conforme, dentro dos limites	Nenhuma (monitorizar)
Possível de melhorar	Processo é previsível (em controlo)	% Conforme, fora dos limites	DMAIC
Limite do caos	Processo não é previsível (fora de controlo)	% Conforme, dentro dos limites	DMADC
Estado de caos	Processo não é previsível (fora de controlo)	% Conforme, fora dos limites	DMADV
Novo	Desconhecido	Desconhecido	DMADV

O primeiro estado, enquadra todos os processos que estão sob controlo e que estão “sempre” (menos de 3.4 erros em cada milhão) em conformidade com os pedidos do cliente. Este estado é quase utópico, sendo raramente visto, consoante o tipo de empresa. Nestes casos, apenas é necessária uma monitorização contínua.

O segundo estado (mais comum), do termo inglês *Threshold State*, abrange todos os processos que estão sob controlo, mas que estão num nível sigma inferior. Nestes, é utilizado o DMAIC para melhorar o processo e aumentar o nível sigma.

Um processo no limite do estado de caos, é um processo fora de controlo, mas que possui o número unidades conformes dentro dos limites específicos dos clientes. Este tipo de processo necessita de sofrer uma reorganização para recuperar o controle e facilitar o planeamento. Segundo o autor, é utilizada a metodologia DMADC (*Define, Measure, Analyse, Design, Control*) para recuperar o controlo do processo.

Por fim, o autor afirma que processos que em estado de caos, ou seja, imprevisíveis e que o resultado está fora do limite aceitável, devemos utilizar a metodologia DMADV para reestruturar os processos e verificar o resultado obtido.

De acordo com Selvi e Majumdar (2014), usamos a metodologia DMADV, quando existe um novo produto ou processo em desenvolvimento na empresa e, portanto, que está num nível sigma muito inferior (ou desconhecido) relativamente às expectativas dos *stakeholders*. Cronemyr (2007), reforça esta última afirmação, afirmando que em processos com pouca análise, que resultam em condições precárias, é preferível redesenhar novos processos do que trabalhar em cima dos existentes.

2.5.2. Design for Six Sigma (DFSS)

Enquanto 6 sigma é utilizado para corrigir/melhorar processos existentes, DFSS é utilizado para desenhar novos processos que dificilmente produziram erros e que façam o melhor possível com os recursos existentes. Além disso, ao desenhar um processo com 6 sigma conseguimos eliminar muitas vulnerabilidades operacionais antes de passar para a aplicação. Por outro lado, o foco ao desenvolver os procedimentos é eliminar os problemas ao desempenhar as tarefas corretas, no local correto e no momento certo.

Watson e DeYong (2010), reforçam que a nível de gestão operacional podemos desenvolver um processo para determinado tempo de ciclo, ou o mais próximo do ideal. Afirmam ainda que esta abordagem adiciona outra dimensão ao desenvolvimento de produto, gestão de parâmetros críticos. Este tipo de dimensão, é responsável por desenvolver funções, parâmetros limite e variáveis de respostas para os requisitos dos clientes.

Assim, o DFSS é uma abordagem mais proativa, com foco na criação de um processo robusto em relação à variabilidade. Como temos algo novo, o processo é mais difícil de quantificar e o retorno é verificado a longo prazo (Hamza (2008)).

2.5.2.1. Metodologia DMADV

Na tabela em baixo, estão sumarizados os principais passos e ferramentas de cada fase do processo DMADV.

Tabela 2.4. Fases do DMADV (adaptado de Mehrjerdi (2011))

Fase	Passos	Ferramentas
Definir	Definir clientes, requisitos, objetivos e benefícios do projeto; Detalhar o problema; Definir equipa e outros recursos;	Project Charter; Kano Model; Objetivos de Qualidade SIPOC; FMEA (Riscos Projeto);

	Desenvolver o plano do projeto e respetivas <i>milestones</i> ; Detalhar o mapeamento do processo;	
Medir	Desenvolver um plano de medição; Definir unidades e métricas; Definir um plano recolha de dados; Recolher dados; Validar sistema de medição; Análise inicial de dados; Determinar capacidade do processo e nível sigma atual;	Plano Recolha de Dados; Medição de Variáveis; Priorização; Gage R & R; Amostragem; Apresentação de Dados; Questionários/Entrevistas; Casa da Qualidade; <i>ScoreCard</i> ;
Analisar	Definir objetivos de performance; Identificar tarefas de não valor acrescentado desnecessárias; Identificar fontes de variabilidade; Determinar “causa raiz” dos problemas Analisar correlações entre dados;	<i>Brenchmarking</i> ; Mapeamento de dados; Análise exaustiva de Nichos; Diagramas Causa-Efeito; Regressão Linear; Teste de Hipóteses; DoE; 5 Porquês; Simulação;
Desenhar	Desenhar vários cenários; Desenvolver potenciais soluções; Definir tolerâncias operacionais; Validar investigação através de testes piloto; Corrigir potenciais soluções;	FMEA; <i>Brainstroming</i> ; Simulação; Tolerância Estatística; Plano de Implementação; <i>Robust Design Methodology</i> ;
Verificar	Verificação estatística dos resultados; Determinar capacidade processo; Verificar benefícios e ganhos financeiros; Desenvolver instruções trabalho para o processo; Definir e validar um sistema de monitorização e controlo; Documentar o projeto;	Testes Piloto; Verificação Estatística; Plano de Controlo; Documentação e Standardização;

O tipo de ferramentas utilizadas é muito semelhante ao DMAIC. Em função do nível de conhecimento sobre o novo processo, há necessidade de desenvolver com maior intensidade pesquisas exploratórias, nomeadamente na segunda e terceira fase.

Na fase de desenhar, além de criatividade, inovação e trabalho em equipa, é necessário obter *feedback* sobre o processo em questão, principalmente a especialistas na

área em análise. Sokovic (2010) afirma que a metodologia DFSS é uma abordagem sistemática e disciplinada para desenhar um processo bem desde o início. É necessário focar o processo para os requisitos do cliente (VOC), traduzi-los para requisitos técnicos do processo e implementá-los da forma mais eficiente possível.

3. ESTUDO DE CASO

Em primeiro lugar, será feita uma caracterização da empresa onde foi desenvolvido o trabalho. Será explicado quais as matérias-primas utilizadas, os principais processos produtivos e produtos finais. Por outro lado, serão detalhados os principais pontos relativos ao processo a otimizar.

Numa segunda etapa é explicada e aplicada a metodologia escolhida, sendo feita uma análise gradual das possíveis melhorias a desenvolver.

3.1. Caracterização da Empresa e do Processo Produtivo

O seguinte subcapítulo tem como objetivo a descrição da empresa onde foi desenvolvido o projeto. De forma a contextualizar o leitor, é também desenvolvida uma descrição geral do processo produtivo da empresa, com principal foco nos processos da nova linha de laminagem, sendo este o setor alvo de investigação.

3.1.1. Boellingshaus-Steel

A empresa foi fundada em 1889, com a criação de uma linha de laminagem em Remscheid, Alemanha. Com 130 anos de história, a empresa tornou-se especialista em perfis de aço inoxidável laminados a quente e estirados a frio. Produz perfis quadrados, retangulares, hexagonais e especiais de alta qualidade, seguindo rigorosamente as normas dos padrões internacionais.

1889 - Hermann Diederich Böllinghaus fundou uma linha de laminagem em Remscheid
1912 - Johann Ludwig Härtel, assume a direção da empresa
1960/1970 - Expansão da produção de perfis especiais
1980 - Início da produção de aço inoxidável
1991 - Harting Hartel assume Administração e gestão da empresa
1996 - Adquirida a fábrica de laminagem em Vieira de Leiria
2001 - Produção feita exclusivamente em Portugal
2008/2019 - Melhorias nos processos e atribuição de diversas certificações
2021 - Aquisição de um novo trem de laminagem

Figura 3.1. História da empresa.

Conta com um sistema de produção de elevada flexibilidade, para colmatar os requisitos dos diversos clientes que possui em todo o mundo, principalmente na região dos Estados Unidos da América e Europa. No total o sistema de laminagem tem capacidade para produzir 2 700 toneladas de aço por mês.

Atualmente a empresa conta com cerca de 270 colaboradores na totalidade. É de reforçar que, desde 2001, a produção é desenvolvida na totalidade em Portugal, na unidade que possui na zona da Vieira de Leiria. Em 2016, adquiriram um escritório de representação em Chicago (EUA) e, em 2020, adquiriram uma filial em Milão (Itália).

3.1.2. Matéria-Prima

A empresa tem como principais matérias-primas, o aço inoxidável, ligas de níquel e ligas de titânio. Em cada tipo de matéria-prima há um conjunto de qualidades (*grades*) que podem ser utilizadas na produção, consoante o tipo de encomenda em progresso. Na tabela em baixo, estão estruturadas as principais qualidades de matérias-primas utilizadas, os austeníticos assinalados a azul, martensíticos a vermelho, ferríticos a Laranja e duplex a preto.

Na generalidade, a matéria-prima chega em lingotes quadrados (maioria de 140 mm de lado), de 6 a 8 metros, para alimentar o trem laminagem aberto, ou em lotes de varões redondos/quadrados, de comprimento variável, para alimentar o trem laminagem contínuo.

No novo trem, a matéria-prima chega em lingotes quadrados de 6 a 8 metros, de 140, 160 e 180 mm de lado.

Tabela 3.1. Qualidades de matérias-primas utilizadas na produção.

Principais qualidades utilizadas				
AISI 304	AISI 316 L	AISI 310	AISI 416	17-4 PH
AISI 304/L	AISI 316 Ti	AISI CK45	AISI 420	AISI 630
AISI 303	AISI 316S11	AISI 145CR6	AISI 430F	AISI 15-5 PH
AISI 321	AISI 316S19	AISI 140CR3	AISI 431	Duplex
AISI 316	AISI 309	AISI 410	AISI ST37-2	Lean Duplex

Quando chega uma encomenda, a matéria-prima é inspecionada pela equipa da qualidade para garantir que tudo o que foi encomendado está em conformidade. Além disso, se requerido pelo cliente ou pela empresa, a equipa da qualidade também realiza testes mecânicos e químicos à matéria-prima para garantir todas as propriedades do material.

3.1.3. Processos de Fabrico

O processo de fabrico é muito flexível, tendo como resultado cerca de 700 produtos finais diferentes. O fluxograma em baixo, representa de uma forma geral os principais processos que a matéria-prima pode sofrer até chegar ao produto final.

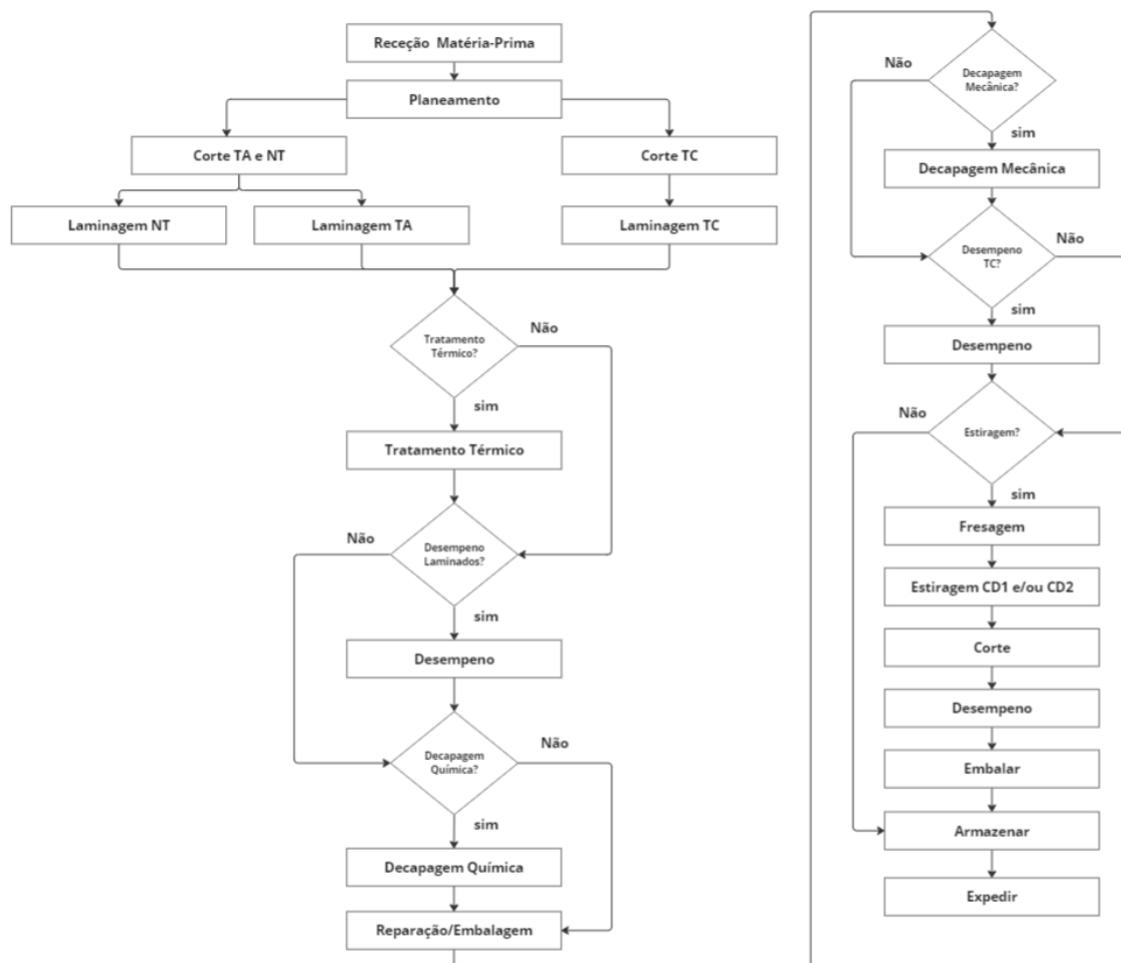


Figura 3.2. Processo produtivo geral.

Além dos principais processos apresentados e, respetivos setores e subprocessos, são desenvolvidos processos paralelos que alimentam o fluxo. Em primeiro lugar, temos a manutenção, que planeia e executa todo o tipo de ações corretivas e preventivas requeridas pelos outros setores.

Por outro lado, temos o setor da preparação de trabalho e ferramentaria que executa todo o tipo de tarefas relacionadas com a preparação de ferramenta (SMED), que são orientados pela equipa de planeamento e produção. Na preparação de trabalho são maquinados, reparados e montados os cilindros que são utilizados para laminar a matéria-prima. Na ferramentaria é montado todo o tipo de material que guia o aço para o respetivo gorne, do termo inglês *groove* (cavidade maquinada nos cilindros que permite moldar o

material). Este tipo de equipamentos corresponde essencialmente a *cars*, guias de entrada, tubos de saída, roletes e calhas de orientação.

Centrando no fluxograma da figura 3.2, os principais processos que permitem criar maior valor acrescentado ao produto são a laminagem e a estiragem. Atualmente, a laminagem de perfis de maiores dimensões, de área transversal de 3500 mm² a 10000 mm² espera-se ser realizada no novo trem (atualmente encontra-se em fase de testes). Este é essencialmente composto por uma caixa com dois cilindros reversíveis, permitindo desenvolver múltiplas passagens na mesma caixa de laminagem e na mesma orientação, ou seja, o bilete percorre uma trajetória unidirecional. Contém também, um *edger* que auxilia no desenvolvimento de cutelos no bilete.

Relativamente ao trem aberto e trem contínuo, estes são mais antigos e sofreram diversas alterações estruturais ao longo do tempo para permitir um melhor desempenho. Têm capacidade para laminar perfis hexagonais, quadrados, retangulares e especiais. O trem aberto, é composto por 5 caixas de laminagem, constituídas por 4 tríos de cilindros nas primeiras caixas e por um par de cilindros na quinta caixa, onde a rotação dos cilindros é proporcionada por dois motores. Este sistema permite a produção de diversas gamas entre 700 e os 5800 mm² de área transversal. O trem contínuo é constituído por 6 caixas de laminagem em linha, um trio de cilindros na primeira caixa e dois cilindros nas restantes, permitindo a produção de biletes entre os 60 mm² e os 600 mm². Neste, cada caixa de laminagem possui um motor único (de diversas gamas).

Por vezes, o trem aberto alimenta o trem contínuo com matéria-prima, por razões de capacidade dimensional, custo e disponibilidade de matéria-prima. Por fim, o material depois de laminado e de sofrer alguns subprocessos requeridos, vai para a estiragem.

Na estiragem temos dois processos semelhantes, CD 1 e CD 2. Ambos utilizam o mesmo processo produtivo, embora o CD 2 seja mais recente e com maior capacidade dimensional para estirar. Na estiragem há capacidade de produzir perfis redondos, quadrados, retangulares, hexagonais e especiais. A feira utilizada confere o formato transversal do perfil, sendo que a passagem é tracionada por um sistema com capacidade máxima de 25 toneladas na CD1 e 70 toneladas na CD2.

Por fim, os perfis são cortados e embalados nas condições requeridas pelo cliente. Podem sofrer desempenos intermédios se necessário, sendo o empeno máximo permitido, na laminagem, é de 2 mm por metro e, na estiragem, de 1 mm por metro.

3.1.3.1. Processo Produtivo da Nova Linha de Laminagem

A nova linha de laminagem, iniciou testes no início de 2023. Esta possui um processo produtivo linear, como podemos ver no fluxograma seguinte.

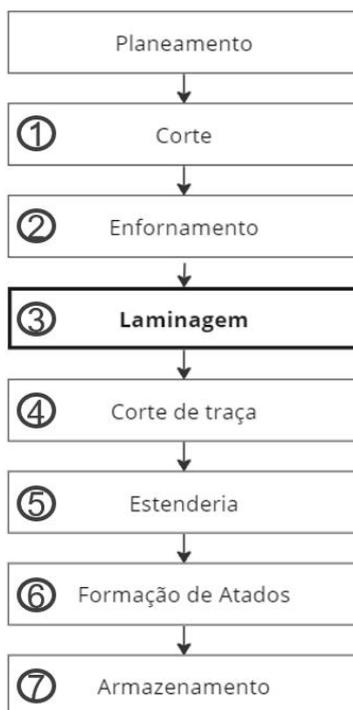


Figura 3.3. Processo produtivo da nova linha de laminagem.

De forma complementar é apresentado na figura 3.2 o *layout* da nova linha de laminagem. Encontra-se preenchido com o número de cada subprocesso na respetiva zona onde decorre a sua execução.

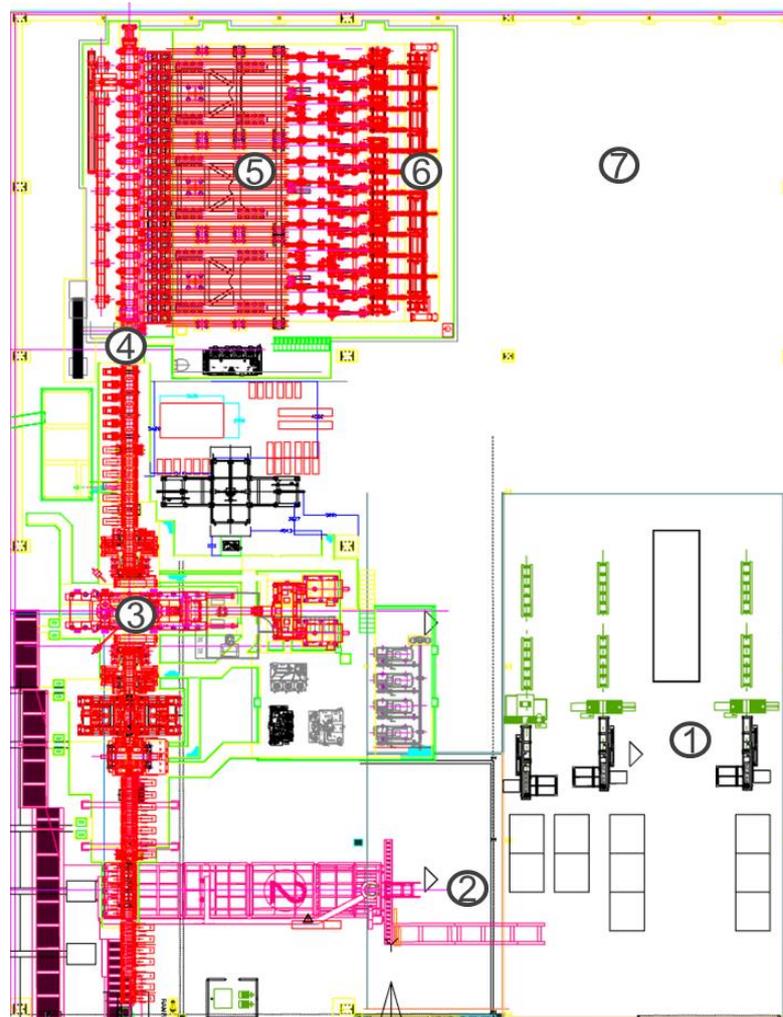


Figura 3.4. Layout da nova linha de laminagem.

A equipa de planeamento inicia o processo emitindo diferentes fichas de produção (sobre o mesmo programa de laminagem) para as diferentes células de produção, com intervalos de tempo distintos.

Na célula 1, zona de corte, é o primeiro subprocesso a receber a ficha com ordem para corte de determinada matéria-prima. Na generalidade, o processo é desenvolvido com recurso a um colaborador e uma máquina de corte de serra de fita. O transporte do lingote de aço é feito com recurso à ponte rolante desta secção do pavilhão e com o empilhador.

Depois de cortado, o bilette é enfiado na zona 2, de acordo com a ficha de forno. Consoante o tipo de dimensão e a qualidade do aço, é permanecido o bilette no forno a determinada temperatura (1000°-1250°C) e durante determinado intervalo de tempo (90 min – 120 min). O forno utilizado, é o *bottleneck* do sistema, limitando a capacidade da linha a 10 toneladas/hora.

Quando atinge o ponto ótimo para iniciar a laminagem, inicia a entrada na linha de laminagem (3). Esta linha é composta por uma caixa de laminagem principal, onde se encontra o SRD e uma caixa de acabamento (*Edger*).

O SRD, sigla do termo inglês *Sliding Reversivel Duo*, é um equipamento de laminagem composto por dois cilindros (*Duo*), que têm capacidade de rotação nos dois sentidos (*Reversivel*), de movimentação retilínea da base (*Sliding*) e de modificar a folga entre os cilindros. Estas quatro características permitem o desenvolvimento de múltiplas passagens na mesma caixa de laminagem, ou seja, tem capacidade para realizar todas as passagens do bilete desde reduções iniciais até ao acabamento final.

O *Edger*, termo inglês, desenvolve os acabamentos dos cutelos do bilete. Bilete, é a designação dada ao lingote depois de iniciar o processo de corte. O número de passagens é sempre ímpar para acabar do lado da traça, denominado de “lado mar”.

Na zona 4 encontra-se uma máquina de corte (traça), que consoante o programa de laminagem, elimina as pontas do bilete, e corta-o consoante o comprimento requerido pelo cliente. As movimentações do bilete nas zonas 3 e 4 são executadas por uma linha de rolos motorizados, sendo controlados de forma remota por um operador localizado num púlpito (P6).

As zonas 5 e 6 compõem a estenderia. Em 5, é feito um arrefecimento dos biletos à temperatura ambiente. Em 6, são formados os atados (lotes) de biletos, de número variável, consoante o pedido do cliente. Estas zonas são controladas de forma remota pelo operador do púlpito 7.

A zona 7 serve para armazenamento intermédio dos atados, de cilindros maquinados (que vão ser montados nos próximos programas de laminagem) e de alguns equipamentos complementares ao processo.

O processo descrito, foi o processo desenhado pela empresa, sendo que o equipamento se encontra em teste de funcionalidades, nomeadamente na zona 3, linha de laminagem.

3.1.4. Produtos

Como referido anteriormente, há capacidade de produzir inúmeros perfis diferentes, que variam na largura, espessura, comprimento, qualidade da matéria-prima, propriedades mecânicas e acabamento requeridos.



Figura 3.5. Exemplos de produtos finais (Boellinghaus-Steel, 2023).

O produto é entregue ao cliente em atados, isto é, lotes de barras. Um atado, é quantificado em kg e varia entre 500 e 1 000 kg.

A empresa tem os seus produtos e processos certificados com diversas normas como, ISO 9001 (sistema de gestão da qualidade), ISO 45001 (sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacionais, ISO 14001 (sistema de gestão ambiental), ISO 9100 (sistemas de gestão da qualidade para a indústria aeroespacial) e JIS EN (norma que garante os padrões standard da indústria Japonesa). Assim, consegue garantir o cumprimento de diversos padrões de operação, sendo reconhecida pelos seus *stakeholders*.

Os produtos da Böllinghaus Steel são utilizados por diversos tipos de setores, nomeadamente indústria da energia, química, farmacêutica, aeroespacial, de tecnologia médica, de construção naval, de engenharia de instalações e equipamentos, entre outros.

3.2. Caracterização do Problema

O problema em estudo centra-se no processo de mudança de ferramenta do novo trem. Desde a produção do último bilete conforme, do programa anterior, à produção do próximo bilete conforme, existe um processo de *setup*, que engloba uma componente de desmontar/montar SRD e uma componente de afinações/ajustes.

O foco atual é melhorar o processo de desmontar/montar o SRD. É um processo que consome muito tempo, sendo que a empresa ainda não o mediu. A equipa de engenharia estima que demore cerca de 10 a 12h. Portanto, não se consegue fazer um correto planeamento para as datas de entrega dos produtos. Além disso, é um processo novo para a empresa, que necessita de ser otimizado e normalizado.

O processo de *setup* é novo para a empresa, estando esta em processo de adaptação às funcionalidades do novo equipamento. Além disso, este equipamento tem ferramentas de dimensões superiores, que só são possíveis ser transportadas com recurso a pontes rolantes ou empilhadores (nos outros trens é possível transportar manualmente).

Por outro lado, não existe qualquer documento com informação sobre o processo de mudança, nem fornecido pelo vendedor do equipamento nem desenvolvida internamente pela empresa. O processo é desenvolvido com base na experiência dos colaboradores, proveniente de outras linhas de laminagem e de uma formação de carácter prático dada em contexto de chão de fábrica (pelo fornecedor do equipamento). Essa formação ocorreu depois da instalação do equipamento e antes dos primeiros testes de funcionalidades deste.

Podem ser resumidos os principais pontos da descrição do problema segundo a estrutura *5Whys and 2How* (5W2H), como se pode ver na tabela em baixo.

Tabela 3.2. Definição do Problema segundo 5W2H.

Qual é a natureza específica do problema:	Tempo da mudança do SRD é elevado, estima-se ser de 10 a 12h; Não existe qualquer estudo do processo;
Quem está envolvido:	<i>Stakeholders</i> , principalmente a equipa de produção e preparação de trabalho da nova linha laminagem;
Quando é que o problema ocorre:	Cada vez que se muda de gama de produção (cenário atual);
Onde é que acontece:	Zona de <i>setup</i> da nova linha laminagem;
Porque é que ocorre:	Processo novo e com pouco desenvolvimento; necessita de ser padronizado e otimizado;
Qual é o impacto do problema:	Impacto no planeamento, produção e prazo de entrega;
Quanto custa a resolução do problema:	Depende do tipo investimento escolhido e do nível de performance que se pretende atingir;

É de notar que atualmente, não é possível medir a frequência da mudança do SRD. Isto porque a empresa está em teste de determinados produtos e, caso obtenha resultado positivo (produto conforme), inicia produção da dimensão testada. Portanto, como existe uma dependência do desempenho do equipamento, não se consegue fazer uma correta estimativa da duração do ciclo de testagem.

Contudo, é estimado que no futuro sejam realizadas 5 mudanças por mês, valor fornecido pela equipa de planeamento de produção. Este valor provém do número de

conjuntos diferentes de SRD que se conseguem montar atualmente (1 para retangulares e 4 para quadrados), que se prevê utilizar para laminar mensalmente.

A resolução do problema depende do nível de performance que se pretende atingir. Para atingir o segundo objetivo principal, ou seja, a redução de 15% do tempo troca do SRD, é possível ser resolvido sem investimento financeiro. Os detalhes são demonstrados na parte de análise melhorias do processo.

3.3. Metodologia Adotada

A metodologia utilizada será o DMADV, uma vez que o processo em análise é imprevisível e não está em conformidade com os requisitos do cliente. Neste caso, esta metodologia serve como estrutura base (de orientação) para aplicação das metodologias SMED e TPM. Por outro lado, a inexistência de documentos sobre o processo de *setup*, é a segunda razão para utilizar o DMADV. Em terceiro lugar, não existe nenhum histórico ou estimativa de tempos, que permita uma análise inicial de orientação para a fonte dos problemas.

Contudo não é seguida uma aplicação rígida desta metodologia, uma vez que o processo já está desenhado (formação de carácter prático dada em chão de fábrica).

Esta metodologia é combinada com SMED, nas fases de medir, analisar (principalmente) e redesenhar o processo. É de destacar a integração do SMED na fase analisar, uma vez que nesta são implementadas as 4 fases da metodologia, de forma a analisar soluções para redução dos tempos de *setup*.

Consoante a definição do estado atual do processo, são medidas e analisadas as possíveis melhorias a desenvolver. Estas soluções propostas são estruturadas com base no valor financeiro de cada uma. Consoante a escolha da gestão de topo, é implementada determinada melhoria, e verificado o seu impacto no processo.

De forma a controlar e a manter o sistema em funcionamento na melhor condição, o maior tempo possível, são desenvolvidos os primeiros passos para um sistema TPM. O foco é o SRD, uma vez que já existe conhecimento do funcionamento do sistema. Vão ser aplicadas essencialmente ações de manutenção autónoma, ou seja, ações de limpeza, inspeção e verificação de componentes durante o processo de montagem das ferramentas.

Por fim, são verificados e discutidos os resultados das ações implementadas. Além disso, são deixadas propostas para continuação deste trabalho.

3.3.1. Fase 1 - Definir

De forma a iniciar o projeto, em primeiro lugar são definidos todos os requisitos e pontos críticos deste, sendo resumidos num *project charter*. Além disso, é feita uma descrição e análise detalhada do estado atual do processo de mudança do SRD e do problema em questão. Ao mesmo tempo, é feito um mapeamento do processo, inclusive uma descrição dos fornecedores e clientes do processo.

De forma a criar o mapeamento do processo e, paralelamente, criar uma base de dados para registo de medições, foram desenvolvidas as primeiras versões de instruções de trabalho para a mudança do SRD.

3.3.1.1. Project Charter

Este pequeno documento formal, presente no apêndice A, descreve de forma sucinta os pontos críticos do projeto. Estes pontos incluem essencialmente a equipa do projeto, âmbito, objetivos, principais riscos, restrições, dependências e estratégias do mesmo. Assim, este documento auxilia o gestor do projeto na explicação dos principais pontos chave do projeto aos *stakeholders*.

Equipa de trabalho:

Tabela 3.3. Equipa de trabalho do projeto.

Função	Nome	Departamento
Estagiário Laminagem	Guilherme Mendes	Produção
Professor Universitário (UC)	Luís Ferreira	Engenharia Mecânica
Supervisor Laminagem	João Sismeiro	Produção
Supervisor Técnico	Vasco Ferreira	Produção
Chefe de equipa	Mauro Bento	Produção
Técnico Ferramentaria/PTR	Diogo Oliveira	Preparação Trabalho
Técnico Superior Ferramentaria/PTR	José Santana	Preparação Trabalho
Gestor Ferramentaria/PTR	Flávio Dinis	Preparação Trabalho
Responsável Manutenção	João Gaspar	Manutenção
Planeamento Manutenção	João Nabeiro	Manutenção

Project Scope:

O propósito do projeto, é reduzir os tempos de Set up, uma vez que o sistema de produção é muito flexível e, portanto, é estratégico para a empresa reduzir tempos de mudança. O foco é a nova linha de laminagem uma vez que não há uma metodologia standardizada.

Os objetivos principais são desenvolver um processo padronizado para o processo de *setup* e reduzir os tempos de mudança em 15%, durante 5 meses. Como entregáveis do projeto, resultam o relatório final de dissertação, apresentação final, instruções de trabalho e documentos estatísticos a corroborar as opções tomadas.

A nível de *milestones* do projeto, na figura abaixo, encontra-se o gráfico *gant* simplificado do planeamento da duração de cada uma das fases do projeto.



Figura 3.6. Gráfico *gant* das fases do projeto.

Riscos, Restrições e Dependências:

A avaliação de riscos e restrições é feita de forma superficial e maioritariamente qualitativa, por uma questão de relação entre esforço e valor acrescentado desta análise.

Relativamente aos riscos:

- Paragem da nova linha de laminagem para reestruturações (médio);
- Poucas trocas do duo para medição de tempos (médio);
- Processo com pouco desenvolvimento/análise (alto).

Ao nível de restrições:

- Tempo – 5 meses, 5 dias por semana, 8 horas por dia;
- Orçamento para melhorias– limitado às possibilidades da empresa e ao retorno estimado do investimento;
- Conhecimento - experiência de utilização da nova linha de laminagem, baixa;

Ao nível das dependências:

- Dependentes da equipa de preparação de trabalho, que maquinam cilindros e desenvolvem pequenos ajustes;
- Dependentes da equipa de ferramentaria que desenvolve e monta todo o tipo de ferramenta que guia o aço;
- Dependentes da equipa técnica italiana que fornece conhecimento e desenvolve a programação dos equipamentos;
- Dependentes da equipa de manutenção em pequenas reparações;

Estratégia de comunicação

O trabalho desenvolvido é supervisionado pelos orientadores, inclusive realização de reuniões semanais. São desenvolvidas reuniões entre equipa, para análise e discussão do trabalho. São desenvolvidas apresentações intermédias mensais, para órgãos superiores da empresa, recebendo feedback do trabalho realizado e algumas orientações.

3.3.1.2. Necessidade de Standardização do Processo

De forma a gerar uma base para investigação de melhorias, estrategicamente decidiu-se criar as primeiras versões de instruções de trabalho, que detalham o processo atual de troca do SRD. Assim, além de criar uma base de dados para registo de tempos e melhorias, serviu positivamente como complemento ao processo de formação inicial.

O processo central, foi ramificado em subprocessos, atividades e tarefas, que facilita a compreensão e análise futura de tempos e métodos. Para cada subprocesso, foi desenvolvida uma instrução de trabalho. Cada instrução de trabalho está dividida em diferentes atividades e cada atividade está dividida em tarefas. É detalhado o que cada operador tem de realizar e que ferramentas necessita para o fazer.

3.3.1.2.1. SIPOC

Para estudar o processo a melhorar, são detalhados os fornecedores, inputs, processos, outputs e clientes do processo geral de mudança de ferramenta. Na figura abaixo, é demonstrado o diagrama de *SIPOC*.

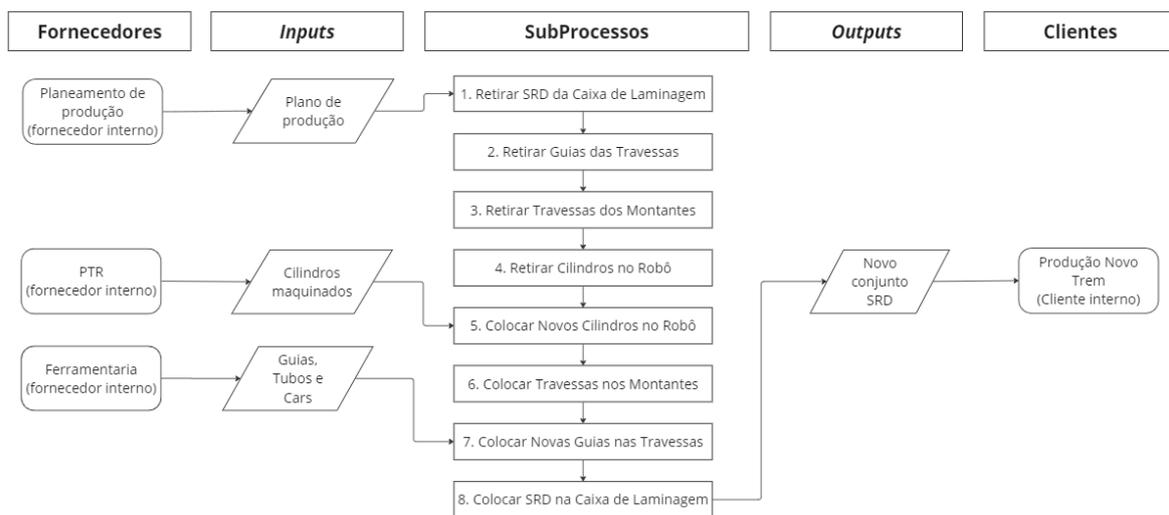


Figura 3.7. SIPOC do processo de mudança SRD.

O processo inicia com a equipa de planeamento de produção que antecipadamente dá ordem para começar a executar a montagem de ferramenta, de acordo com o programa de laminagem planeado. Além disso, como fornecedores internos existe a equipa da PTR, que maquina e desenvolve manutenção dos cilindros que vão laminar nos próximos programas de laminagem. Existe também a equipa de ferramentaria que prepara todo o tipo de ferramentas que orientam o aço para o respetivo gorne do cilindro, desde travessas, tubos, guias e cars.

Os subprocessos do processo de troca do SRD são executados de forma linear e pela ordem apresentada, devido às precedências de cada um. Em primeiro lugar é retirado o SRD da caixa de laminagem e colocado na base da zona de *setup*. De seguida, são retiradas as guias que estão acopladas às travessas (consoante o programa pode ir até 14 guias). Depois são desacopladas as travessas dos montantes.

Com recurso a um equipamento denominado de “robô”, são desacoplados dos montantes os cilindros do programa que acabou de ser realizado e acoplados os novos cilindros. Os seguintes passos são inversamente semelhantes aos 3 primeiros. São colocadas as travessas e, de acordo com respetivo programa de laminagem, são montadas as guias necessárias. São alinhadas as guias com o respetivo gorne e, por fim, é colocado o SRD na caixa de laminagem.

É de notar que a maioria das movimentações de ferramenta são executadas com recurso à ponte rolante. Isto porque todos os equipamentos são de elevado peso, por exemplo 1 guia em média tem 490 kg, travessa são 2 750 kg e o conjunto SRD totalmente montado

(com aproximadamente 14 guias) tem aproximadamente 52 000 kg. Portanto, qualquer movimentação requer elevado tempo e precaução na execução.

3.3.1.2.2. Definição das Primeiras Instruções de Trabalho

Cada instrução de trabalho, ou instrução standard de produção (ISP), corresponde a um subprocesso. O acompanhamento inicial do processo (primeira montagem acompanhada) e um trabalho intensivo com a equipa do NT, permitiu adquirir experiência para realização das primeiras instruções de trabalho. Estas, detalham o modo como o processo é executado, atualmente, sendo feito pequenos ajustes de forma a tornar o processo mais eficiente. Na tabela seguinte, é apresentado um exemplo das atividades e respetivas tarefas, que constituem o primeiro subprocesso, retirar SRD da caixa de laminagem. As restantes tabelas dos processos 2 a 8, estão presentes no apêndice B.

Em cada instrução de trabalho existem algumas tarefas de verificação e limpeza, manutenção autónoma realizada pelo colaborador de produção, essenciais para manter os equipamentos na sua melhor performance o maior tempo possível.

Tabela 3.4. Atividades e tarefas da ISP: retirar SRD da caixa de laminagem.

Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Tempo (s):
1	Verificação Segurança	1	Verificar operador P6 tem o equipamento em modo segurança, ou seja, mode 0;	
		2	Verificar (HDMI) se P6 tem Gap do DUO a 80 mm;	
		3	Certificar se distância entre os dois pontos de referência é de 150 mm/ 900 mm entre veio hexagonal;	
		4	Ir anexo inferior das máquinas verificar se válvula do SRD está aberta;	
		5	No mesmo local verificar se as bombas de alta pressão estão ligadas (4 botões têm de estar a verde);	
2	Movimentar fotocélulas	6	No lado sul-terra, desapertar os parafusos que seguram o braço da fotocélula com a chave de boca de 30 mm;	
		7	Rodar baço das fotocélulas 90 graus passando a ter a orientação no eixo norte/sul;	
		8	Apertar ligeiramente os parafusos para bloquear o braço durante a mudança de ferramenta;	
		9	Repetir o procedimento para o lado mar;	
3	Desconetar circuito elétrico/hidráulico	10	Do lado Norte, desconetar 2 ligações de lubrificação;	
		11	Desconetar a ligação do circuito trifásico;	
		12	Desconetar a ligação do cabo da sonda;	
		13	Repetir os procedimentos 3.1, 3.2 e 3.3 (neste caso tem 2 sondas com identificação) para o lado Sul;	

		14	Certificar se os cabos não estão a restringir o movimento do carro;	
4	Desconetar cilindros do cardan	15	Verificar se Zona Entrada está em controlo remoto (chave rodada para direita);	
		16	Mover o carro para o lado norte;	
		17	Alinhar ranhura do cardan (4*) com a posição das "ganaxes (3*)";	
		18	Imobilizar cardans com avanço das "ganaxes" (rodar botão sentido anti-horário);	
		19	Rodar cardans alinhando pistão com embolo e empurrar embolo com avanço dos dois pistões hidráulicos (rodar botão sentido horário);	
		20	Recuar pistões (rodar botão sentido anti-horário);	
		21	Confirmar se "ganaxes" estão fechadas;	
		22	Movimentar duo reversível para sul;	
5	Remover montante dos grampos	23	Continuar movimento e, com auxílio de outro colaborador, alinhar com cilindros de bloqueio;	
		24	Inserir cilindros (1*) na base do montante (2*);	
		25	Abrir grampos (5*);	
		26	Movimentar conjunto/carro para norte e verificar se sai dos grampos;	
		27	Movimentar conjunto para sul e recuar cilindros de bloqueio;	
6	Remover conjunto da caixa	28	Movimentar a ponte (de 50 Ton) para lado terra;	
		29	Inserir cintas nas 4 posições de fixação;	
		30	Subir ponte na velocidade mínima e confirmar se as 4 fixações estão devidamente acopladas com cinta;	
		31	Movimentar o conjunto com velocidade mínima e de forma constante; com auxílio de outro colaborador verificar se o conjunto não colide com outros componentes;	
		32	Colocar o conjunto devidamente alinhado na base (barrotes provisórios);	
		33	Desacoplar cinta nas 4 posições e movimentar ponte para mar, de forma a não interferir nas próximas movimentações;	

A partir de cada uma das tabelas, foi realizada uma instrução de trabalho. Em cada Instrução de trabalho são introduzidas imagens para auxílio visual na realização das tarefas. Também é introduzida uma simbologia de identificação rápida do tipo de tarefa a realizar. Além disso, é descrita em cada ISP cada ferramenta necessária para a execução de cada tarefa. Podem ser consultadas as instruções de trabalho dos subprocessos 1 a 8, nos apêndices C a J, respetivamente.

Na figura seguinte, podemos ver uma imagem do SRD, que é composto por 2 montantes (assinalados com número 1), 2 cilindros (número 2, o segundo está na posição inferior não sendo possível ver neste ângulo), 1 plataforma guia (número 3), 2 travessas (número 4, a segunda está no lado oposto como podemos ver pelos olhais) e um conjunto de guias (número variável 8-14, consoante o programa a realizar) (número 5, as restantes estão fixadas á travessa do lado oposto).



Figura 3.8. Imagem do SRD.

Antes de passar para a fase seguinte, como se está a investigar o processo de montar e desmontar um equipamento, é de salientar que existem algumas instruções de trabalho/subprocessos que têm atividades e tarefas semelhantes, executando o procedimento inverso. Por exemplo, o subprocesso de retirar a travessa (3) é o inverso de colocar a travessa (6).

Além disso, há atividades ou partes destas, que também se repetem. Ou seja, existe a repetição de conjuntos de tarefas por parte do colaborador. Estas atividades são:

- Retirar sistema de aperto da guia;
- Remover Guia;
- Colocar guias;
- Colocar sistema de aperto da guia.

Portanto, podemos verificar que as tarefas relacionadas com as guias são cíclicas.

Estruturando uma mudança completa do SRD, podemos dividir este processo em 8 subprocessos, 34 atividades e 182 tarefas. Estas engobam as tarefas, adaptadas ao processo contínuo da mudança do SRD, sendo a execução sequenciada de cada uma das ISP. Pode ser consultado no apêndice L o agrupamento de todas as tarefas necessárias para realizar a mudança do SRD, uma vez que serviu de estrutura para análise global de tempos e métodos.

3.3.1.3. Definição dos requisitos do cliente

O cliente do processo de troca do SRD é a equipa de laminagem do NT, que vai utilizar esta estrutura acoplada na linha de laminagem. Portanto, com base em reuniões e em pequenas entrevistas feitas aos colaboradores que compõem a equipa de laminagem, são definidos e divididos (segundo o modelo Kano (Mikulić e Prebežac, 2011)) os seguintes requisitos:

Requisitos essenciais:

- Confirmação das guias a colocar (medição na zona de passagem do aço) e verificação do seu estado;
- Cilindro superior e inferior alinhados;
- Guias colocadas na respetiva posição e perfeitamente alinhadas com gorne;
- Gap dos cilindros na medida base (900 mm entre pontos referencia dos cilindros);
- Travessas niveladas e alinhadas à altura requerida pelo centro de laminagem;
- Verificação Óleos dos motores da plataforma guia;

Requisitos unidimensionais:

- Diminuir a variabilidade do processo de mudança do SRD.
- Diminuir o tempo de mudança do SRD (tendo como objetivo 15%).

3.3.2. Fase 2 – Medir

Na fase de medição, foram utilizadas tabelas com as tarefas ordenadas para registo de tempos. Os tempos foram medidos com auxílio de um cronómetro. Por outro lado, foi utilizado um telemóvel para filmar as mudanças. Além de útil para confirmação de

tempos e análise de interrupções, foram utilizadas imagens para colocar na ajuda visual das instruções de trabalho.

Durante esta fase, foi possível realizar a medição completa de 2 mudanças do SRD. As mudanças acompanhadas foram da montagem para programa dos retangulares 150 por 25 mm de área transversal, que requerem a montagem de 7 guias em cada travessa. Na figura em baixo, é demonstrado um gráfico *gantt* da duração de cada subprocesso. No apêndice L, estão apenas ao detalhe todos tempos médios de cada tarefa.

É de salientar que as tarefas 51 e 133 (correspondem ao transporte de guias entre *setup* e zonas de armazenamento) são as únicas que apresentam tempos estimados. Isto porque, quando foi dado o início do projeto, as guias que pertenciam aos testes a efetuar já se encontravam na zona de *setup*.

O transporte de uma guia desde a zona de *setup* até ao armazenamento estima-se ser de aproximadamente 257 segundos. Como o transporte é feito com recurso a 2 pontes rolantes (de igual modelo), foi retirado o valor da velocidade (mínima e máxima) da ponte, do *trolley* e do sistema de elevação. Com recurso ao *Layout* da fábrica presente no *software NanoCAD* foram retiradas as distâncias do centro de gravidade do posicionamento das guias na zona de *setup* e na zona de armazenamento. Com base no trajeto necessário para o transporte foram retirados os tempos, pela relação entre distância sobre velocidade. Foram adicionados os tempos de colocar cintas e olhais na guia, para o transporte, e os movimentos que o operador tem de desempenhar para realizar a tarefa (com base na tarefa 135).

Para iniciar a análise dos tempos, foi utilizada a média das duas medições retiradas para cada tarefa. Para facilitar a análise e a visualização do tempo de cada tarefa e atividade, foram desenvolvidos vários gráficos *gant*, para cada subprocesso e para o processo geral, com tempo de cada tarefa. De forma a facilitar a visualização, é apresentado um *gant* do processo geral com o tempo de cada subprocesso.

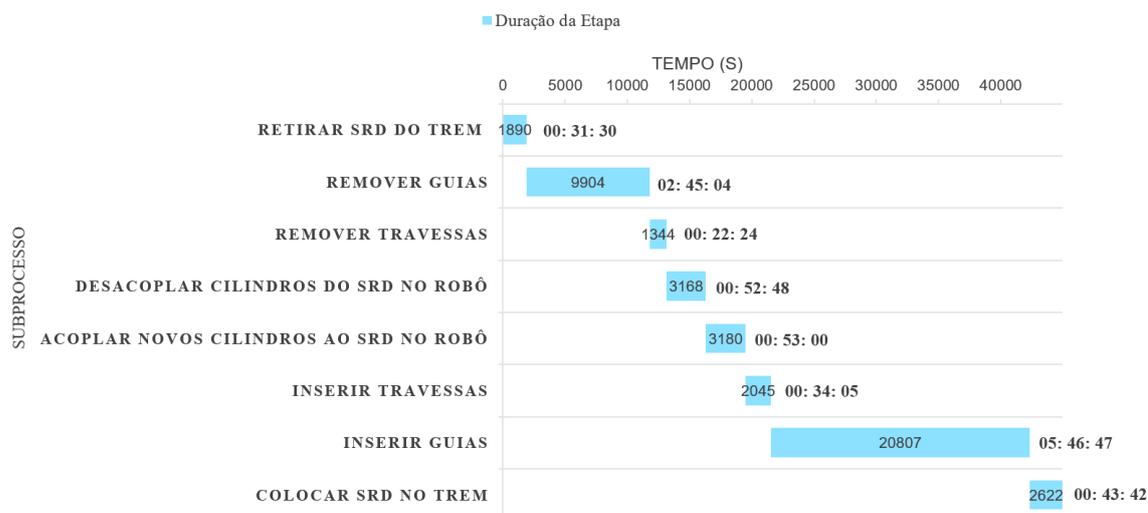


Figura 3.9. Tempo total do processo de *setup*.

O processo de troca do SRD demora em média 12 horas e 30 minutos. É de destacar que os subprocessos de retirar guias e colocar guias são os que consomem maior parte do tempo. Portanto, de forma a categorizar as tarefas pelo seu consumo relativo de tempo, foi feita uma análise ABC das atividades.

Tabela 3.5. Análise ABC das atividades do processo.

Nº	Atividade:	Tempo (s)	% acumulada	Tipo
28	Colocar sistema de aperto das guias	9762	22,70%	A
27	Colocar guias	9374	44,50%	A
8	Remover guias	6651	59,97%	A
7	Retirar sistema aperto da guia	2961	66,85%	A
15	Colocar montante no robô	1495	70,33%	A
29	Colocar SRD na caixa	1353	73,48%	A
20	Retirar Montante do robô	1233	76,34%	A
6	Remover conjunto da caixa	1066	78,82%	A
19	Colocar parafuso que liga montante ao veio	758	80,58%	B
22	Colocar eixo superior	656	82,11%	B
26	Inserir travessa	651	83,62%	B
13	Remover eixo superior	646	85,13%	B
12	Retirar travessa do montante	611	86,55%	B
10	Retirar travessa do montante	541	87,81%	B
23	Transportar travessa Mar	491	88,95%	B

25	Transportar travessa Terra	469	90,04%	B
18	Conectar cilindros ao montante	447	91,08%	B
24	Inserir travessa	435	92,09%	B
16	Remover parafuso que liga montante ao veio	400	93,02%	B
32	Conectar circuito elétrico/hidráulico	384	93,91%	B
17	Desconectar cilindros do montante	330	94,68%	B
14	Preparar robot	299	95,37%	C
33	Movimentar fotocélulas	295	96,06%	C
30	Inserir montante nos grampos	289	96,73%	C
3	Desconectar circuito elétrico/hidráulico	281	97,39%	C
31	Conectar cilindros nos cardans	203	97,86%	C
4	Desconectar cilindros dos cardans	192	98,30%	C
1	Verificação Segurança	150	98,65%	C
9	Segurar travessa Mar	123	98,94%	C
2	Movimentar fotocélulas	104	99,18%	C
34	Verificação Segurança	99	99,41%	C
5	Remover montante dos grampos	97	99,64%	C
21	Desligar Robot	87	99,84%	C
11	Segurar travessa Terra	69	100,00%	C

Através da análise, podemos verificar que as primeiras 8 atividades são responsáveis por 80% do tempo de *setup* em estudo. Além disso, as três primeiras atividades, correspondem a aproximadamente 60% do tempo total. Portanto, na fase de analisar é detalhado a análise dos tempos destas atividades.

É possível ainda verificar que as últimas quatro atividades do tipo A (15, 29, 20, 26), que representam cerca de 12 % do tempo total, envolvem o transporte do SRD com recurso á ponte de 50 toneladas. O processo é desenvolvido na velocidade lenta da ponte, requerendo elevada precaução. Além disso, dentro do layout definido, já tem a sua rota otimizada, portanto, são atividades que não se consegue margem para otimização.

Por outro lado, como o equipamento é novo e está em testes, houve a necessidade de paragem para reestruturações do equipamento o que atrasou a fase de medição, e impossibilitou a realização de mais medições. Seria vantajoso o aumento da amostra do número de tempos de cada tarefas, trazendo várias vantagens como (Creswell, 2014):

- Representatividade, ou seja, quanto maior a amostra mais provável essas medições representarem a população total;
- Maior a precisão dos resultados, e menor a probabilidade de os resultados analisados serem afetados por fatores aleatórios;

- Ajuda a identificar diferenças significativas entre os grupos estudados (por exemplo, com mais tempos era possível dividir em classes a atividade de colocar as guias), ou seja, possibilita a segmentação de dados;
- Melhor a fiabilidade dos resultados obtidos e maior flexibilidade na pesquisa, possibilitando análises exploratórias ou análises mais detalhadas;

Além disso, com maior número de medições, seria possível verificar a variabilidade existente por tarefa. Assim, quanto maior a variabilidade verificada, maior a necessidade atuar de forma a uniformizar e otimizar essa tarefa.

Por outro lado, como os testes da linha de laminagem não correram bem, não foi possível produção contínua da dimensão testada. Portanto, não foi possível medir o OEE atual da linha nem o nível sigma do processo. Futuramente quando se finalizar a fase de testes e iniciar produção contínua, pode ser medida variável disponibilidade da máquina, uma das componentes do OEE afetada pelos tempos de mudança.

3.3.3. Fase 3 – Analisar

Na fase de analisar é aplicada a metodologia SMED combinada com ferramentas estatísticas. Relativamente à fase de análise de melhorias, está dividida em 4 categorias, em função do nível de investimento financeiro. Além disso, há uma dependência lógica entre melhorias para passar para a fase seguinte. As melhorias são analisadas para um cenário de produção contínua, onde apenas ocorrem paragens para manutenção e mudança de ferramenta.

De forma complementar, é analisada a aplicação de algumas ações de manutenção preventiva autónoma. Assim, conseguimos manter a máquina na melhor performance o máximo de tempo, com os recursos disponíveis.

É de destacar que este processo foi cíclico e sistematicamente reprogramado consoante o desempenho da nova linha de laminagem.

3.3.3.1. Análise do Estado Atual

Este é o primeiro estudo de tempos e métodos realizado neste processo e, portanto, não há um histórico de dados para análise inicial, de forma a diagnosticar possíveis causas dos problemas. Há uma noção por parte dos órgãos administrativos superiores que o tempo total de montagem pode ser melhorado, mas ainda não foi desenvolvida qualquer medição e análise do mesmo.

Atualmente, o processo de troca de ferramenta do SRD é desenvolvido com base na experiência dos colaboradores, adquirida nas outras linhas de laminagem, e com base nas orientações dadas pelos técnicos que forneceram o equipamento. O processo é efetuado por 2 colaboradores, sendo o processo de medição efetuado com 2 equipas diferentes.

3.3.3.1.1. Variabilidade do processo

Existe elevada variabilidade no desenvolvimento do processo. Contudo, como apenas foi possível a medição de duas mudanças de ferramenta, torna inviável a sua caracterização quantitativa. Por outro lado, como este é o primeiro estudo desta natureza no processo, não existem registos de dados para uma análise preliminar de forma a orientar a investigação para a origem do problema.

Porém, através do acompanhamento do processo, é possível afirmar que a variabilidade é originada por:

- Ser um processo novo para os colaboradores; além disso, não estão habituados a manipular equipamentos e ferramentas destas dimensões;
- O processo de standardização e estudo dos métodos de trabalho está em desenvolvimento, sendo este o primeiro estudo mais detalhado;
- Formação dada pelos fornecedores do equipamento foi muito superficial, sendo que não forneceram qualquer documento sobre procedimentos para troca de ferramenta;

As duas trocas do SRD alvo do processo de medição, foram do conjunto de guias montado para produzir barras retangulares 150 x 25 mm de área transversal. Portanto, para esta montagem em cada travessa são montadas 7 guias, para realizar o número de passagens necessárias pelos gornes do cilindro. Logo, foram recolhidos 28 tempos (2 medições, em 2 travessas, com 7 guias) das tarefas que envolvem transporte, acoplamento e alinhamento das

guias. Estes tipos de tarefas são cíclicos, tendo o mesmo processo, apenas muda a configuração da guia a colocar (ver tarefa 18, tabela 6 do anexo B).

Pelo acompanhamento da execução das tarefas e pela análise do registo dos registos de tempos, foi verificado que as atividades que tinham maior variabilidade são:

- Inserir travessa;
- Colocar sistemas de aperto das guias (alinhar guias);
- Transportar/inserir guias;
- Remover guias;

Como visto na fase de medir, as três primeiras atividades são responsáveis por 60% do tempo de setup. A primeira atividade, número 28, apresenta uma distribuição multimodal, com média de 476 segundos (7 min e 56 s) e desvio padrão de 183 segundos (3 min e 3 s, com coeficiente de variação de 38.44 %).

Para executar esta atividade, há grande dependência da experiência do operador para a afinação/colocação do sistema de sistema de aperto da guia. Neste caso, o operador de laminagem alinha o gorne e coloca o sistema de fixação com base na experiência que possui, sendo um processo que utiliza a capacidade visual para alinhar paredes da guia com “castelo” do gorne, movimentando a guia com esticadores, ponte, alavanca e marreta. Como, esta tarefa foi executada por 4 operadores diferentes, apresenta tempos com elevada variabilidade.

Além disso, as guias têm diferentes pesos, variam entre os 287 aos 963 kg, sendo, portanto, um fator que contribui para a variabilidade no processo de alinhamento (envolve a ligeira movimentação da guia sob a travessa, para aperfeiçoar o alinhamento face ao gorne).

Além disso, foi calculado o tempo morto (tempo de paragem do processo por alguma perturbação) médio de um colaborador, sendo de 217 segundos, nesta atividade. Os tempos mortos não são considerados no histograma, mas são contabilizados nos tempos das atividades presentes em anexo.

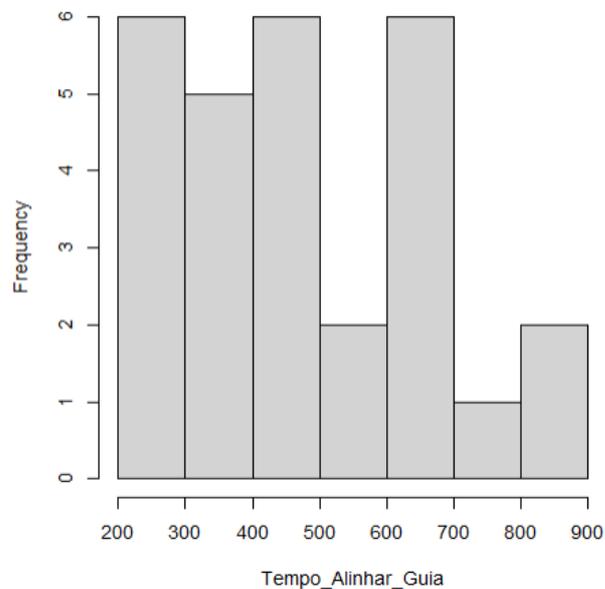


Figura 3.10. Histograma dos tempos da atividade (28), colocar sistema de aperto de guia.

Relativamente à atividade 27, foi feita uma análise detalhada da mesma, mas sem contabilizar a tarefa 133, que corresponde ao transporte da guia da zona de armazenamento das guias até à zona de *setup*. Não foi feita esta contabilização, uma vez que o propósito desta análise é compreender o processo de inserir a guia na travessa. Além disso, para essa tarefa (133) foram utilizados tempos estimados (explicado na fase definir).

Portanto, as tarefas 134-140, são cíclicas onde o operador transporta as 14 guias que se encontram no chão da zona de *setup* para a travessa. O histograma em baixo, representa os tempos destas tarefas. Tal como em cima estes tempos representam o tempo que a tarefa realmente demora a desenvolver, retirando qualquer perturbação ocorrida no desenvolver da tarefa.

Assim, este ciclo de tarefas demora em média 455 segundos, tendo um desvio padrão de 131 segundos (com coeficiente de variação de 28,8 %). O tempo morto médio por ciclo é estimado em cerca de 112 segundos. Esta atividade apresenta um comportamento bimodal. A existência de uma segunda classe pode ser justificada pela existência de 4 das 14 guias (tubos de saída) que apresentam uma configuração diferente (não se colocam olhais para o seu transporte e têm um peso superior as restantes, sendo quase o dobro), obrigando ao operador um esforço acrescido para a sua colocação.

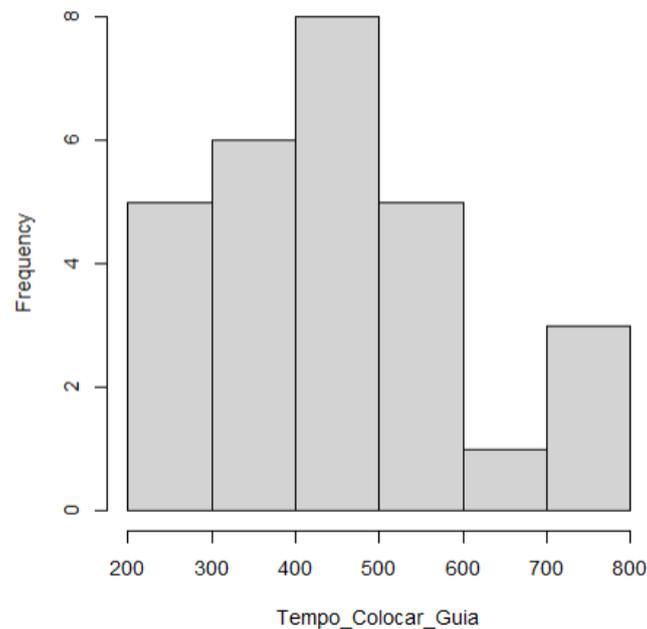


Figura 3.11. Histograma dos tempos da atividade (27), colocar guias.

Analogamente, foi feita a mesma análise para a atividade 8, “remover guias”, onde, mais uma vez, não foi contabilizado o tempo de armazenamento das guias (tarefa 52). Este ciclo de atividades apresenta evidência estatística de uma distribuição normal (fazendo o *shapiro wilk normality test*, apresenta um p-valor de 0,788, ou seja, superior a 0,05 o que faz aceitar a hipótese nula) de média 180 segundos e desvio padrão de 47 segundos (sendo a que tem menor coeficiente de variação de 26,11 %).

```
> Retirar_Guias
[1] 156 225 187 129 128 135 110 230 247 252 285 190 195 180 93 183 143 197 177 224 142
[22] 235 165 225 145 159 167 132
> shapiro.test(Retirar_Guias)

Shapiro-Wilk normality test

data: Retirar_Guias
W = 0.97754, p-value = 0.788
```

Figura 3.11. Teste de normalidade dos tempos da atividade colocar guias;

Quanto ao tempo morto médio por ciclo, nesta tarefa temos um valor de 60 segundos. Valor inferior quando comparado com os outros ciclos de tarefas. Esta redução é justificada pelo facto de o esforço requerido ao operador quando retira uma guia ser inferior ao esforço requerido para colocar ou alinhar uma guia.

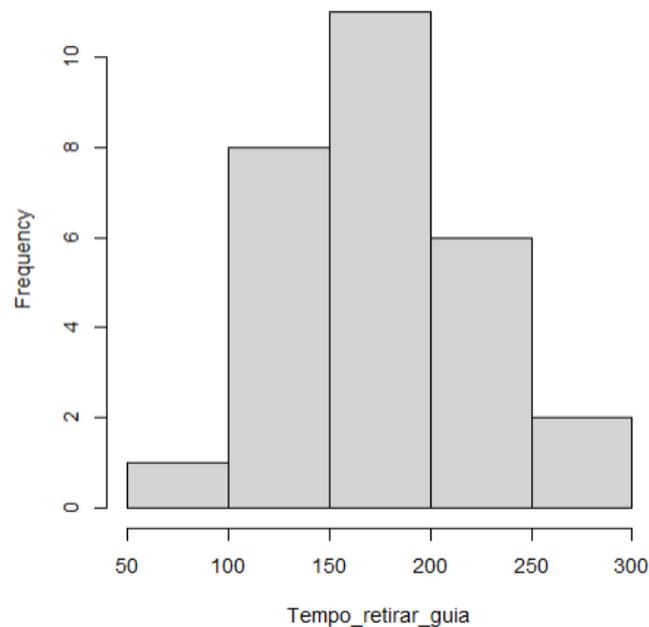


Figura 3.12. Histograma dos tempos da atividade (8), remover guias.

Para uma análise mais aprofundada dos tempos das tarefas, existe necessidade de dispor de uma amostra de maior dimensão. Isto daria a capacidade de dividir a primeira e segunda distribuição em classes, para uma caracterização mais detalhada da tarefa. Por exemplo, fazer medições por grupos de guias (classes), em função do operador e verificar se existe alguma relação com o tempo de montagem, seria uma hipótese a desenvolver no futuro.

Ter tempos com elevada variabilidade desencadeia problemas de planeamento de produção e de prazo de entrega. Portanto, além de transformar o máximo de atividades internas em externas, há necessidade de mudar o método de trabalho para padronizar, otimizar e reduzir variabilidade das mesmas.

3.3.3.2. Separação de Atividades Internas e Externas

Atualmente todas as tarefas são realizadas como tarefas internas, ou seja, com a máquina parada. Para termos uma noção do valor do custo de uma mudança foi considerada o custo de paragem do trem aberto. Este custo é estimado em cerca de 550 euros por hora (valor fornecido pela equipa de engenharia de processo), tendo em consideração os seguintes custos:

- Custo do consumo de gás natural do forno utilizado na linha;
- Custos mão de obra parada;

- Custos energia elétrica consumida pelos equipamentos;

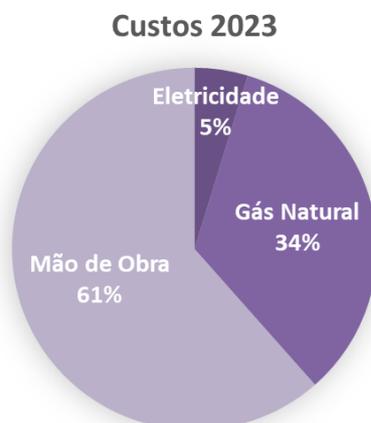


Figura 3.13. Percentagens de cada variável dos custos do TA.

É de destacar que este valor não contabiliza a perda por não produção, relativamente à margem de lucro do produto. Portanto, fazendo a extrapolação do valor do custo de paragem do TA para NT, considerando um tempo de 12h e 30 minutos por mudança temos um custo de 6 868 euros por mudança. Assumindo que se realizam 5 mudanças por mês e que o trem opera 11 meses por ano (15 dias parado, semestralmente, para manutenção) podemos considerar um custo de paragem anual de 377 770 euros.

É de realçar que o forno utilizado no NT é o mesmo que o TA, mas brevemente será adquirido um novo forno com maior capacidade para o NT. A análise desenvolvida é feita para o cenário, 1 forno para 1 linha laminagem. Portanto, como ainda não foram contabilizados os gastos do NT, sendo certamente superiores aos do TA, uma vez que se vai adquirir um forno (mesmas características) com mais capacidade e a equipa de laminagem ainda não tem número definido (atualmente em fase de testes existe elevado número de recursos humanos alocado à linha), considerou-se os custos do TA para desenvolver a análise dos custos de paragem.

3.3.3.3. Propostas de Melhoria

As propostas de melhoria apresentadas são soluções para transformar atividades internas em externas. Algumas são dependentes e seguem uma lógica gradual de passagem de tarefas internas para externas através de pré-montagens. Estas são classificadas consoante o nível de investimento financeiro:

- Sem investimento financeiro;
- Investimento financeiro de 3ª linha ($\leq 10\,000$ euros);
- Investimento financeiro de 2ª linha ($< 100\,000$ euros);
- Investimento financeiro de 1ª linha ($\geq 100\,000$ euros);

Outras propostas, visam a otimização de tarefas internas, modificando o método de trabalho, ou eliminando desperdícios. Cada proposta apresentada tem uma estimativa de tempo ganho por mudança efetuada. Através de uma reunião com a equipa de engenharia, foi estimado que serão realizadas 5 mudanças em média por mês, ou seja, 55 mudanças anuais. São considerados 11 meses de funcionamento por ano, uma vez que é estimada uma paragem semestral de 15 dias para manutenção (como nos outros trens). Este valor é tomado como ponto de partida para analisar o período de recuperação do investimento realizado para cada proposta.

Os valores mencionados nas seguintes tabelas (das propostas de melhoria), foram calculados contabilizando a passagem de cada tarefa de interna para externa, ou eliminação de tarefas. Isto traduz-se em redução de tempo interno, reduzindo a paragem do equipamento. Para tal, foi desenvolvida uma tabela (com todas as tarefas e respetivos tempos médios das duas medições) para cada proposta desenvolvida. Em cada tabela é contabilizado o ganho percentual do processo geral. Como exemplo deste processo, é apresentado no apêndice L a tabela utilizada para a proposta F. Esta foi escolhida para apêndice, uma vez que foi a última proposta que a empresa decidiu avançar para ação de melhoria.

3.3.3.3.1. Sem Investimento Financeiro (A)

Este tipo de melhorias englobam todas as propostas que utilizam os recursos disponíveis na empresa. Tem como ponto de partida a mudança do método de trabalho, maior organização do posto de trabalho, a fácil identificação de ferramentas e otimização dos recursos existentes.

1. 4 Caixas de arrumação, a primeira para colocar 16 porcas e anilhas das travessas, a segunda para colocar olhais existentes, a terceira utilizada para colocar os 16 parafusos do veio e a 4ª para colocar parafusos e cavilha que ligam montante ao cilindro. Estas caixas, solucionam o problema de possível perda deste tipo de acessórios de

montagem, ajudam na identificação rápida, facilitam o transporte e protegem da contaminação com poeiras/humidade.

2. Etiquetagem dos movimentos do robô. O robô é um equipamento que serve para acoplar e desacoplar cilindros aos montantes, como podemos ver nas ISP. Tem 3 módulos, onde cada módulo tem capacidade de movimentação retilínea em dois sentidos. Os movimentos são desencadeados por um sistema hidráulico e coordenados por um conjunto de 4 manípulos. Para facilitar a operação com o mesmo, foi escrito por um colaborador os movimentos que o equipamento desempenha, numa das faces do equipamento, junto à zona dos manípulos, como podemos ver nas figuras 4.8 e 4.9. A proposta seria desenvolver uma nova etiquetagem que identificasse o módulo, o manípulo e o movimento que executa;

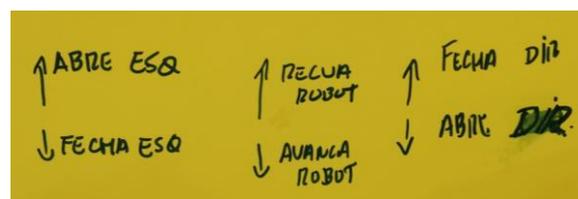


Figura 3.14. Identificação atual robô.



Figura 3.15. Manípulos para movimentação do robô.

3. Diferencial para nivelar a elevação das travessas. Como verificado nas montagens acompanhadas, este processo tinha elevada variabilidade, explicada pelo desnível da travessa (2) relativamente ao eixo vertical/nível do montante (1). Como o montante tem oito parafusos para acoplar aos furos na travessa (com folga de 1 mm para inserção) e como o transporte da travessa é feito com recurso à ponte rolante, qualquer desnível da travessa face ao montante prejudica o movimento necessário para acoplar as travessas. Na figura em baixo é possível ver esse desnível, verificando a diferença no angulo da travessa antes de ser apertada (esquerda) e depois de apertada ao montante (direita).



Figura 3.16. Travessa acoplada ao montante.

Como o centro de massa das travessas não está alinhado com os dois olhais, existe um elevado desnível da travessa para a entrada nos parafusos do montante. Para tal, foi proposto o nivelamento das travessas com recurso a um diferencial. A empresa já possui diferenciais nos outros trens de laminagem, portanto, foi feito o requisito de alocação de um dos diferenciais para o NT.

4. Novo Layout para a zona de *setup*. O layout proposto para a zona de *setup*, tem como ponto central a movimentação do robô 2 metros para norte (limite do seu posicionamento sem interferir com a zona de passagem que se encontra a norte do robô) e 1 metro para “terra” (ou seja, Este) (colocando o movimento do módulo central do robô ao limite face ao gradeamento quando se movimenta no sentido “mar (ou seja, Oeste)-terra”), como podemos ver pela figura em baixo.

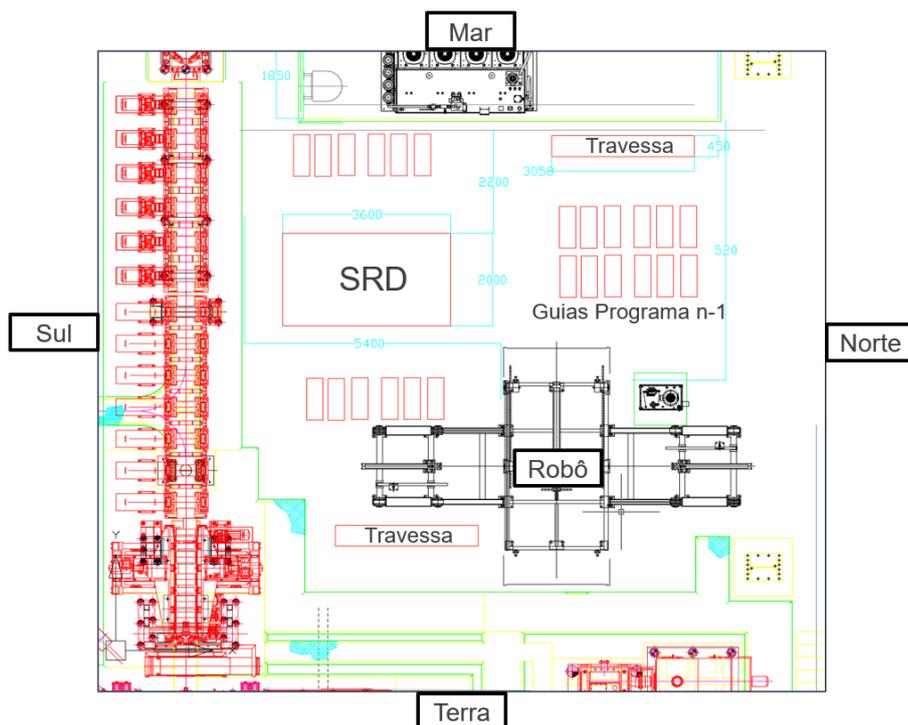


Figura 3.17. Layout proposto para a zona de *setup*.

Assim, conseguimos aumentar o espaço de trabalho na zona de *setup*, libertando espaço para:

- Deixar de transportar as travessas mar (1) e terra (2) para perto do forno 2, e passam a ser transportadas para as duas posições assinaladas na figura 3.18 (sendo feita uma marcação no chão para definir a sua colocação);

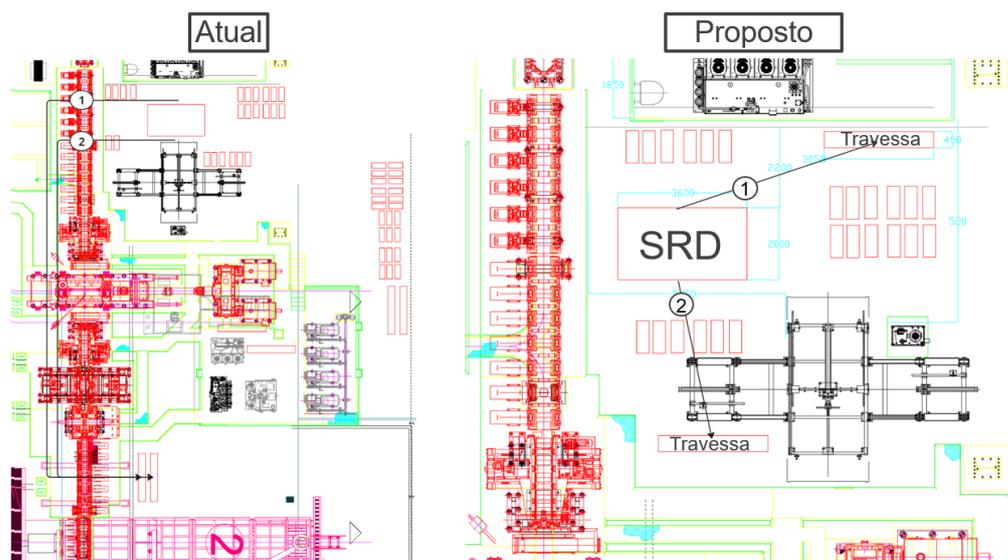


Figura 3.18. Diagramas de *spaghetti* da movimentação das travessas.

- Começar a colocar as guias do programa que acabou de laminar em cima de paletes como tarefas internas, sendo depois armazenadas pelo colaborador como tarefa externa;

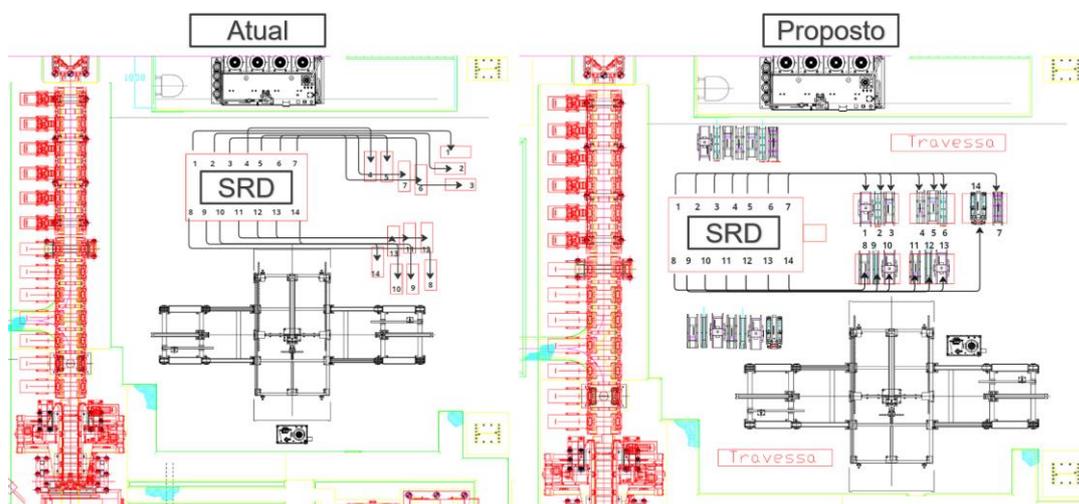


Figura 3.19. Diagramas de *spaghetti* da movimentação para remoção das guias.

- São colocadas como tarefa externa as guias do próximo programa de laminagem, de forma ordenada em paralelo com a zona onde vão ser montadas na travessa (com respetiva marcação a definir zona de posicionamento das guias);

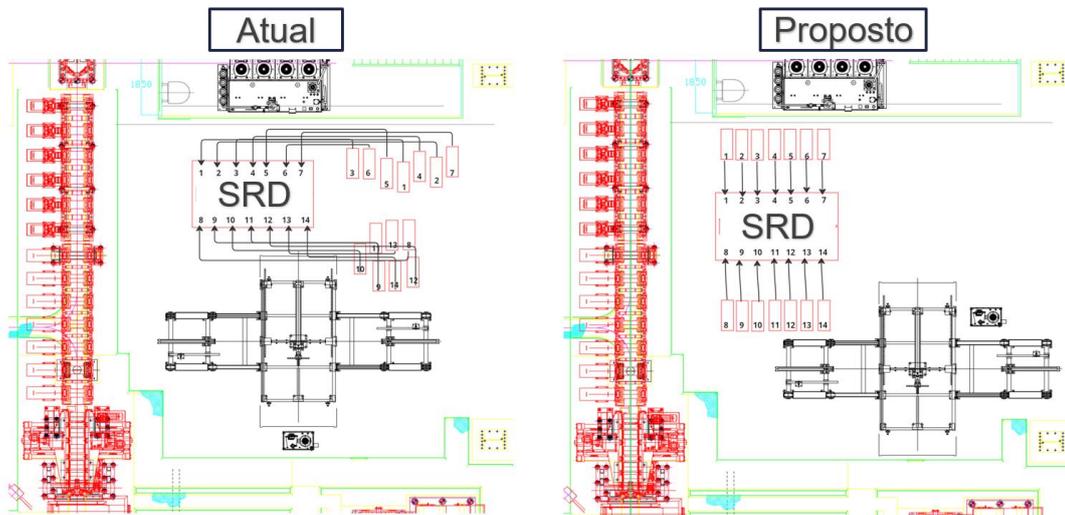


Figura 3.20. Diagramas de *spaghetti* da movimentação para colocação das guias.

- Colocar sempre os novos cilindros no submódulo mar do módulo central; além disso, deve ser feita como tarefa externa a movimentação do módulo central para terra de forma a ganhar mais espaço para movimentação de ferramenta com ponte;

Para que os colaboradores mantenham o processo padronizado e para não ocorrer falhas no desenvolvimento das tarefas internas, foi desenvolvida uma lista de verificação para ser desenvolvida antes e depois da mudança (encontra-se no K).

Para o transporte de guias, grampos, travessas e SRD, os colaboradores estão dependentes das pontes rolantes de 10 e 50 toneladas existentes nesta zona do pavilhão. Portanto, torna-se difícil de otimizar o transporte de ferramenta. Foi discutida a colocação de uma grua de bandeira, contudo, pelo constrangimento de movimentações entre ponte existente e possível bandeira, durante a montagem, essa proposta foi cancelada.

Por outro lado, os subprocessos que não estão inteiramente dependentes da ponte, e que necessitam do trabalho em equipa dos dois colaboradores são os subprocessos de retirar e colocar o SRD na caixa de laminagem (1 e 8, respetivamente). Desse modo, foi proposto uma divisão das tarefas dos operadores nestes subprocessos, uma vez que atualmente, a sua execução é aleatória.

Portanto, foi feita uma distribuição das tarefas pelos 2 colaboradores responsáveis. Pode ser vista a divisão das movimentações propostas, cenário otimizado, na figura em baixo. A preto, são as movimentações do P6 e a azul do P7.

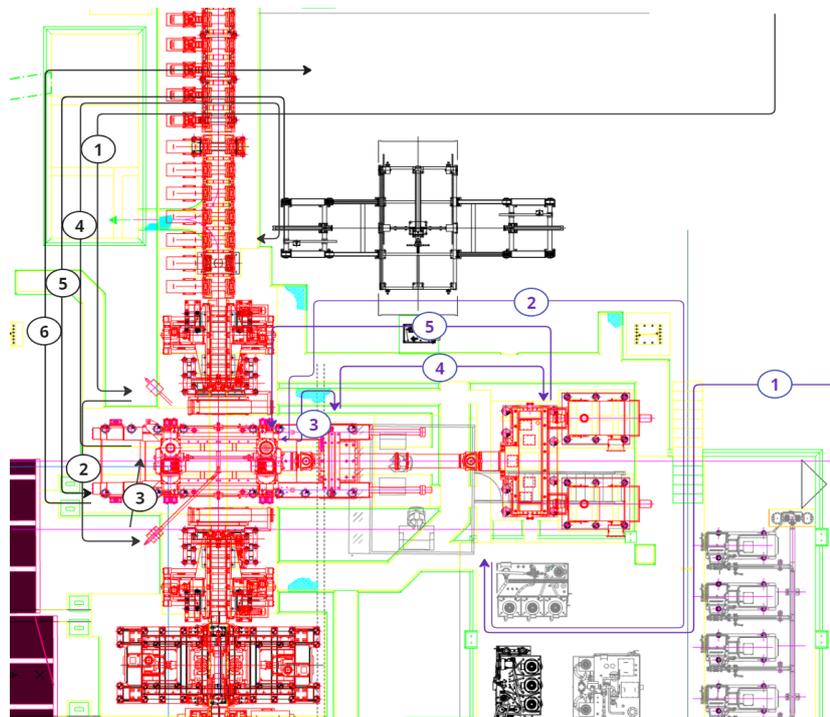


Figura 3.21. Diagramas de *spaghetti* das movimentações dos operadores para o subprocesso 1.

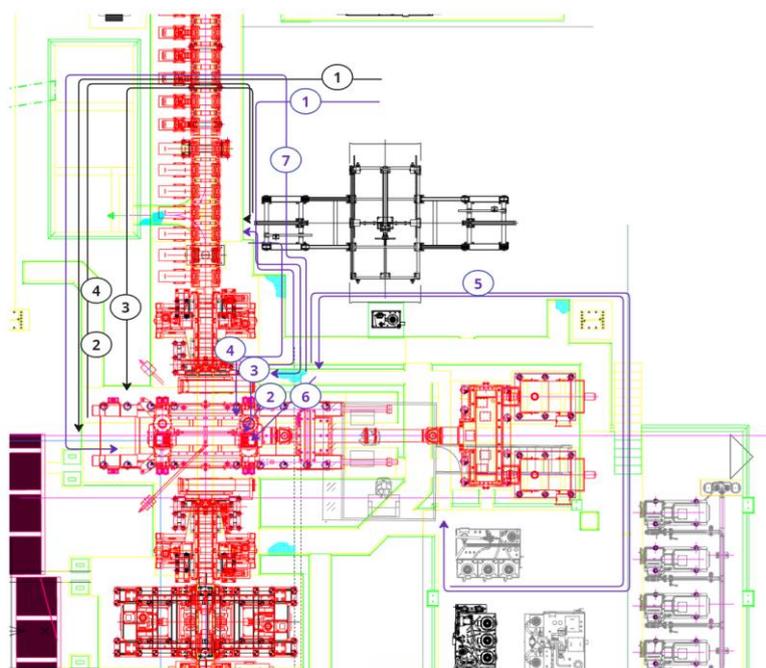


Figura 3.22. Diagramas de *spaghetti* das movimentações dos operadores para o subprocesso 8.

De acordo com as movimentações estudadas, foram feitas alterações nas ISP, sendo estruturada a repartição de atividades e tarefas entre operadores, pode ser feita a consulta nos apêndices C e J.

O conjunto destas alterações no método de trabalho é a principal proposta de melhoria na secção sem investimento financeiro. Claro que requer consumo de recursos como tempo e mão de obra interna (colaboradores do departamento de manutenção), para desapertar parcialmente, movimentar e montar o robô. Com base nas medições efetuadas, é possível estimar que estas melhorias passem 26,3 % do tempo total para tempo externo, como podemos ver na tabela em baixo.

Tabela 3.6.Análise de tempos e poupanças para a proposta A.

Estimativas	Tarefas	Tempo (s)	Tempo (h:m:s)
Total	182	44958	12: 29: 18
Total Internas	165	33145	09: 12: 25
% Internas	90,66%	73,72%	
Total Externas	17	11813	03: 16: 53
% Externas	9,34%	26,28%	
Poupança (€/mudança)	1 805		
Poupança (€/ano)	99 275		

Considerando o custo de paragem do TA, é possível afirmar que há uma poupança estimada de 1290 euros por mudança. Considerando a estimativa do número de mudanças do NT, de 5 mudanças por mês, e os 11 meses de funcionamento do equipamento por ano, há uma poupança de 99 275 euros por ano.

3.3.3.3.2. Investimento financeiro de 3ª linha

B. Desenvolvimento de um sistema em guia de correr para 4 grampos do robô. Para fixar a base dos montantes aos módulos sul e norte do robô, são utilizados 4 grampos (com aproximadamente 40 kg) em 4 zonas de fixação, sendo que em cada grampo são enroscados 2 parafusos, como podemos ver nas zonas assinaladas a vermelho na figura em baixo.

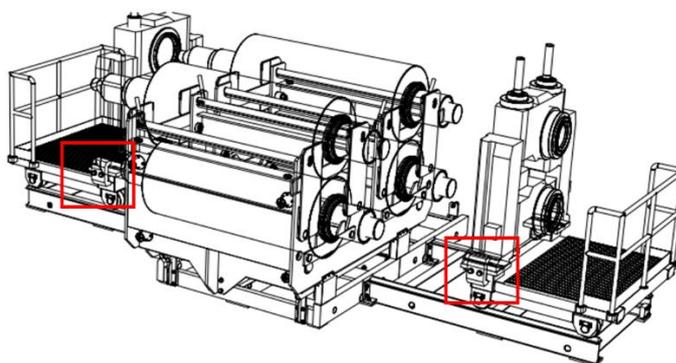


Figura 3.23. Desenho ilustrativo do robô.

Devido ao elevado peso, cada vez que é realizada uma mudança, são transportados os 4 grampos com recurso à ponte, cintas e olhais. Com o desenvolvimento de um sistema de movimentação em guia, com recurso a dois eixos (acoplados às bases dos modulo sul e norte do robô) e 2 rolamentos (acoplados aos grampos), seria possível eliminar a tarefa de movimentação dos grampos com a ponte (alteração do método de trabalho das tarefas 85 e 101 a 104). O colaborador passava a puxar o grampo depois de desapertar os dois parafusos, ficando o montante livre para ser retirado.

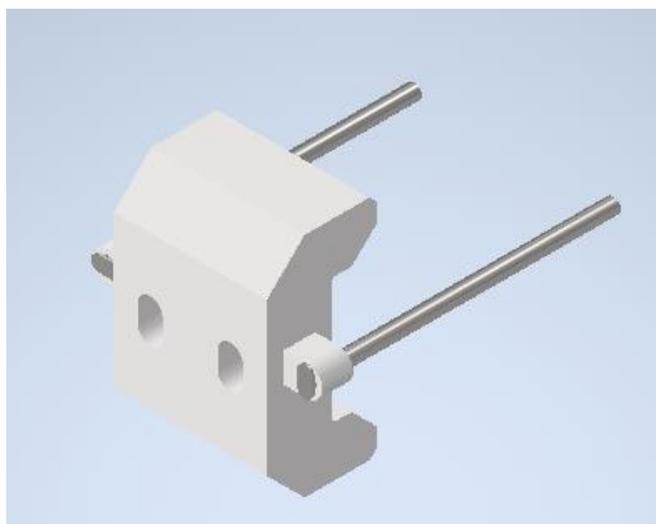


Figura 3.24. Protótipo de um sistema em guia de correr para grampos do robô.

Assim, com a análise de vários fornecedores, foi estimado um custo de 800 euros pelos 4 sistemas de guias de correr. Eliminando as movimentações com a ponte, conseguimos uma poupança de aproximadamente 5 min por mudança. Considerando o

mesmo raciocínio de poupança monetária por mudança e por ano, podemos considerar que temos um período de recuperação de investimento de aproximadamente 4 meses (como vemos na figura em baixo) (arredondamento efetuado sempre por excesso).

Tabela 3.7. Análise de tempos e poupanças com aplicação do sistema em guia nos grampos.

Redução tempo [h:m:s/mudança]	00: 04: 55
Poupança [€/mudança]	45
Poupança [€/ano]	2475
Custo [€]	800
PRI [ano]	0,30

C. Colocação de olhais na totalidade das guias. As guias necessitam da colocação de 2 olhais para o seu transporte (há exceção de 4 guias que têm furos e de 2 guias que necessitam de 4 olhais (M 16)). Cada guia leva olhais M16, M 20 ou M24, consoante a sua configuração. Atualmente existem 12 olhais M16, 10 M20 e 6 M24, distribuídos entre guias na PTR, Setup e Zona de armazenamento, não sendo suficientes para cada guia.

A proposta seria adquirir olhais para cada guia, sendo olhais com capacidade giratória devido ao esforço que são submetidos durante o transporte da guia. Assim eliminamos a tarefa de enroscar e desenroscar olhais durante o processo de *setup*. Podemos considerar que:

- Cada guia necessita de dois olhais;
- O processo de *setup* em estudo tem 14 guias;
- Excluindo 4 guias, que são os tubos que não necessitam de olhais (têm furos na sua estrutura);
- Em cada movimentação temos de apertar e desapertar 2 olhais;

Portanto, no processo de *setup* (na atividade de retirar guias e colocar guias), necessitamos de desapertar 40 vezes o olhal apertar 40 vezes o olhal. Foram feitas 10 medições da tarefa de enroscar e desenroscar um olhal na totalidade, sendo os resultados demonstrados na tabela em baixo.

Tabela 3.8. Análise de tempos e poupanças com aquisição de olhais.

	Tempo de apertar um olhal	Tempo de desapertar um olhal	Total
Contagem 1 [s]	14,70	13,53	28,23
Contagem 2 [s]	16,48	15,00	31,48
Contagem 3 [s]	13,78	11,83	25,61
Contagem 4 [s]	14,11	13,28	27,39
Contagem 5 [s]	15,44	10,38	25,82
Contagem 6 [s]	14,69	11,96	26,65
Contagem 7 [s]	16,70	11,75	28,45
Contagem 8 [s]	15,76	13,75	29,51
Contagem 9 [s]	14,11	13,57	27,68
Contagem 10 [s]	13,59	11,31	24,90
Média [s]	14,93	12,63	27,57
Desvio padrão [s]	1,05	1,32	1,88
Poupança Tempo [s/mudança]	597,44	505,44	1102
Poupança Tempo [h:m:s/mudança]	00:09:57	00:08:25	00:18:23
Poupança Monetária [€/mudança]	91,27	77,22	168
Poupança Monetária [€/ano]			9 267,26
Custo olhais F1 [€]			3348,84
PRI [anos]			0,36
Custo olhais F2 [€]			4535
PRI [anos]			0,49

Tendo em conta a totalidade das 48 guias, para completar a colocação de olhais nas guias foi proposta a compra de 20 olhais M16, 28 olhais M20 e 24 olhais M24. Tendo em conta a análise do preço de dois fornecedores, sendo de características semelhantes, é mais vantajoso a nível financeiro o investimento no fornecedor 1, tendo um período de recuperação de investimento de 6 meses.

Alem dos benefícios a nível de tempo na troca de ferramenta, se cada guia tiver os seus olhais temos outra vantagem, que é a prevenção da contaminação dos furos das guias com calaminas e poeiras libertadas pela linha. Isto, iria dificultar a inserção dos olhais (durante o enroscamento) numa fase de produção continua (maior libertação de calamina).

D. Aquisição de uma mesa elevatória com capacidade de movimentação.

Esta proposta permite eliminar a tarefa 138 e diminuir o esforço requerido na tarefa 139. Estas tarefas são de elevado risco para a segurança do operador e requerem grande esforço físico para a execução das mesmas. Com a aquisição de uma mesa elevatória (com capacidade para 2 toneladas e no mínimo de 1 metro de elevação), o colaborador passava a pousar a base da guia entre a travessa (que se encontra a 0,65 m do chão) e a mesa, deixando de exercer força sobre a guia, para que esta não perca o atrito sobre a travessa, durante a execução da tarefa 139.

Esta mesa, também dava auxílio na execução de outras tarefas, como por exemplo no transporte de grampos e guias na zona de preparação de trabalho. Também poderia auxiliar a zona da ferramentaria na movimentação dos diferentes tipos de componentes das guias na zona de montagem.

Como é possível ver na tabela em baixo, com esta melhoria é possível uma poupança anual de 9 646 euros. Considerando a compra ao fornecedor 2, teríamos um período de recuperação de investimento aproximado de 3 meses.

Tabela 3.9. Análise de tempos e poupanças com aquisição de olhais.

Redução tempo (s/mudança)	1148
Redução tempo [h:m:s/mudança]	00:19:08
Poupança [€/mudança]	175
Poupança [€/ano]	9 646
Custo F1 [€]	2 410
PRI 1 [anos]	0,25
Custo F2 [€]	1696
PRI 2 [anos]	0,18

3.3.3.3. Investimento financeiro de 2ª linha

E. Maquinar os 8 rasgos e adicionar estrutura de elevação nas travessas.

O objetivo desta melhoria seria capacitar o processo de forma a acoplar e desacoplar as travessas com as guias montadas (mas não alinhadas). Assim, as atividades 7 e 8, do subprocesso 2 (remover guias) e, 25 e 26 (143 a 148), do subprocesso 7 (inserir guias) são transformadas em tarefas externas. Além disso, eliminamos as tarefas 118 e 126 (que correspondem à terceira melhoria proposta nas melhorias sem investimento financeiro), uma vez que a estrutura adicionada à travessa teria o centro de massa alinhado com as zonas de fixação desenvolvidas.

Para tal, em primeiro lugar, foi proposta a maquinação dos 8 rasgos de cada travessa. Como podemos ver na figura em baixo, a eliminação da zona assinalada pela linha a negrito, semicircunferência afunilada (elimina 10 mm), na zona superior do rasgo (não é utilizada quando que procede ao aperto da travessa), vai facilitar a entrada da travessa nos parafusos do montante (que atualmente é feita com margem de 1 mm de entrada).

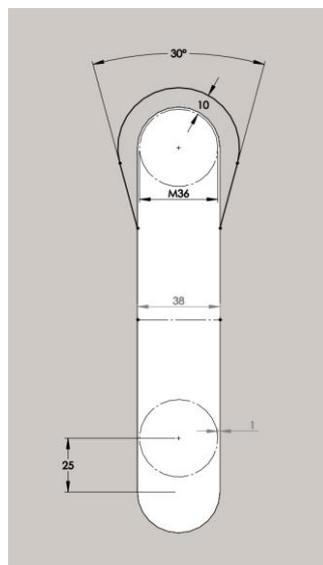


Figura 3.25. Desenho da proposta para maquinação dos rasgos das travessas.



Figura 3.26. Desenho da travessa com rasgos maquinados.

Assim, o objetivo seria inserir a zona maquinada da travessa nos parafusos. Quando estiverem inseridos os parafusos na travessa, é subida a ponte de forma a colocar a travessa no nível requerido.

Por outro lado, a movimentação da travessa com as guias inseridas, faria com que o desnível da travessa fosse muito mais acentuado. Portanto, em reunião com a equipa da preparação de trabalho/ferramentaria surgiu ideia de desenvolver uma estrutura para inserir permanentemente na parte superior da travessa de forma a nivelar a travessa durante o seu transporte.

O desenho em baixo, foi o primeiro protótipo desenhado, sendo o cálculo de esforços e dimensionamento alocado à equipa de engenharia.

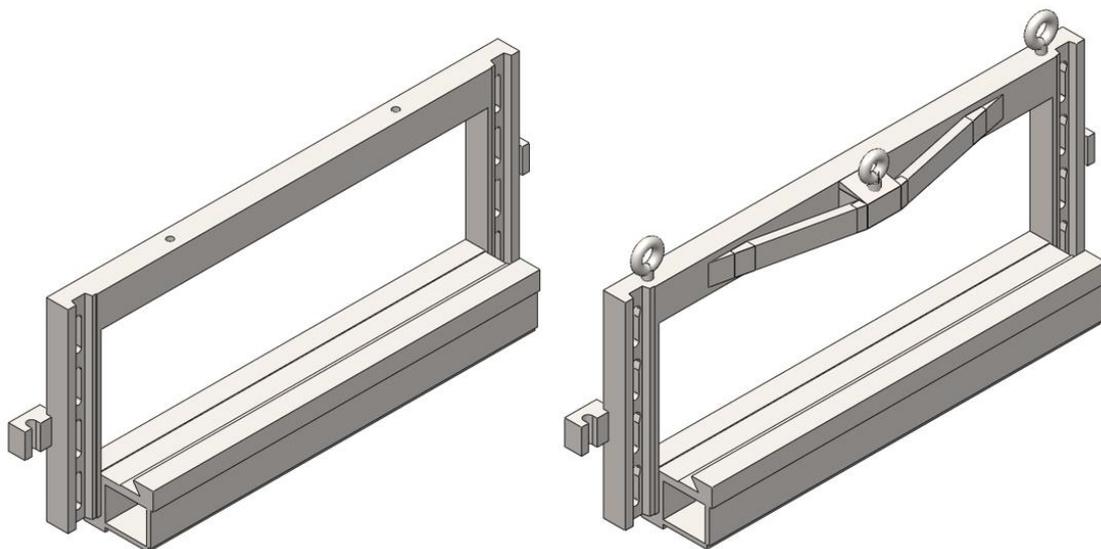


Figura 3.27. Desenho da proposta para alteração da estrutura das travessas.

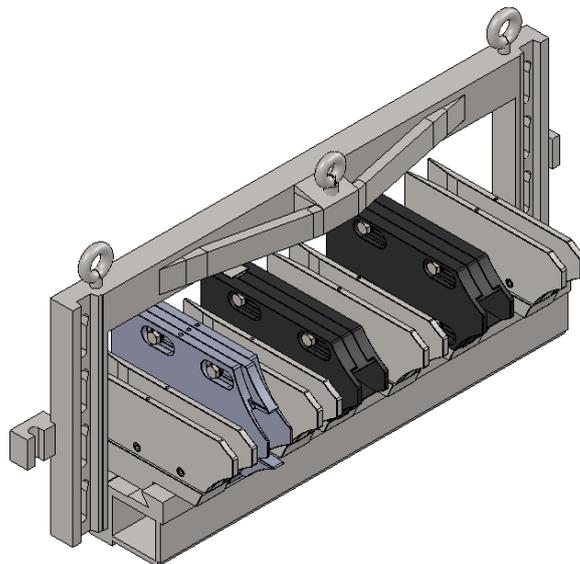


Figura 3.28. Ilustração da travessa com as guias montadas.

Em reunião com o responsável da PTR e ferramentaria, foi estimado que os custos totais deste investimento seriam de 19 500 euros (1750 euros para maquinar cada travessa, 3000 euros para cada estrutura a inserir (há 4 travessas) e 500 para uma linga de 3 correntes com capacidade para 10 toneladas).

Tabela 3.10. Análise de Tempos e Poupanças com Modificações nas Travessas.

	Tarefas	Tempo (s)	Tempo (h:m:s)
Total	182	44 958	12:29:18
Total Internas	128	21 736	06:02:16
% Internas	71,11	48,35	
Total Externas	52	22 968	06:22:49
% Externas	28,89	51,09	
Total Eliminadas	2	253	00:04:13
% Eliminadas	1,11%	0,56%	
Poupança [€/ano]		195 128	
Custo [€]		19 500	
PRI [anos]		0,10	

Com estas modificações nas travessas, temos uma passagem de aproximadamente 6 horas e 20 min de tempo de tarefas internas para tarefas externas. Isto gera uma poupança anual de 195 128 euros. Portanto, nesta proposta temos um período de

recuperação de investimento de 2 meses. Por outro lado, com esta modificação a proposta de melhoria A.3 (colocação de diferencial), já não é necessária para nivelamento da travessa.

F. Desenvolvimento de um “Dummy Stand”. Foi verificado que se conseguíssemos passar a tarefa de alinhar as guias para tarefa externa, acoplando as travessas com as guias inseridas e alinhadas com os cilindros (passo seguinte da proposta E), teríamos 72,8% do tempo como tarefa externa.

Esta proposta seria a fase seguinte do desenvolvimento das modificações nas travessas, ou seja, está dependente da execução da proposta de melhoria E.

Numa sessão de *brainstorming*, foi sugerido pelo responsável da equipa da preparação de trabalho o desenvolvimento de um sistema que servisse de suporte para os cilindros e para as travessas (similar a um montante), que permitisse alterar o *gap* entre os cilindros. Este suporte servirá para alinhar guias com os cilindros.

Começou a ser desenvolvido pela equipa de desenho e projeto a conceção do desenho deste sistema, chamado de “*Dummy Stand*”, sendo a segunda versão demonstrada na figura em baixo.

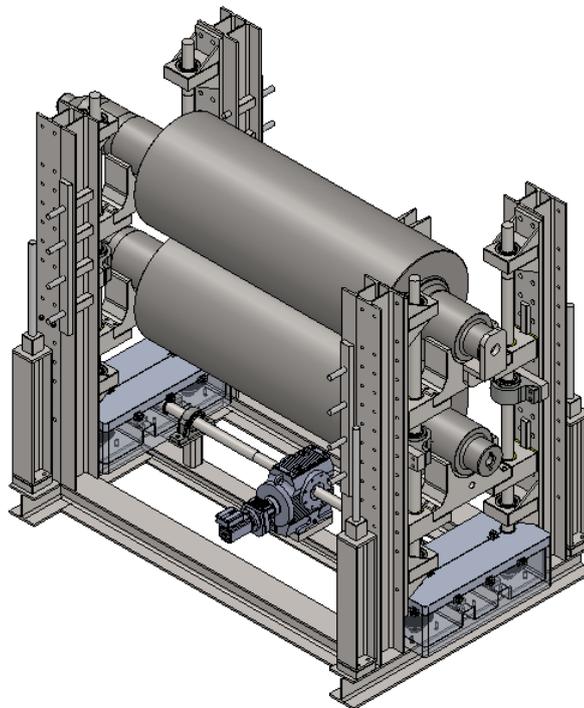


Figura 3.29. Protótipo em desenvolvimento do *Dummy Stand*.

De acordo com as estimativas da equipa ficou responsável por este projeto, este tem um custo estimado de 50 000 euros. Tendo em conta que se passa a ter apenas 26,7 % do tempo como tarefa interna, obtém-se uma poupança anual de 277 092 euros. Portanto, considerando as variáveis anteriores, existe uma estimativa para o período de recuperação de investimento de aproximadamente 3 meses.

Tabela 3.11. Análise de tempos e poupanças com desenvolvimento do “Dummy Stand”.

	Tarefas	Tempo (s)	Tempo (h:m:s)
Total	182	44 958	12:29:18
Total Internas	120	11 982	03:19:41
% Internas	66,67	26,65	
Total Externas	60	32 723	09:05:23
% Externas	33,33	72,79	
Total Eliminadas	2	253	00:04:13
% Eliminadas	1,11	0,56	
Poupança [€/ano]	277 092		
Custo [€]	50 000		
PRI [anos]	0,18		

3.3.3.3.4. Investimento financeiro de 1ª linha (G)

A última proposta tem como base a compra de dois novos montantes. Além disso, teria de ser adquirido mais uma plataforma guia (sistema essencialmente composto por dois motores e um eixo, com capacidade para definir a folga entre cilindros).

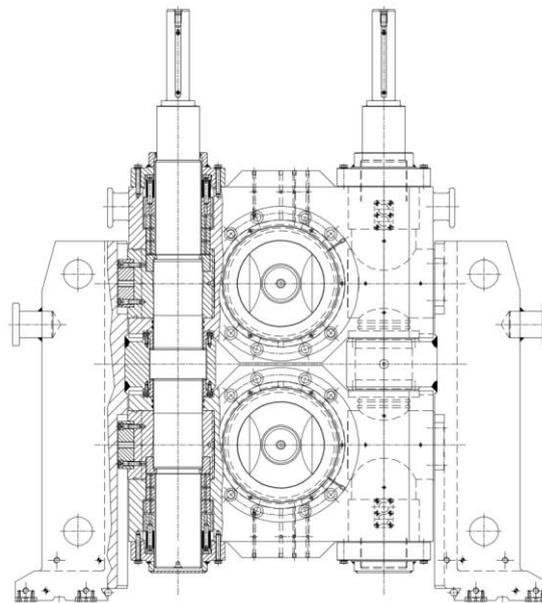


Figura 3.30. Desenho de um montante.

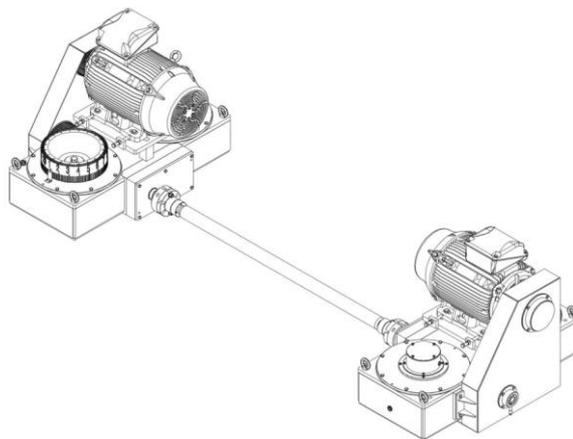


Figura 3.31. Desenho da plataforma guia.

Com a aquisição destes componentes é possível passar para externas as tarefas 28 e, 34 a 151. O tempo somado destas tarefas, totaliza aproximadamente 11h, ou seja, é possível passar 90,2 % do tempo para externo.

Assim, com a aquisição deste equipamento teríamos toda a pré-montagem do SRD como tarefa externa. As propostas anteriores, continuam viáveis, contudo passam a ser propostas que otimizam tarefas externas. Para programas de laminagem com tempo de laminagem inferior ao tempo das tarefas externas, pode ser considerado o benefício do custo de paragem do Trem.

Considerando o custo destes equipamentos, de 300 000 euros, e a poupança anual de 340 815 euros, é estimado que o período de recuperação do investimento seja de aproximadamente 11 meses.

Tabela 3.13. Análise de tempos e poupanças com aquisição de dois montantes.

	Tarefas	Tempo (s)	Tempo (h:m:s)
Total	182	44 958	12:29:27
Total Internas	62	4 398	01:13:18
% Internas	34,07	9,78	
Total Externas	120	40 560	11:16:00
% Externas	65,93	90,22	
Poupança [€/ano]	340 815		
Custo [€]	300 000		
PRI [anos]	0,88		

3.3.3.3.5. Comparação das propostas de investimento

Todas as propostas apresentadas mudam o método de trabalho e/ou passam tarefas que eram internas para externas. Contudo, para que estes valores apresentados sejam válidos, necessitamos de um tempo de produção superior ao tempo das tarefas externas. De acordo com a equipa de engenharia e planeamento, num futuro próximo, quando o NT estiver afinado para os 5 conjuntos de programas, é previsto (de acordo com as encomendas previstas) que este esteja em funcionamento contínuo, ou seja, que só proceda a paragens para manutenção e *setup*.

Resumidamente, a proposta A altera método de trabalho, transforma cerca de 26% do tempo de tarefa interna em externa, elimina movimentações e melhora o processo utilizando os recursos existentes na empresa. As propostas B, C e D são propostas (de investimento financeiro mais baixo) que alteram o método de trabalho, eliminando movimentações e tarefas (otimizando o tempo interno), mas que não tornam o processo geral dependentes destas.

A proposta E transforma aproximadamente 50% do tempo das atividades internas em externas (colocar guias na travessa como tarefa externa). Com a proposta F, é

possível transformar aproximadamente 23% de tempo interno para externo (alinhar as guias como tarefa externa), sendo que está totalmente dependente da proposta E para a sua viabilidade. No total das duas propostas, consegue-se uma passagem de aproximadamente 73 % do tempo para externo. Sendo implementadas as propostas E e F, a C e D passam a otimizar as tarefas externas e, a B, continua a otimizar as tarefas internas.

Por fim, a proposta G aquisição de dois montantes, torna 90% do tempo como externo, deixando apenas os subprocessos de retirar e colocar SRD como internos. Neste cenário, todas propostas anteriores passam a ser realizadas como trabalho externo. Portanto, o impacto destas, passa a ser diferente. Neste caso, apenas passa a ser viável, possuir um “dummy stand” e as modificações nas travessas, se o número de pares de travessas for superior ao de montantes (que certamente vai ser). Isto permite, externamente, realizar várias pré-montagens consoante as ordens do planeamento de produção e, depois acoplar diretamente aos montantes disponíveis. As propostas B, C e E continuam a ser benéficas uma vez que, neste caso, otimizam tarefas externas.

Considerando as 7 propostas estabelecidas, o gráfico de barras apresentado em baixo, demonstra a diminuição do tempo total das tarefas internas com a aplicação de cada melhoria.

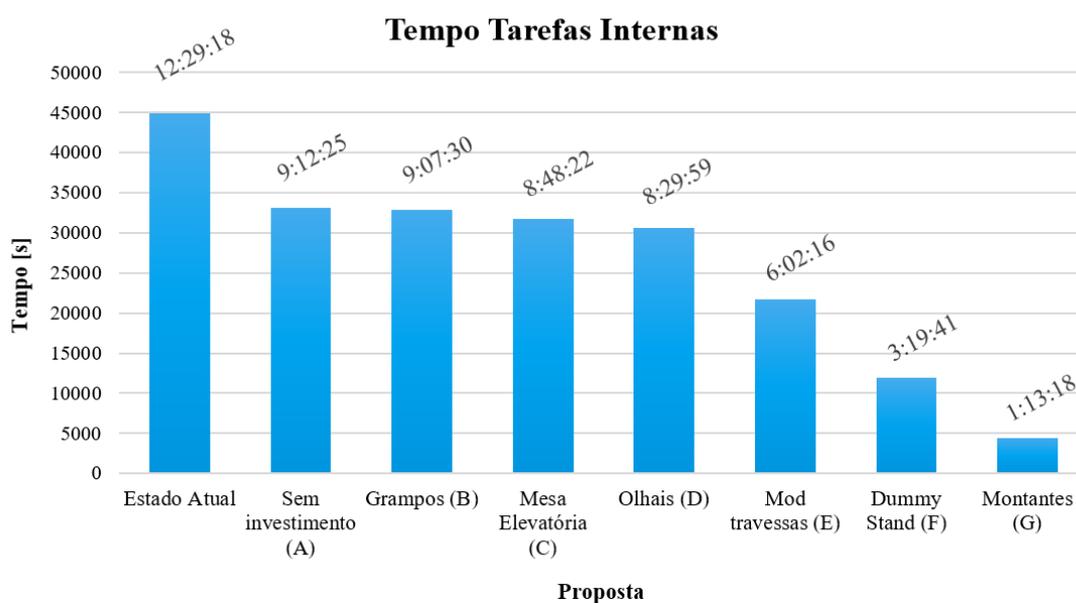


Figura 3.32.Tempo interno total das 7 propostas desenvolvidas.

Além disso, é desenvolvido uma matriz custo benefício, uma vez que facilita a priorização das propostas. No quarto quadrante encontram-se as propostas E e F, que são as que originam maior poupança financeira com menor investimento inicial. Como era de esperar, a proposta A, terceiro quadrante, possui elevada poupança financeira sem recurso a investimentos iniciais. A proposta G, novo par de montantes, primeiro quadrante, é uma proposta que necessita de uma análise mais detalhada, uma vez que ambas as variáveis, custo e benefício, são elevadas.

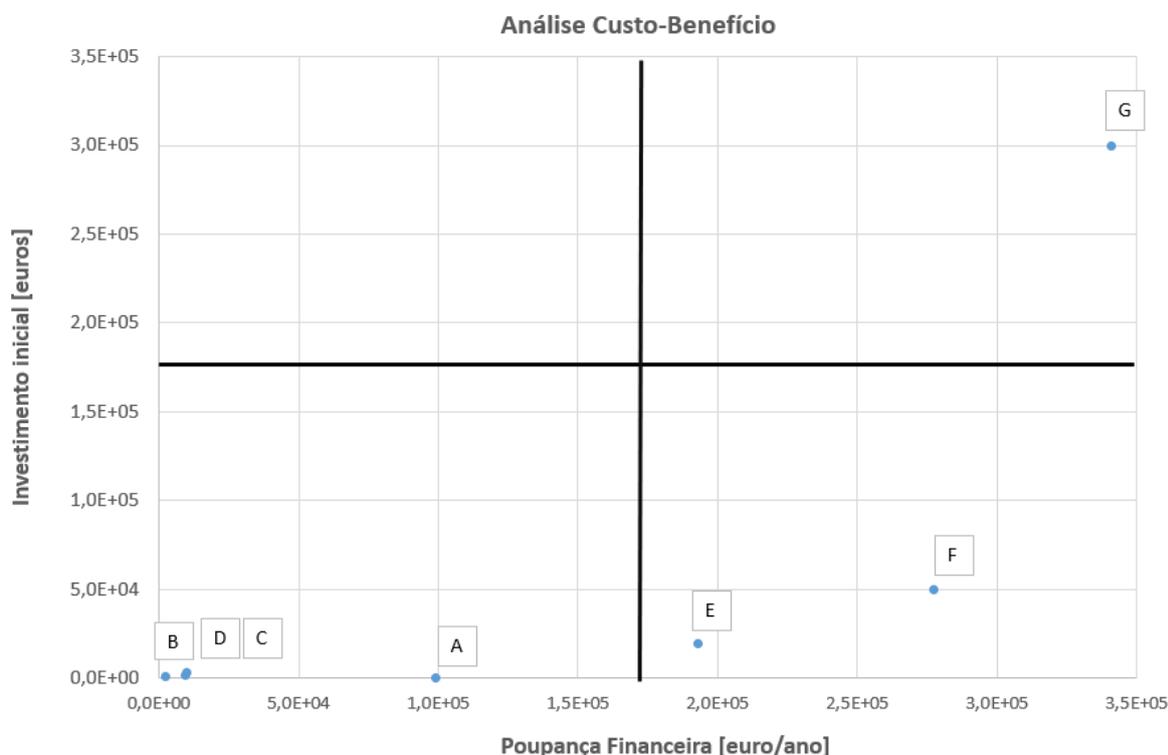


Figura 3.33. Matriz custo-benefício das 7 propostas desenvolvidas.

3.3.3.4. Propostas de Etiquetagem e de um Novo Layout para Armazenamento das Guias

De forma complementar à colocação de olhais, foi proposta a etiquetagem das 48 guias, para otimização das tarefas externas. As guias quando vieram do fornecedor, o mesmo que forneceu os restantes equipamentos para linha de laminagem, não vieram identificadas.

Portanto, de acordo com o desenho em 2 e 3 dimensões das guias, foi desenvolvida uma comparação entre a configuração real da guia e o desenho enviado pelo fornecedor (retirados dos primeiros *pass design* desenvolvidos). Como equipamentos de medição foram utilizados o paquímetro digital, suta e fita métrica.

No fim de identificar a totalidade das guias, foi proposta a colocação de uma chapa metálica (não se danifica com as condições de trabalho da laminagem) fixada em cada guia, de forma a facilitar a sua identificação. Foi utilizado a nomenclatura presente nos desenhos do fornecedor. Assim, é possível a identificação rápida, melhor rastreabilidade, prevenção de perdas, gestão de manutenção/produção (utilização guias) e, portanto, aumenta a organização e eficiência do processo;

Por outro lado, foi verificado que as guias estão armazenadas na zona das *racks* (existem 3 módulos) e do forno. Para organizar as guias num só lugar de forma a facilitar a sua identificação, foi desenvolvido e proposto um layout com as seguintes condições:

- Utilização apenas do módulo inferior das *racks* e espaço do chão de fábrica, uma vez que em fase de testes é vantajoso devido à frequente necessidade de medição e modificações de guias;
- 48 guias, divididas em 5 grupos, segundo tipo de utilização: em entradas liso, entradas diamante/quadrado, saídas liso, saídas diamante/quadrado e cars;
- Cada guia tem uma localização única;
- Devido ao número de guias por grupo (média 9,6 guias), não há necessidade de colocar por ordem ascendente/descendente (de funcionalidade) em detrimento de otimização de espaço;
- Com zona de saída com orientação para sul para facilitar a medição e identificação;
- Colocação de uma placa/folha de identificação por grupo;

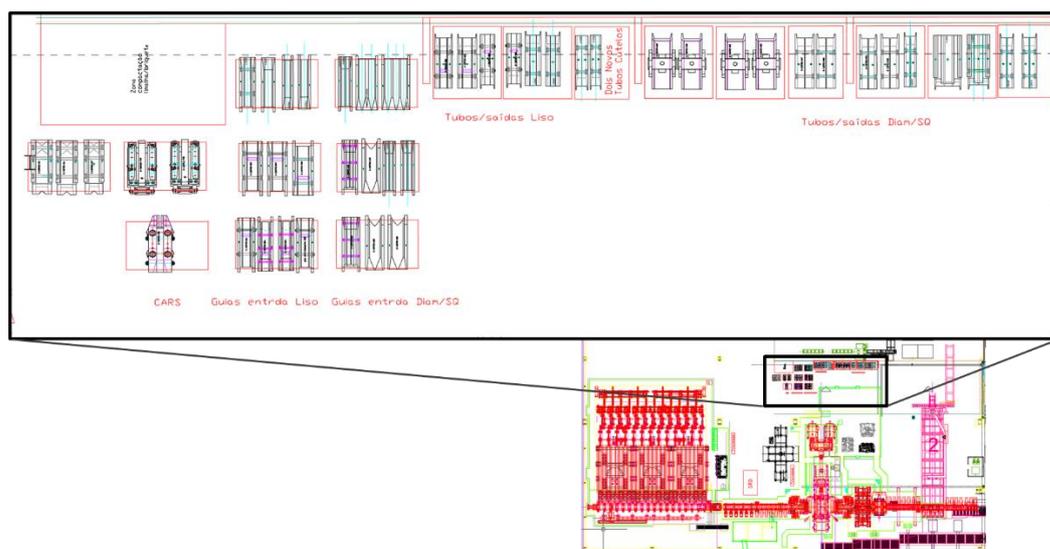


Figura 3.34. Proposta de layout para as guias.

Portanto, na zona assinala com o número 1, zona das racks (que atualmente possui guias, mas colocadas de forma aleatória, figura em baixo), propõe-se a colocação das guias de saída liso e guias de saídas diamante/quadrado.



Figura 3.35. Zona 1.

Na zona 2, espaço que está a ser utilizado para colocar consumíveis (como podemos ver na figura em baixo), propõe-se o armazenamento das entradas liso, entradas diamante/quadrado e cars (e os consumíveis são arrumados nas racks, nas estantes superiores).



Figura 3.36. Zona 2.

A zona 3, não pode ser utilizada para armazenamento uma vez que é utilizada para armazenar briquetes de aço que são libertados pela máquina de compactação que se encontra na zona de corte.

Foi verificado que as paletes em que se encontravam as guias, estavam danificadas. Isto porque, as paletes são de madeira e a distribuição do peso na paleta não é uniforme (está concentrada na base da guia). Além disso, um módulo das racks tem 3m de comprimento. Portanto, foi sugerida a compra de (paletes de metal para cargas pesadas):

- 6 paletes de 1200 mm x 1000 mm (zona das *racks*, 1);
- 3 paletes de 1200 mm x 800 mm (zona das *racks*, 1);
- 9 paletes de 1200 mm x 800 mm (zona fora das *racks*, 2);
- 8 paletes de 1200 mm x 1000 mm (para *setup*).

Assim, na zona das *racks* há espaço de 20 cm para manobra com empilhador, que é utilizado para possibilitar a manobra do colaborador (com o empilhador) e para marcar o chão com fita de marcação. Esta fita divide os módulos das *racks* em 3 partes, sendo destinado 2 lugares à paleta de 1000 mm e 1 lugar para a de 800 mm. Na zona 2, cada paleta é contornada com fita de marcação com 5 cm de folga entre paleta e fita. No total são necessários no mínimo 56,4 metros de fita.

Esta melhoria, além de facilitar a identificação das guias, reduzindo o tempo das tarefas externas, é necessária pela segurança dos colaboradores. As paletes de madeira não são uma solução, uma vez que apenas foram utilizadas poucas vezes (movimentações das guias para os testes dos retangulares) e já estão danificadas, como podemos no exemplo em baixo.



Figura 3.37. Palete danificada.

Foi desenvolvida uma estimativa de redução do tempo das tarefas externas em 11,23 min/mudança que contabiliza a eliminação de movimentações de transporte de guias entre zonas onde se localizam guias (forno e *racks*) e eliminação de movimentações entre medições a efetuar entre guias semelhantes (processo de confirmação que é efetuado uma vez que não existe certeza do tamanho das guias).

Para a realização desta estimativa foi tido em conta:

- Eliminação das movimentações entre medições (que são efetuadas para confirmação de guias); como as guias estão organizadas de forma aleatória, é estimada uma perda na movimentação dos colaboradores na procura ou confirmação da guia (que vai ser utilizada no programa) por parte dos colaboradores; considerando que o colaborador se movimenta 2 vezes por guia, que uma distancia média entre guias de 14,2 metros e que se movimenta a uma velocidade média de 1,4 m/s (Goutier, 2010), pode ser considerada: poupança $\left[\frac{s}{mudança} \right] = 2 * \left(\frac{14,3}{1,4} \right) * 14 = 284 \text{ s/}$ mudança = 4,7(3) min/mudança
- Eliminação da movimentação de guias entre centro gravidade do seu posicionamento nas zonas forno-rack (eliminamos a movimentação assinalada pela seta preta, ver figura em baixo); como o transporte é efetuado com recurso à ponte, foi utilizado a velocidade de movimentação da ponte (0,5(3) m/s velocidade da ponte e 0,3(3) m/s velocidade do *trolley*) para calculo dos ganhos a nível de tempo.

$Poupança [s/guia] = \left(\frac{8,8}{0,53}\right) + \left(\frac{9,2}{0,33}\right) = 44,5 s/guia$; além disso, são armazenadas 15 das 48 na zona do forno (de forma aleatória) e, considerando o programa atual (transportadas 14 guias), podemos considerar que: $Poupança [s/mudança] = 44,5 * \left(\frac{15}{48}\right) * 14 * 2 = 389,4 s/mudança = 6,5 \text{ min/mudança}$ (é utilizado o fator 2, uma vez que é assumido que são retiradas e colocadas no seu local de origem);

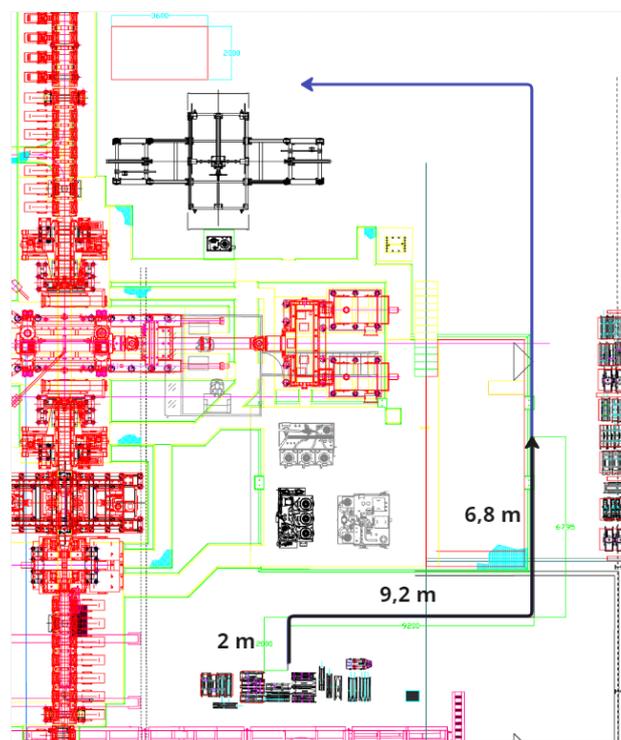


Figura 3.38. Movimentação das guias para zona de *setup*.

Assim, com este novo layout, conseguimos um fluxo de trabalho otimizado (acesso rápido e eficiente), uma maior economia de espaço e uma maior segurança no transporte de guias.

3.3.4. Fase 4 - Desenhar

Nesta fase, consoante as oportunidades de melhoria analisadas na fase anterior e dependendo da análise e seleção de órgãos superiores da empresa, foram escolhidas as seguintes propostas de melhorias:

- A.1. Colocadas algumas caixas de arrumação, de forma a prevenir a perda de ferramenta durante mudança e evitar a perda de tempo à procura destas e contaminação do material;



Figura 3.39. Caixas de arrumação implementadas no NT.

- A.2 Etiquetagem dos movimentos do robô; A terminologia utilizada é a que se usa na empresa, sendo facilmente compreendida pelos colaboradores da produção; cada manipulador executa movimento de um dos módulos, sendo que o seu avanço e recuo procede a cada um dos movimentos lineares dos módulos identificados na figura.



Figura 3.40. Etiquetagem desenvolvida no robô.



Figura 3.41. Etiqueta desenvolvida nas manetes da centralina hidráulica do robô.

- A.3 Diferencial para nivelar a elevação das travessas. Foi desenvolvido um teste piloto (fazendo uma interrupção no processo na segunda medição), sendo possível confirmar o sucesso da melhoria. Contudo a quantificação do ganho não foi possível confirmar uma vez que não foram executadas mais medições da mudança (permaneceram nos testes dos flats);



Figura 3.42. Diferencial colocado para nivelar a travessa.

- A.4. Novo *Layout* para a zona de *setup*. Esta proposta inicia quando terminarem a fase de testes. Nesta fase, provavelmente mais estável, haverá maior disponibilidade para aplicar recursos humanos na movimentação do robô.

- C. Colocação de olhais e etiquetagem da totalidade das guias. Foi avançada com a aquisição de olhais para cada guia e colocada em cada uma delas. Esta foi a última proposta implementada durante o tempo do projeto, sendo feita toda a medição e identificação das guias, necessária para a etiquetagem das 48 guias. O layout das guias foi aceite pela equipa da PTR, sendo o layout para implementar, mas numa fase futura;



Figura 3.43. Guia antes e depois de colocar olhais e chapa de identificação.

- E. Maquinar os 8 rasgos e adicionar estrutura de elevação nas travessas; A partir das ideias implementadas no protótipo desenvolvido, a equipa engenharia está a desenvolver algumas alterações para melhorar o mesmo.
- F. Desenvolvimento do “Dummy Stand”. Estas últimas duas propostas, iniciaram o processo de desenvolvimento quando foram identificados os possíveis ganhos de tempo de passagem de tempo interno para externo. A equipa de engenharia de projetos é que está responsável pelo desenho e melhoria da estrutura. Possivelmente algumas das peças vão ser desenvolvidas internamente na PTR, sendo o resto adquirido a fornecedores externos. A montagem deve ser feita em conjunto por membros da equipa da PTR e da manutenção.

A longo prazo, será planeado o investimento em novos montantes, dependendo de diversas variáveis, nomeadamente dos resultados da linha e da quantidade de encomendas futuras.

De acordo com as melhorias implementadas até ao momento, foram feitas reestruturações nas tarefas das instruções de trabalho. Contudo, as maiores reestruturações das instruções de trabalho vão ser desenvolvidas quando as modificações das travessas e o *Dummy Stand* estiverem concluídos. Atualmente estes projetos estão em fase de desenvolvimento, onde iterativamente são adicionadas e modificadas as funcionalidades (e estrutura) do equipamento. Portanto, a execução de novas ISP, será desenvolvida quando estiver concluído o desenho dos equipamentos (concluídas todas as suas funcionalidades), de forma a formar os colaboradores para os novos métodos de trabalho.

3.3.4.1. Processo de Setup a Médio Prazo

Consoante as propostas de melhorias que foram implementadas e que estão em desenvolvimento, é desenvolvido um fluxograma geral do processo tendo em conta as alterações propostas. Estas alterações no processo são implementadas quando finalizarem o desenvolvimento das propostas E e F, cujo prazo de conclusão esperado é de aproximadamente 1 ano.

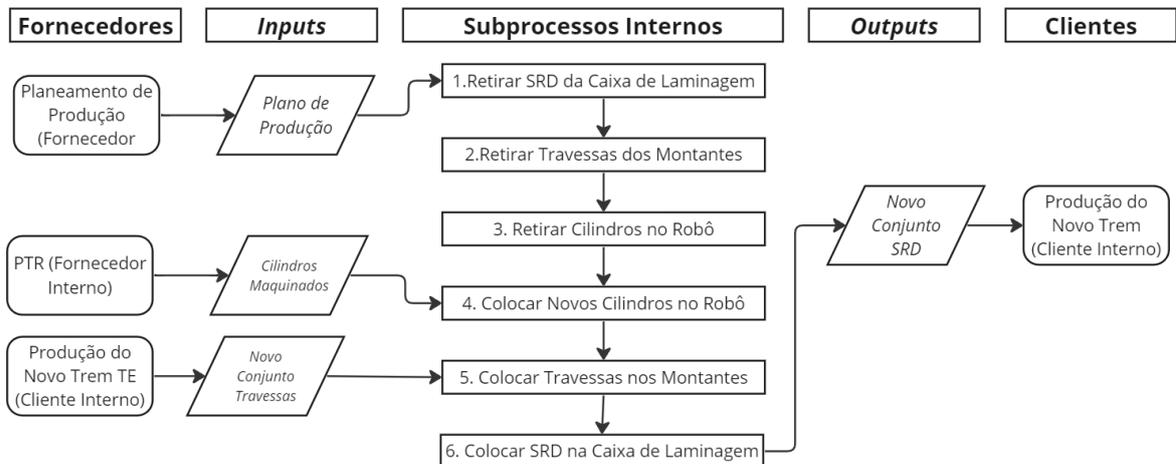


Figura 3.44. SIPOC das tarefas internas do processo a médio prazo.

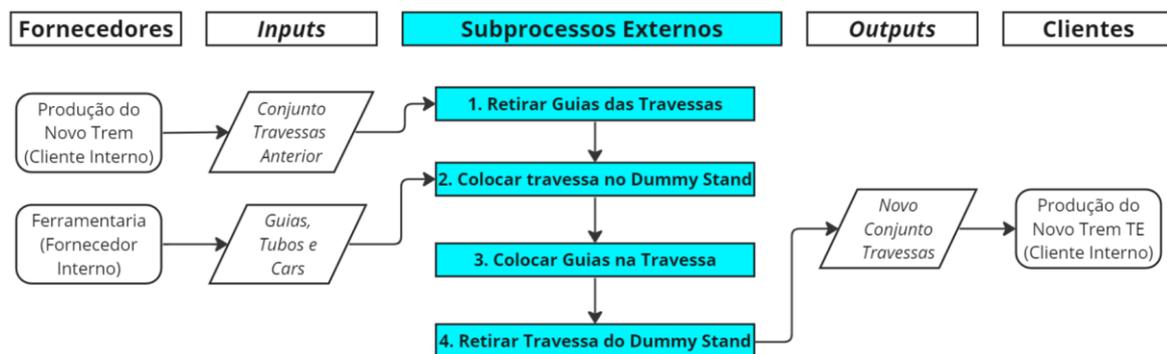


Figura 3.45. SIPOC das tarefas externas do processo a médio prazo.

Quando a equipa de engenharia e projetos finalizar o desenvolvimento e instalação das modificações nas travessas e do Dummy Stand, o processo de *setup* começa a ser realizado segundo os diagramas de SIPOC demonstrados em cima. O processo é semelhante ao atual, sendo que é desenvolvida a pré-montagem e alinhamento das guias nas travessas.

Assim as 3 primeiras atividades do tipo A que consomem 60% do tempo de *setup*, são transformadas em atividades externas. Neste novo processo, temos a desvantagem de acoplar e desacoplar 2 vezes as travessas. Contudo, é estimado que o tempo das tarefas internas passe a demorar 3h e 20 min, face às 12h e 30 iniciais.

Quando equipamento finalizar a fase de testes e, iniciar produção contínua, há necessidade de garantir que o tempo das tarefas externas não excede o tempo do programa de laminagem. Sem histórico de trabalho e com o número atual de encomendas, ainda não é possível desenvolver uma previsão do tempo de funcionamento do novo trem.

A longo prazo, a compra de um novo par de montantes é uma opção que certamente avançará (*feedback* recebido nas reuniões desenvolvidas). Atualmente, não está nos planos da empresa devido ao grande investimento feito até ao momento, à baixa de encomendas no geral e à fase que se encontra a linha (em testes). Em testes, o foco é conseguir com que o equipamento origine um produto com a qualidade requerida pelo cliente.

3.3.5. Fase 5 – Verificar

Durante esta fase, devido ao estado dos testes dos perfis retangulares (que foi demorado), não possível uma medição de tempos na fase de verificar, sendo, portanto, inviável o desenvolvimento prático de uma forma de verificar as melhorias implementadas no processo de *setup* e que desvios estão face às estimativas.

Por outro lado, o foco atual da aplicação de recursos humanos e financeiros da empresa, relativamente ao NT, é o desenvolvimento de reestruturações de forma a melhorar o processo produtivo, de forma a produzir um produto em conformidade com os requisitos do cliente. Logo, as melhorias apresentadas, nomeadamente A, E e F serão implementadas numa fase em que o trem acabar a fase de testes.

Relativamente ao controlo do processo de *setup*, na fase em que se encontra o equipamento, não se justifica a implementação de um sistema de controlo. Não só pelo número de medições tiradas, como toda a evolução necessária até ter um processo estável nesta linha. Portanto, é proposta uma forma de realizar o controlo do processo, numa fase futura.

3.3.5.1. Sistema de Controlo a Longo Prazo

De forma a manter as melhorias do sistema, é proposto o desenvolvimento de cartas de controlo dos tempos de *setup*. A curto prazo, sugere-se uma medição feita de forma detalhada por tarefa, uma vez que estamos perante um processo em evolução. A longo prazo, numa fase mais estável, quando o processo estiver completamente definido segundo as propostas de melhorias que estão em evolução, o controlo pode ser realizado por subprocesso.

Nesta fase, pode ser implementado o processo de controlo. Através da recolha de um número mínimo de medições que possibilitem a visualização de linhas estáveis, é possível desenvolver uma média dos tempos (\bar{x}) e um desvio padrão (s) com maior fiabilidade e representatividade dos tempos de *setup*. Por fim, são desenvolvidas as cartas de controlo, para cada subprocesso e para o processo geral, segundo estrutura comum (Koutras, 2007):

- Linha Central; representa a média dos tempos recolhidos;
- Limite Superior ($\bar{x} + (3 * s)$); linha horizontal traçada acima da linha central que limita as variações normais do processo;

- Limite Inferior ($\bar{x} - (3 * s)$); linha horizontal traçada abaixo da linha central que limita as variações normais do processo.

Dentro deste, cada intervalo entre linha central e limites, pode ser classificado em subintervalos de forma a aumentar a sensibilidade da análise. Como sugestão pode ser dividido em 6 subintervalos, sendo a sua variação correspondente ao desvio padrão.

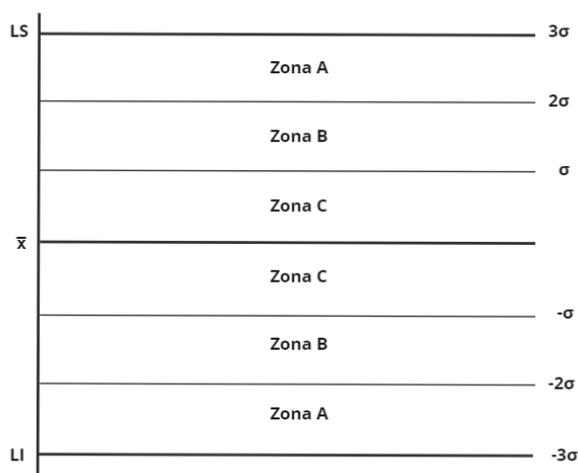


Figura 3.46. Divisão do gráfico do controle por zonas (adaptado de (Zarandi, 2008)).

Tabela 3.12. Análise de subintervalos de gráficos de controle.

Regra:	O que indica sobre o processo?
Ponto fora dos limites de controle;	Anomalia no processo <i>setup</i> ;
9 pontos consecutivos na zona C ou do mesmo lado;	Presença de tendências
14 pontos com direção crescente e decrescente, alternadamente.	Elevada variabilidade;
Pelo menos 2 de três pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado do limite de controle;	Ligeira tendência para os tempos estarem fora de controle;
Pelo menos 4 de 5 pontos consecutivos, na zona A ou B, do mesmo lado do limite;	Forte tendência para as amostras estarem fora de controle;
15 pontos consecutivos na zona C, acima ou abaixo do limite;	Falta de variabilidade;
8 pontos consecutivos, de ambos os lados do limite, na zona A ou B;	Não é aleatório, necessidade de perceber a causa raiz.

Portanto, com base na análise do gráfico de controle e da tabela em cima, deve ser verificada a existência de:

- Valores fora dos limites;
- Aumento da variabilidade dos valores;
- Verificar se existe alguma componente cíclica (possivelmente entre diferentes programas/montagens de SRD; diferentes equipes de laminagem);
- Verificar alguma tendência, aumento ou diminuição dos tempos;
- Valores consecutivamente muito próximos dos limites;

Esta análise deve ser realizada pelo supervisor do novo trem. Por outro lado, o colaborador do P6, fica responsável por introduzir valores dos tempos de cada subprocesso em SAP (software utilizado pela empresa para gestão de recursos). O supervisor do trem, analisa estes valores e verifica a existência de tempos fora do padrão.

De seguida, deve ser realizada uma reunião entre equipa do novo trem e supervisor se os valores estiverem nas situações descritas em cima. Deve ser feita uma análise para perceber a causa da perda de eficiência. Depois de descobertas as causas, devem ser tomadas ações corretivas de forma a restabelecer a normalidade do sistema. Dependendo da gravidade do problema, pode ser reportada ou não aos órgãos de gestão superiores as medidas tomadas para a resolução deste.

Alem disso deve ser feita uma reunião mensal, onde são discutidas com a equipa alguns recursos necessários às mudanças (consumíveis), o estudo atual e possíveis melhorias a desenvolver. Este sistema pode ser resumido no seguinte fluxograma.

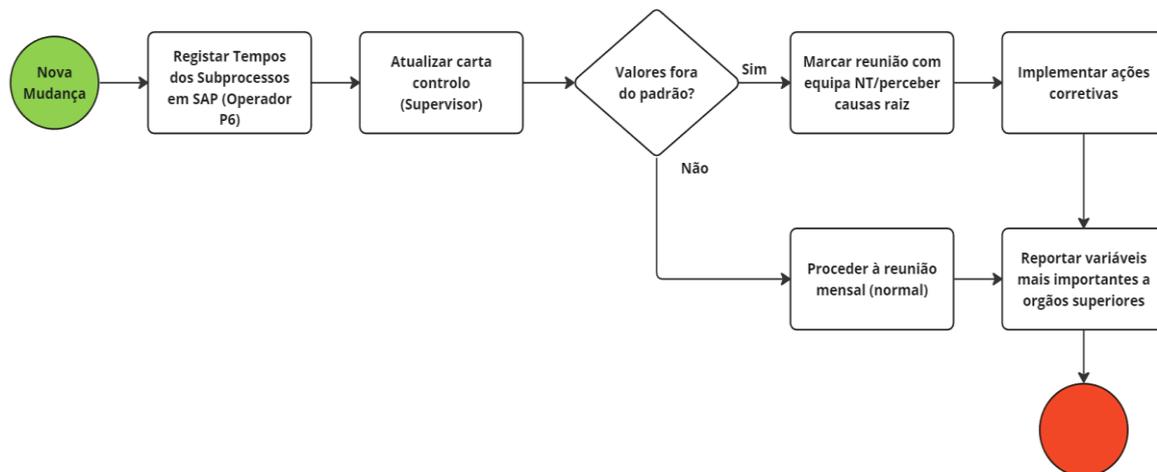


Figura 3.47. Fluxograma das principais atividades do processo de controlo.

No futuro, alguns dos padrões cíclicos, tendências e pontos fora da zona de limite podem ter origem em diferentes aspetos como:

- Diferentes equipas de montagem (quando o NT passar a turnos) (componente cíclica);
- Diferentes programas de laminagem/diferentes montagens (componente cíclica);
- Aumento experiência dos colaboradores no NT (tendência de aumento de eficiência);
- Perda eficiência dos equipamentos e desgaste de ferramenta (tendência de diminuição eficiência);

Por outro lado, cada vez que se altera o processo em projetos de melhoria continua, há que desenvolver reajustes na linha média e nos limites das cartas de controlo. Este tipo de atualização é desenvolvido à medida que o processo evolui, sendo a avaliação feita pelo supervisor do NT.

4. LIÇÕES APRENDIDAS E PRÁTICAS RECOMENDADAS

Este capítulo apresenta uma análise das lições aprendidas ao longo deste trabalho, bem como as principais práticas recomendadas que emergiram como resultado de todo o processo de aprendizagem. Durante todo o projeto, foi realizado um acompanhamento contínuo da implementação de um novo equipamento, proporcionando uma oportunidade única para gerar conhecimento novo e relevante, que pode ser aplicado por outras empresas que enfrentem desafios semelhantes. De seguida, serão compartilhados os conhecimentos práticos e as reflexões derivadas desta pesquisa, fornecendo orientações para aprimorar a eficiência de novos processos e enfrentar os desafios do mundo empresarial.

Todo o trabalho é desenvolvido num equipamento em arranque de produção, estando a equipa de trabalho dependente do seu desempenho. Existe um conjunto de fatores que permitiram o desenvolvimento do projeto e de toda a análise envolvente, destacando:

- A necessidade de desenhar um processo padronizado que permita formar uma base para desenvolver a medição e análise de melhorias do mesmo. Daí a estratégia de desenvolvimento das primeiras instruções de trabalho, com detalhe nos requisitos e variáveis chave do processo em análise. Para tal é necessária uma boa capacidade de envolvimento e trabalho em equipa com os colaboradores envolvidos no projeto, transpondo a sua experiência no desenho das ISP;
- É necessária a formação dos colaboradores que efetuam o processo de *setup*, para que executem o processo como foi desenhado. Numa fase futura, é necessária a continuação de formação, sendo realizada à medida que se implementam as melhorias em progresso;
- O cuidado no desenvolvimento de apoio visual nas instruções de trabalho, auxiliando na compreensão das tarefas a realizar e na execução dos detalhes mais importantes do processo;
- Com um número reduzido de mudanças acompanhadas, a filmagem do processo permitiu uma análise pormenorizada dos métodos de trabalho;

- A capacidade de desenvolvimento de estimativas, nomeadamente do tempo de execução de tarefas, envolvendo análise detalhada da tarefa a estimar. Permite avaliar determinadas tarefas que se equacionam implementar nas melhorias.
- Sendo um método de trabalho novo, além do foco na redução do tempo do processo, é necessário ter em conta o desenvolvimento de um método seguro e que garanta a saúde dos colaboradores a longo prazo.
- Na fase de analisar, é muito importante a procura persistente pelos desperdícios do processo. Por outro lado, é essencial verificar quais são os constrangimentos da sequência de tarefas, e priorizar as ações de melhoria com base nessa análise.
- A resiliência e capacidade de adaptação aos desafios do projeto. Sendo um novo equipamento, todos os processos envolventes (não só o de setup) são novos e, por vezes, não correm como esperado (envolvendo momentos de tensão e incerteza). Para tal, a adaptação à conjuntura envolvente e a descoberta da melhor forma de execução das tarefas requer um esforço acrescido de pesquisa, flexibilidade e criatividade.

Paralelamente ao esforço para redução de desperdício, a aplicação de tarefas relacionadas com manutenção autónoma (principalmente limpeza, verificação e lubrificação), é essencial para manter o sistema em funcionamento na sua melhor condição o máximo de tempo possível. Este tipo de manutenção realizada aos componentes do equipamento permite a redução de falhas não planeadas, a probabilidade de redução de rendimento e a geração de defeitos nas peças ou mesmo no sistema.

Por outro lado, uma boa integração na equipa de trabalho e a proatividade neste tipo de projetos, é essencial para adquirir conhecimento que possibilite o desenvolvimento de soluções viáveis para os problemas a resolver. Inclusive, a capacidade de transmitir as ideias e conceitos de forma clara para a equipa envolvida, é fundamental para o desenvolvimento de todo o trabalho. O conhecimento prático adquirido, com um sólido conhecimento técnico das metodologias *lean* e *six sigma*, permite gerar propostas para redução de desperdícios sustentadas em análises de dados.

5. CONCLUSÕES

O atual ambiente de instabilidade que afeta as empresas torna mais premente a necessidade de adaptação às novas tendências e métodos de produção, com o objetivo de aumentar o desempenho e garantir a sustentabilidade do negócio. Muitas das empresas, respondem com uma mentalidade de investimento sustentado, o que lhes permite gerar melhores resultados.

A Bollinghaus Steel, como forma de modernizar o setor da laminagem e, aumentar a sua gama de produção (produzir novas dimensões), decidiu investir num novo equipamento de laminagem. Deste, resultou um novo processo de *setup*, com necessidade de ser otimizado. Este estudo foi feito para num cenário futuro, quando o equipamento estiver em fase de produção contínua, de forma a desenhar um processo que garanta que o equipamento permaneça o mínimo de tempo parado.

Este trabalho demonstra uma abordagem estruturada ao problema em questão. Em primeiro lugar, foi desenvolvido um processo de trabalho padronizado em função das variáveis críticas que garantem a conformidade do mesmo, conseguindo-se atingir o primeiro objetivo. Esta base, permitiu a realização de medições e análise de possíveis melhorias a implementar, de forma a diminuir o tempo de paragem do equipamento.

Desta análise, resultou um conjunto de propostas de melhoria ordenadas em função do nível de investimento financeiro. Estas propostas diminuem o tempo de paragem do equipamento, transformando tarefas internas em externas e otimizando as mesmas. É de realçar que, sem investimento financeiro, apenas alterando o método de trabalho, modificando o layout e eliminando desperdícios, é esperada uma redução de 26% do tempo das tarefas internas.

A médio prazo, com a implementação das propostas que atualmente estão em desenvolvimento, ou seja, modificações na travessa e o *dummy stand* é esperado alcançar uma redução de 73 % do tempo interno, conseguindo uma poupança estimada de 277 mil euros/ano. Quando acabar a fase de testes do equipamento, serão implementadas as melhorias aceites pela empresa.

Durante o desenvolvimento do projeto, houve algumas limitações, nomeadamente na quantidade de medições registadas. Com o aumento da amostra, haveria maior capacidade de detalhar a análise de dados, desenvolvendo pesquisas mais profundas (por exemplo, análises por tarefa). Além disso, como o foco da empresa no NT foi o desenvolvimento de testes e modificações nos equipamentos, de forma a produzir um produto conforme, as melhorias apresentadas e aceites vão ser implementadas quando esta fase terminar. Portanto, não foi possível a implementação e verificação das melhorias, sendo que não se conseguiu fazer uma análise de desvios face às estatísticas apresentadas.

De forma a dar seguimento ao trabalho realizado, é sugerida a continuação da recolha dos tempos de *setup*. Com uma amostra maior, existe maior representatividade, maior precisão estatística e capacidade de realizar análises mais detalhadas. Além disso, viabilizava a divisão por classes das distribuições apresentadas na fase de analisar e o respetivo teste das hipóteses apresentadas.

Por outro lado, numa fase mais avançada, quando forem implementadas as modificações nas travessas e o *dummy stand*, além de garantir a continuação da otimização das atividades internas, há necessidade de garantir que o tempo total das tarefas externas não supere o tempo total do programa de laminagem.

No geral, este estudo destaca a importância de adotar metodologias de forma a eliminar desperdícios e enfatiza a necessidade de constante adaptação durante a implementação de uma nova linha de produção. Ao investir em melhorias nos processos, a empresa procura evoluir o seu desempenho e garantir a sustentabilidade da organização. Espera-se que este estudo possa servir como exemplo para outro tipo de projetos semelhantes, durante o planeamento e implementação de novas linhas de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Ashok Kumar Sharma, A. B. (2012). *Manufacturing performance and evolution of tpm*. https://www.researchgate.net/publication/268032521_Manufacturing_performance_and_evolution_of_tpm
- Cooke, F. L. (2000). Implementing TPM in plant maintenance: Some organisational barriers. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 17(9), 1003–1016. <https://doi.org/10.1108/02656710010378789/FULL/XML>
- Creswell, J. W. ., (2014). Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches /. *Review of Scientific Instruments*, 71(4), 1909–1910. <https://eduq.info/xmlui/handle/11515/19498>
- Cronemyr, P. (2007). DMAIC and DMADV - Differences, similarities and synergies. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 3(3), 193–209. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2007.015065>
- Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 19(6), 675–694. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(01\)00066-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(01)00066-3)
- Dennis, P. (2005). *Lean Production Simplified, Second Edition, A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System. CRC Press - Publisher*, 50.
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership and Organization Development Journal*, 29(1), 24–46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289/FULL/XML>
- Goutier, K. M. T., Jansen, S. L., Horlings, C. G. C., Küng, U. M., & Allum, J. H. J. (2010). The influence of walking speed and gender on trunk sway for the healthy young and older adults. *Age and Ageing*, 39(5), 647–650. <https://doi.org/10.1093/AGEING/AFQ066>
- Hamza, S. E. A. (2008). Design process improvement through the DMAIC Six Sigma approach: A case study from the Middle East. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 4(1), 35–47. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2008.018419>
- Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J., Su, Q., Wang, G., Razzak, M. A., & Robinson, D. E. (2002). Manufacturing system modeling for productivity improvement. *Journal of Manufacturing Systems*, 21(4), 249–259. [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(02\)80165-0](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(02)80165-0)
- Introduction to TPM: total productive maintenance - Seiichi Nakajima - Google Livros.* (n.d.). Retrieved December 22, 2022, from https://books.google.pt/books/about/Introduction_to_TPM.html?id=9U13zQEACAAJ&redir_esc=y
- Janjić, V., Todorović, M., & Jovanović, D. (2019). Key Success Factors and Benefits of Kaizen Implementation. <https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1664274>, 32(2), 98–106. <https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1664274>

- Jiménez, M., Romero, L., Fernández, J., Espinosa, M. del M., & Domínguez, M. (2019). Extension of the Lean 5S Methodology to 6S with An Additional Layer to Ensure Occupational Safety and Health Levels. *Sustainability* 2019, Vol. 11, Page 3827, 11(14), 3827. <https://doi.org/10.3390/SU11143827>
- Koutras, M. V., Bersimis, S., & Maravelakis, P. E. (2007). Statistical process control using shewhart control charts with supplementary runs rules. *Methodology and Computing in Applied Probability*, 9(2), 207–224. <https://doi.org/10.1007/S11009-007-9016-8/METRICS>
- Kumar, C. S., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(3–4), 393–408. <https://doi.org/10.1007/S00170-005-0340-2/METRICS>
- Kumar, U., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: A state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 233–277. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029/FULL/XML>
- Liker, Dr. J. K. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. In *McGraw-Hill*. McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071392310>
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2001). Changeover improvement: A maintenance perspective. *International Journal of Production Economics*, 73(2), 153–163. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00170-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00170-5)
- McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (1999). Total productive maintenance: A contextual view. *Journal of Operations Management*, 17(2), 123–144. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(98\)00039-4](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(98)00039-4)
- Mehrjerdi, Y. Z. (2011). Six-Sigma: Methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31(1), 79–88. <https://doi.org/10.1108/01445151111104209/FULL/XML>
- Mikulić, J., & Prebežac, D. (2011). A critical review of techniques for classifying quality attributes in the Kano model. *Managing Service Quality*, 21(1), 46–66. <https://doi.org/10.1108/09604521111100243/FULL/XML>
- Moxham, C., & Greatbanks, R. (2001). Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 18(4), 404–414. <https://doi.org/10.1108/02656710110386798/FULL/XML>
- Ohno, T., & Bodek, N. (2019). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, 1–143. <https://doi.org/10.4324/9780429273018/TOYOTA-PRODUCTION-SYSTEM-TAIICHI-OHNO>
- Oliveira Da Fonseca, K. H. (n.d.). *INVESTIGAÇÃO-AÇÃO: UMA METODOLOGIA PARA PRÁTICA E REFLEXÃO DOCENTE*.
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP*, 60, 380–385. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2017.01.057>
- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. *Procedia CIRP*, 52, 239–244. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2016.07.019>
- Roberto Díaz-Reza, J., Luis García-Alcaraz, J., Martínez-Loya, V., Blanco-Fernández, J., Jiménez-Macías, E., Avelar-Sosa, L., Solvang, W. D., Wang, K., Solvang, B., Korondi, P., & Sziebig, G. (2016). The Effect of SMED on Benefits Gained in

- Maquiladora Industry. *Sustainability* 2016, Vol. 8, Page 1237, 8(12), 1237.
<https://doi.org/10.3390/SU8121237>
- Selvi, K., & Majumdar, R. (2014). *Six Sigma-Overview of DMAIC and DMADV*.
<http://cert.asq.org/cert/six-sigma/index>
- Shingo, S. (2019). A Revolution in Manufacturing : The SMED System. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. <https://doi.org/10.4324/9781315136479>
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1985). *Revolution in Manufacturing: Single-minute Exchange of Die System*No Title. 384.
https://books.google.com/books/about/A_Revolution_in_Manufacturing.html?hl=pt-PT&id=ooXVVIIfqEQwC
- Singh, B. J., & Khanduja, D. (2010). SMED: For quick changeovers in foundry SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 59(1), 98–116.
<https://doi.org/10.1108/17410401011006130/FULL/XML>
- Singh, M., Sachdeva, A., & Bhardwaj, A. (2014). An interpretive structural modelling approach for analysing barriers in total productive maintenance implementation. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 16(4), 433–450.
<https://doi.org/10.1504/IJISE.2014.060653>
- Singh, R. K., & Gurtu, A. (2022). Prioritizing success factors for implementing total productive maintenance (TPM). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 28(4), 810–830. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2020-0098/FULL/XML>
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Kern Pipan, K. (2010). Quality Improvement Methodologies- PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS Industrial management and organisation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483. www.journalamme.org
- Suzuki, T. (2017). TPM in Process Industries. *TPM in Process Industries*.
<https://doi.org/10.1201/9780203735312>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, 240, 108224.
<https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2021.108224>
- Total Productive Maintenance - Terry Wireman - Google Livros*. (n.d.). Retrieved December 23, 2022, from <https://books.google.pt/books?id=UfKRGS6P1-QC&printsec=frontcover&hl=pt-PT#v=onepage&q&f=false>
- Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining ... - Don Tapping - Google Livros*. (n.d.). Retrieved April 3, 2023, from https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=hlgyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=eight+setps++to+planning,+mapping+and+sustaining+the+lean+improvements&ots=-qcNeRm9wu&sig=6zO2HR2y_SPQTbiHQG2incKbn5E&redir_esc=y#v=onepage&q=eight%20setps%20%20to%20planning%2C%20mapping%20and%20sustaining%20the%20lean%20improvements&f=false
- Wang, F. K., & Lee, W. (2001). Learning curve analysis in total productive maintenance. *Omega*, 29(6), 491–499. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(01\)00039-1](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(01)00039-1)
- Watson, G. H., & DeYong, C. F. (2010). Design for six sigma: Caveat emptor. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 66–84.
<https://doi.org/10.1108/20401461011033176/FULL/XML>

- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *That changed the*. 1997.
https://books.google.com/books/about/Machine_that_Changed_the_World.html?hl=pt-PT&id=_n5qRfaNv9AC
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/SJ.JORS.2600967>
- Zarandi, M. H. F., Alaeddini, A., & Turksen, I. B. (2008). A hybrid fuzzy adaptive sampling – Run rules for Shewhart control charts. *Information Sciences*, 178(4), 1152–1170. <https://doi.org/10.1016/J.INS.2007.09.028>

APÊNDICE A – PROJECT CHARTER

PROJECT CHARTER

1. Informação Geral do Projeto				
Nome do projeto:	Aplicação das metodologias SMED e TPM numa nova linha de Laminagem			
Colaborador responsável:	Guilherme Santos Mendes			
Departamento:	Produção			
Subprocesso:	Nova Linha de Laminagem			
2. Equipa do projeto				
Função	Nome	Departamento	Tel. Interno	E-mail
Estagiário Laminagem	Guilherme Mendes	Produção	-	mendes.guilherme@boellinghaus-steel.com
Supervisor Laminagem	João Sismeiro	Produção	104	sismeiro.joao@boellinghaus-steel.com
Supervisor Técnico	Vasco Ferreira	Produção	203	ferreira.vasco@boellinghaus-steel.com
Professor Universitário (UC)	Luís Ferreira	Engenharia Mecânica	-	luis.ferreira@dem.uc.pt
Chefe de equipa	Mauro Bento	Produção	-	bento.mauro@boellinghaus-steel.com
Técnico Ferramentaria/PTR	Diogo Oliveira	Preparação Trabalho	301	oliveira.diogo@boellinghaus-steel.com
Técnico Superior Ferramentaria/PTR	José Santana	Preparação Trabalho	178	santana.jose@boellinghaus-steel.com
Gestor Ferramentaria/PTR	Flávio Dinis	Preparação Trabalho	209	dinis.flavio@boellinghaus-steel.com
Responsável Manutenção	João Gaspar	Manutenção	145	gaspar.joao@boellinghaus-steel.com
Planeamento Manutenção	João Nabeiro	Manutenção	156	nabeiro.joao@boellinghaus-steel.com
3. Stakeholders				
Empresa (maior percentagem de utilização da máquina e maior flexibilidade)				
Clientes (menores prazos de entrega)				
Colaboradores (permite um trabalho standardizado, mais seguro e eficiente)				
4. Project Scope				
Propósito do projeto / Justificação Empresarial				
Reduzir os tempos de Set up, uma vez que o sistema de produção é muito flexível e, portanto, é estratégico para a empresa reduzir tempos de mudança. O foco é o novo trem uma vez que não há uma metodologia standardizada/otimizada.				
Objetivos (ao nível da empresa)				
Desenvolver um processo standardizado, eficiente e seguro para o processo de setup;				
Reduzir 15% do tempo de Set up novo Trem, em 5 meses.				



Documentos a entregar			
Instruções Standard de Produção; Relatório de Dissertação; Apresentação Final; Excel suplementar com Estatística Descritiva.			
Scope			
Utilizar a metodologia SMED, orientada pela metodologia DMADV, para redução do tempo de mudança do SRD. Paralelamente é implementado TPM com menor relevância. Por fim, são desenvolvidas instruções de trabalho e listas de verificação;			
Project Milestones			
Formação Inicial- 14/02 a 27/02; Fase 1 (Defenir)- 28/02 a 17/03; Fase 2 (Medir)- 06/03 a 04/04; Fase 3 (Analisar)- 04/04 a 19/05; Fase 4 (Design)- 19/05 a 03/07; Fase 5 (Verificar)- 03/07 a 14/07;			
Maiores riscos conhecidos (incluindo assunções significantes)			
Risco	Probabilidade do risco (Alta, Média, Baixa)		
Paragem do novo trem para reestruturações	Média		
Poucas trocas do duo para medição tempos	Baixa		
Tempos elevada variabilidade	Alta		
Restrições			
Tempo – 5 meses, 5 dias por semana, 8 horas por dia; Orçamento – Ideal era estudar Tempos Set Up com mais um montante e guias automáticas; Conhecimento - experiência no novo trem muito baixa;			
Dependências externas			
Dependentes da equipa de preparação de trabalho, que maquinam gornes e desenvolvem pequenos ajustes; Dependentes da equipa tecnica Italiana que fornece conhecimento e programa o equipamento; Dependentes da equipa de manutenção em pequenas reparações;			
5. Estratégia de comunicação			
Desenvolvimento de reuniões entre equipa; Apresentações para órgãos superiores da empresa;Apresentação ao orientador da Universidade; Apresentação final/ Defesa da Dissertação;			
6. Aprovação			
	Nome	Assinatura	Data (dia/mês/ano)
Responsável executivo			
Responsável departamento			
Gestor Projeto			
7. Notas			

APÊNDICE B – ATIVIDADES E TAREFAS DAS ISP 2 A 8

Tabela 1: Atividades e tarefas da ISP: Remover Guias da Travessa.

Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Tempo (s):
1	Retirar sistema aperto das guias	1	Com a aparafusadora de impacto e chave sextavada 75 mm, desapertar todas as porcas,	
		2	Retirar porcas e anilhas dos parafusos; armazenar no devido local;	
		3	1.3 Com precaução, recuar o grampo de aperto da guia, até ter margem de aperto do parafuso com olhal; começar por uma das margens;	
		4	Apertar parafuso com olhal;	
		5	Colocar cintas no olhal;	
		6	Movimentar ponte de 10 toneladas e colocar o gancho na cinta;	
		7	Subir ponte ligeiramente até criar tensão na cinta;	
		8	Puxar peça de aperto (grampo) até sair completamente do parafuso;	
		9	Armazenar, com movimentação da ponte, no devido local, a peça aperto e o parafuso;	
		10	Repetir os procedimentos 3 a 9 para todos os grampos de aperto;	
2	Remover guias	11	Movimentar ponte alinhando-a com a guia a tirar;	
		12	Colocar olhais na guia, por vezes não é necessária uma vez a estrutura que já tem 4 furos;	
		13	Colocar cinta nos olhais ou furos;	
		14	Movimentar ponte na direção do cilindro de forma a alinhar gancho do centro de gravidade da guia;	
		15	Subir ligeiramente a ponte e ir verificando se a guia está próxima do ponto de saída (estar perto de perder o contacto/atrito com a travessa);	
		16	Com a velocidade mínima, subir a ponte de forma a desconetar a guia;	
		17	Com movimentação da ponte, arrumar a guia no respetivo local;	
		18	Repetir os procedimentos de 11 a 17 para todas as guias;	
		19	Arrumar material utilizado;	

Tabela 2: Atividade e tarefas da ISP: Remover Travessa do montante.

Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Tempo (s):
----	------------	----	---------	------------

1	Segurar Travessa	1	Colocar a cinta de 10 toneladas na ponte (centro da cinta no gancho da ponte);	
		2	Movimentar a ponte para o centro da travessa a retirar;	
		3	Colocar dois ganchos da cinta nos olhais da travessa;	
		4	Centrar a ponte; colocar sob a tensão considerada adequada para proceder ao desaperto da estrutura;	
2	Retirar Travessa do Montante	5	Com a chave de bocas, desapertar duas porcas e anilhas do eixo que guia a altura da travessa relativamente ao montante;	
		6	Com a aparafusadora de impacto desapertar 8 porcas (4 de cada lado) que seguram a travessa ao montante (ter atenção á movimentação da travessa, para subir ou descer ponte; retirar primeiro um lado depois o outro);	
		7	Na velocidade mínima, movimentar ponte para lado oposto aos cilindros, movimentar a travessa nas duas laterais com auxílio de uma alavanca;	
		8	Armazenar as travessas no devido local;	
		9	Arrumar ferramentas utilizadas;	

Tabela 3: Atividade e tarefas da ISP: Desacoplar Cilindros no Robô.

Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Tempo (s):
1	Preparar Robô	1	Verificar nível do óleo, se tiver no mínimo colocar mais; (avisar manutenção);	
		2	Conectar ligação trifásica; (tarefa temporária)	
		3	Puxar a ligação de emergência;	
		4	Pressionar botão (preto) para iniciar Centralina do robô;	
		5	Alinhar conjunto vazio do módulo central com os módulos 3/sul e 1/norte, avançar/mar (puxar manipulo 2) e recuar/sul (empurrar manipulo 2);	
		6	Puxar o manipulo 3 (movimentar modulo 3 para norte) e empurrar o manipulo 1 (movimentar modulo 1 para sul);	
2	Colocar Montante no Robô	7	Movimentar a ponte de 50 toneladas e centrar com o conjunto (montantes e cilindro);	
		8	Colocar cintas nos elos de fixação;	
		9	Transportar o conjunto para entrada do componente central do robot;	
		10	Com a ajuda de outro colaborador, certificar que conjunto entra centrado com a estrutura do robô, baixar conjunto de forma a não danificar componentes;	
		11	Alinhar e descer as bases do conjunto alinhado com os suportes dos carros; não pousar completamente, de modo a proceder ao 2.6;	
		12	Colocar as 2 peças para travar cilindro e, de seguida descer totalmente;	
		13	Com a aparafusadora colocar parafusos e grampos, nas 4 zonas de fixação, de forma a imobilizar os montantes; garantir que face 4* fica paralela á face 5*; se necessário	

			auxiliar a movimentação do grampo com ponte de 10 toneladas;	
3	Remover Eixo Superior	14	Colocar a cinta no centro do eixo, e com a ponte subir até criar tensão;	
		15	Com a aparafusadora, acoplada à extensão e à chave de sextavadas, desapertar os 16 parafusos (8 cada lado);	
		16	Recolher os 16 parafusos e respectivas porcas;	
		17	3.4 Com a ponte e auxílio manual, deslizar falange de aperto para desacoplar o eixo;	
4	Remover Parafuso que Liga Montante ao Veio	18	Remover o parafuso (sextavada 10 mm) que trava parafuso de 75 mm;	
		19	Com o auxílio da aparafusadora de impacto remover parafuso de 75 mm;	
		20	Retirar, com auxílio de um parafuso M10, a cavilha de orientação;	
		21	Repetir os procedimentos 17 a 20 para o outro conjunto;	
5	Desconectar Cilindros do Montante	22	Com a ajuda de outro colaborador para observação do movimento, avançar o manipulador 3 e o recuar o manipulador 1, que vai movimentar o carro 3/sul (para sul) e o 1/norte (para norte), respectivamente; abre o conjunto; durante o movimento, verificar se os montantes estão a desempenhar movimento constante e linear; Movimentar até ao fim de curso;	
		23	Tapar entradas dos montantes para não contaminar;	
		24	Arrumar material utilizado;	

Tabela 4: Atividade e tarefas da ISP: Acoplar Cilindros no Robô.

Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Tempo (s):
1	Conectar Cilindros ao Montante	1	Movimentar o módulo central do robô para terra (puxar alavanca 2), colocando os cilindros centrados com o carro sul e norte;	
		2	Com a ajuda de outro colaborador para observação do movimento, puxar o manipulador 3 e empurrar o manipulador 1, que vai movimentar o carro 3/sul (para norte) e o 1/norte (para sul), respectivamente; fecha o conjunto; durante o movimento, verificar se os montantes estão a desempenhar movimento constante e linear;	
		3	Certificar que a face do parafuso do montante (5*) fica alinhada com a ranhura (4*) do cilindro;	
2	Colocar Parafuso que Liga Montante ao Veio	4	Com a inserção de 2 parafusos m10, torcer o conjunto com a alavanca até centrar a cavilha com o respetivo furo; inserir cavilha;	
		5	Retirar 2 parafusos e alavanca;	
		6	Com o auxílio da aparafusadora de impacto apertar parafuso de 75 mm;	
		7	Colocar o parafuso de sextavadas de forma a travar o parafuso de 75 mm;	
		8	Repetir os procedimentos 4 a 9 para o outro conjunto;	

3	Retirar Grampos e Transportar Conjunto	9	Movimentar a ponte de 10 toneladas, acoplar ao grampo a segurar (com cinta e olhal) e posicionar na base a fixar;	
		10	Despertar 2 parafusos que seguram o grampo; remover ponte, cinta e olhal;	
		11	Repetir 1 e 2 para as outras 3 zonas de fixação das bases do montante;	
		12	Remover as 2 peças que travam cilindro;	
		13	Transportar ponte de 50 toneladas e colocar cintas nos 4 elos de fixação;	
		14	Subir a ponte lentamente de forma a não danificar a estrutura do modulo central;	
		15	Posicionar o conjunto na base de trabalho, neste caso alinhar 8 barrotes com bases do montante (têm de ter mesma espessura);	
4	Desligar Robô	16	Empurrar o botão vermelho de forma a desligar Centralina do robô;	
		17	Desconectar ligação trifásica;	
		18	Recolher cabo e arrumar no devido local;	
5	Colocar Eixo Superior	19	Preparar aparafusadora de impacto e, respetiva chave e extensão para apertar os 16 parafusos;	
		20	Com a ponte de 10 toneladas e a cinta, transportar o eixo para a zona de acoplamento;	
		21	Alinhar o eixo com as duas zonas de acoplamento e, com recurso a um escadote e ao material da tarefa 23, apertar os 16 parafusos;	
		22	Baixar ponte, retirar cinta e arrumar a ponte;	
		23	Arrumar as restantes ferramentas utilizadas;	

Tabela 5: Atividade e tarefas da ISP: Inserir Travessa no montante.

Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Tempo (s):
1	Transportar Travessa	1	Movimentar ponte de 10 toneladas para zona de armazenamento da travessa e colocar 2 cintas com capacidade para transporte de 10 toneladas;	
		2	Centrar ponte e colocar sob tensão;	
		3	Colocar uma terceira cinta com diferencial de forma a nivelar a travessa;	
		4	Transportar para a zona de acoplamento do montante;	
2	Inserir Travessa	5	Alinhar furos da travessa com os 8 parafusos do montante;	
		6	Movimentar a ponte no sentido dos cilindros para acoplar a travessa ao montante e colocar anilhas e porcas (parcialmente apertadas/por segurança);	
		7	Com a aparafusadora de impacto e a chave de encaixe de 55 mm apertar os 8 parafusos (de preferência ir aparafusando paralelamente os dois lados);	
		8	Com a chave de bocas de 75 mm apertar ou desapertar porcas de forma a alinhar a travessa á altura requerida e	

			nivelada horizontalmente (em princípio estão sempre na posição requerida no programa anterior);	
		9	Arrumar ferramentas utilizadas;	

Tabela 6: Atividade e tarefas da ISP: Inserir Guias na Travessa.

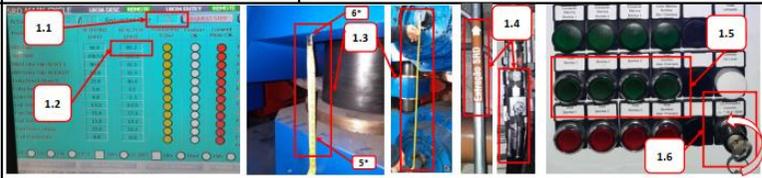
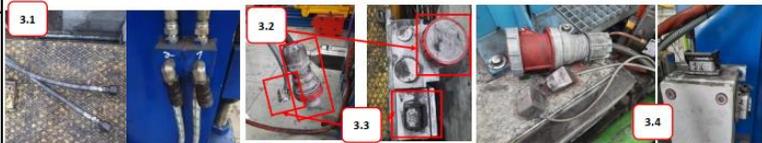
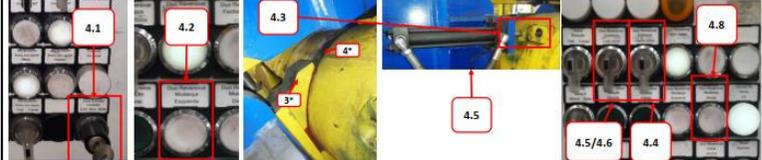
Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Tempo (s):
1	Colocar Guias	1	Identificar a guia requerida e colocar olhais se necessário;	
		2	Colocar cinta a ligar olhais ao gancho da ponte;	
		3	Transportar a guia para a zona do respetivo gorne dos cilindros;	
		4	Subir com a ponte posicionando a base da guia ligeiramente acima da base da travessa;	
		5	Oscilar a guia e, com coordenação, descer ponte (uns instantes antes do pico do movimento ascendente da guia sobre a base da travessa) de forma a pousar a guia na travessa;	
		6	Segurar a guia e trocar o posicionamento das cintas, passando a estar entre o cilindro e a travessa;	
		7	Subir a ponte de forma a estabilizar a guia no devido posicionamento da travessa;	
		8	Alinhar guia com o respetivo gorne;	
		9	Repetir os procedimentos 1 a 8 para todas as guias do programa;	
2	Colocar Sistema de Aperto da Guia	10	Colocar olhal no grampo (160 mm ou 250 mm, consoante a base da guia a apertar) do sistema de aperto;	
		11	Movimentar grampo com auxílio da ponte rolante;	
		12	Colocar parafuso na ranhura da travessa e, rodar, de forma a trancar quando for apertado;	
		13	Posicionar o grampo alinhado com a guia a apertar;	
		14	Inserir grampo no parafuso, retirar cinta e olhal;	
		15	Colocar anilha e porca por segurança;	
		16	Com o auxílio de uma alavanca e uma marreta, alinhar guia com o gorne (nas guias de entrada alinhar as faces laterais do gorne com as faces laterais da guia; nas de saída, alinhar centro da guia com o centro do gorne), verificar se as laterais do gorne estão alinhadas (ir também ao lado oposto) e verificar se o parafuso tem batentes devidamente posicionados na travessa;	
		17	2.8 Com a aparafusadora de impacto e a chave de 75mm acoplada, apertar porca até ao limite; garantir que o grampo e a guia estão alinhados; verificar novamente o alinhamento face ao gorne; se não estiver alinhado voltar ao passo 16; se alinhado avançar para 18;	
		18	Repetir os procedimentos de 2.1 a 2.7 para todas as guias;	
		19	2.10 Arrumar material utilizado;	

Tabela 7: Atividade e tarefas da ISP: Colocar SRD da caixa de laminagem.

Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Tempo (s):
1	Colocar SRD na Caixa	1	Movimentar a ponte (de 50 toneladas) para lado terra;	
		2	Inserir cintas nas 4 posições de fixação;	
		3	Subir ponte na velocidade mínima e confirmar se as 4 fixações estão devidamente acopladas com cinta;	
		4	Movimentar o conjunto com velocidade mínima e de forma constante; Com auxílio de outro colaborador verificar se o conjunto não colide com outros componentes;	
		5	Colocar o conjunto devidamente alinhado na base movel do trem, no lado sul relativamente aos grampos;	
		6	Retirar cintas dos acoplamentos;	
		7	Mover a ponte para lado mar;	
2	Inserir Montante nos Grampos	8	Certificar se as <i>clamps</i> (grampos) estão abertas;	
		9	Movimentar o SRD ligeiramente para norte/sul, e com a ajuda de outro colaborador alinhar olhais da base com cilindros de bloqueio;	
		10	Inserir cilindro no olhal da base (rodar sentido horário);	
		11	Movimentar o SRD para sul até que a base do montante fique a 150 mm do limite do carro;	
		12	Fechar as <i>clamps</i> (grampos);	
		13	Na casa das máquinas, fechar o SRD, garantindo a imobilização do conjunto;	
		14	Folgar pistões de bloqueio com pequenas movimentações SRD;	
		15	Recuar pistões (rodar sentido anti-horário);	
3	Conectar Cilindros aos Cardans	16	Certificar se os cabos elétricos e lubrificação não estão a restringir o movimento do SRD e movimentá-lo para lado norte, ficando próximo da entrada do cardan (aproximadamente 300 mm);	
		17	Comprimir embolo com o cilindro hidráulico (rodar sentido horário);	
		18	Inserir moente no acoplamento (movimentar conjunto para norte até ao limite);	
		19	Recuar pistão (rodar sentido anti-horário), sendo que o embolo entra automaticamente através da ação da mola;	
		20	Abrir ganaxes (rodar sentido horário);	
	Conectar Circuito	21	Movimentar SRD para sul;	
		22	No lado norte ligar dois tubos de lubrificação;	
		23	Ligar o circuito trifásico e a sonda;	

4	Elétrico/Hidráulico	24	Repetir 24 para lado sul (sendo que tem duas sondas identificadas);	
5	Movimentar Fotocélulas	25	Do lado terra, desapertar ligeiramente os parafusos que imobilizam a braço;	
		26	Rodar braço da fotocélula 90 graus ficando com a orientação mar/terra;	
		27	Apertar parafusos;	
		28	Repetir passos 26, 27 e 28 para lado mar;	
6	Verificação Segurança	29	Rodar manualmente o sistema de refrigeração do duo no sentido horário, alinhado com a linha do trem e a respetiva entrada no gorne);	
		30	Apertar 4 parafusos chave 30;	
		31	Colocar os controlos em modo remoto, rodando a chave no sentido anti-horário (ficando em REM).	

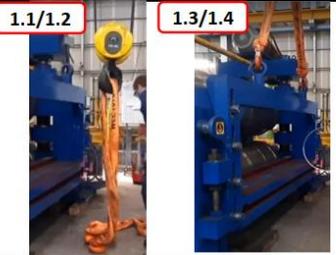
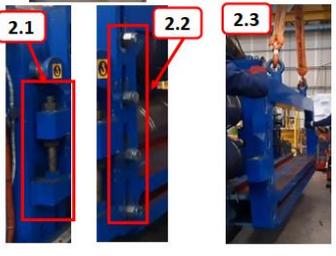
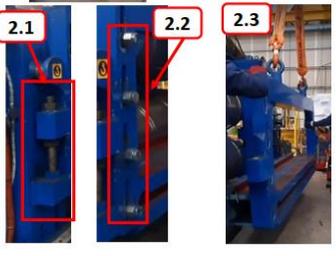
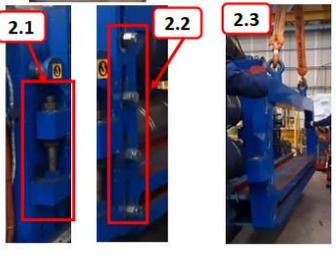
APÊNDICE C – Retirar SRD Da Caixa de Laminagem

INSTRUÇÃO STANDARD DE PRODUÇÃO					DATA EMISSÃO:	20/02/2023	REV. Nº	1/11		
REFERENCIAL:	OP. UNID. Nº	SECCION:	Remover Duo Revestiel	SECTOR:	Laminagem Nova Tera	POSTO DE TRABALHO:	Zona Set UP	BOLLINGHAUS® STEEL		
Nº	Operador	Ferramenta	Atividade:	S	PREPARAÇÃO	LISTA	QUALIDADE	VERBAL	MANUAL	DESENHOS/FOTOGRAFIAS
1	P6	Paquímetro	Verificação Segurança	<p>1.1 Verificar operador P6 tem o equipamento em modo segurança, ou seja, step 0;</p> <p>1.2 Verificar (HDMI) se P6 tem Gap do DUO a 80 mm;</p> <p>1.3 Com auxílio do paquímetro, certificar se distância entre 5° e 6° é de 150 mm/ 900 mm entre veio hexagonal;</p> <p>1.4 Ir anexo inferior das máquinas verificar se válvula do SRD está aberta;</p> <p>1.5 No mesmo local verificar se as bombas de alta pressão estão ligadas; (4 botões têm de estar a verde);</p> <p>1.6 Verificar se comando Local em controlo Local (no quadro junto ao trem, rodar no sentido horário para LOC);</p>						
2	P7	Chave bocas 30	Movimentar fotocelulas	<p>2.1 No lado sul-terra, desapertar os parafusos que seguram o braço da fotocelula com a chave de boca de 30 mm ;</p> <p>2.2 Rodar baço da fotocelula 90 graus passando a ter a orientação no eixo norte/sul;</p> <p>2.3 Apertar ligeiramente os parafusos para bloquear o braço durante a mudança de ferramenta;</p> <p>2.4 Repetir o procedimento para o lado mar;</p> <p>2.5 Desapertar ligeiramente os parafusos para desbloquear o braço de refrigeração durante a mudança de ferramenta;</p> <p>2.6 Movimentar sentido anti-horário de forma a não contrariar próximos movimentos do duo;</p> <p>2.7 Apertar ligeiramente parafusos para imobilizar braço durante a mudança;</p>						
3	P6 (Norte) P7 (Sul)		Desconetar circuito elétrico/hidráulico	<p>3.1 Do lado Norte, desconetar 2 ligações de lubrificação;</p> <p>3.2 Desconetar a ligação do circuito trifásico;</p> <p>3.3 Desconetar a ligação do cabo da sonda;</p> <p>3.4 Repetir os procedimentos 3.1, 3.2 e 3.3 (neste caso tem 2 sondas com identificação) para o lado Sul;</p> <p>3.5 Certificar se os cabos não estão a restringir o movimento do SRD;</p>						
4	P6 e P7		Desconetar cilindros dos cardans	<p>4.1 Verificar se Zona Entrada está em controlo local (chave rodada para LOC); P7</p> <p>4.2 Movimentar SRD para norte; P7</p> <p>4.3 Alinhar ranhura do cardan (4°) com a posição das "ganaxes" (3°) e embolo com o pistão; P6</p> <p>4.4 Imobilizar cardans com avanço das "ganaxes" (rodar botão sentido anti-horário);P7</p> <p>4.5 Empurrar embolo com avanço dos dois pistões hidráulicos (rodar botão sentido horário);P7</p> <p>4.6 Confirmar se "ganaxes" estão fechadas; P6</p> <p>4.7 Movimentar SRD para sul; P7</p> <p>4.8 Recuar pistões (rodar botão sentido anti-horário); P7</p>						
5	P7 e P6 (Auxílio visual)		Remover montante dos grampos	<p>5.1 Movimentar SRD para sul e, com auxílio de outro colaborador, alinhar nos olhais da base do montante;</p> <p>5.2 Inserir pistões (1°) nos olhais da base do montante (2°);</p> <p>5.3 Abrir clamps (5°);</p> <p>5.4 Movimentar SRD para norte e verificar se sai dos grampos;</p> <p>5.5 Folgar SRD e recuar pistões de bloqueio;</p>						
6	P7 e P6	Ponte 50 ton	Remover conjunto da caixa	<p>6.1 Movimentar a ponte (de 50 ton) para lado terra; P7</p> <p>6.2 Inserir cintas nas 4 posições de fixação; P7(sul) e P6 (norte)</p> <p>6.3 Subir ponte na velocidade mínima e confirmar se as 4 fixações estão devidamente acopladas com cinta; P7</p> <p>6.4 Movimentar o conjunto com velocidade mínima e de forma constante; P7</p> <p>6.5 Com auxílio de outro colaborador verificar se o conjunto não colide outros componentes; P7</p> <p>6.6 Colocar o conjunto devidamente alinhado na base (barrotes provisórios);P7</p> <p>6.7 Desacoplar cinta nas 4 posições e movimentar ponte para mar, de forma a não interferir nas próximas movimentações; P7</p>						
Emissão:		Validade:		Intervalo de Tempo/Frequência da Operação:		Tempo Operação:		Responsável pelo execução da operação:		
Gáborra Mendes				Não Aplicável				Equipe troca de ferramenta novo trem		

APÊNDICE D – Retirar Guias das Travessas

INSTRUÇÃO STANDARD DE PRODUÇÃO				DATA EMISSÃO:	20/02/2023	BOLLINGHAUS STEEL		PÁGINA:	1/1
REFERÊNCIA:	ISP_NRM_03	DESCRIÇÃO:	Remover guias	SECTOR:	Laminagem Novo Trem	POSTO DE TRABALHO:	Zona Setup		
Nº	Ferramenta	Atividade:	S	+ SEGURANÇA ! ALERTA ✓ QUALIDADE 👁️ VISUAL ✋ MANUAL 🔧 FERRAMENTA 🔍 AUDITIVO 👤 DESLOCAÇÃO		DESENHOS/FOTOGRAFIAS			
1	1-Aparafusadora impacto; 2- Chave de caixa sextavada 75 mm; 3- Parafuso 16 mm com olhal ; 4- Ponte 10 ton; 3- Cintas capacidade > 1 ton;	Retirar sistema aperto das guias	<p>Descrição de Tarefas:</p> 1.1 Com a aparafusadora de impacto e chave sextavada 75 mm (1) desapertar todas as porcas (2); 1.2 Retirar porcas e anilhas dos parafusos;armazenar no devido local; 1.3 Com precaução, recuar grampo aperto da guia (3), até ter margem de aperto do parafuso com olhal; 1.4 Apertar parafuso com olhal; 1.5 Colocar cintas no olhal; 1.6 Movimentar ponte de 10 ton, e colocar o gancho na cinta; 1.7 Subir ponte ligeiramente até criar tensão na cinta; 1.8 Puxar peça de aperto (grampo) até sair completamente do parafuso; 1.9 Armazenar, com movimentação da ponte, no devido local, a peça aperto e o parafuso; 1.10 Repetir os procedimentos 1.3 a 1.9 para todos os grampos de aperto;						
2	1- Parafuso 16 mm com olhal ; 2- Ponte 10 ton; 3- Cintas capacidade > 1 ton;	Remover guias	2.1 Movimentar ponte alinhando-a com a guia a tirar; 2.2 Colocar olhais na guia (2*), por vezes não é necessário uma vez a estrutura que já tem 4 furos (1*); 2.3 Colocar cinta nos olhais ou furos; 2.4 Movimentar ponte na direção do cilindro de forma a alinhar gancho do centro de gravidade da guia; 2.5 Subir ligeiramente a ponte e ir verificando se a guia está próxima do ponto de saída (estar perto de perder o contacto/atrito com a travessa); 2.6 Com a velocidade mínima, subir a ponte de forma a desconetar a guia; 2.7 Com movimentação da ponte, arrumar a guia no respetivo local; 2.8 Repetir os procedimentos de 2.1 a 2.7 para todas as guias; 2.9 Arrumar material utilizado;						
Elaboração		Validação	Intervalo de Tempo/Freqüência da Operação		Tempo Operação	Responsável pela execução da operação:			
Guilherme Mendes			Não Aplicável		-	Equipa troca de ferramenta novo trem			

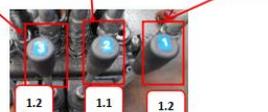
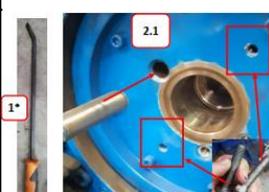
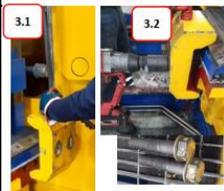
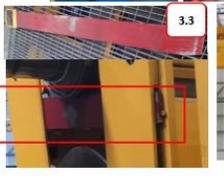
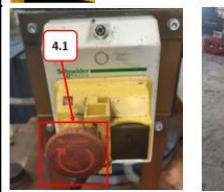
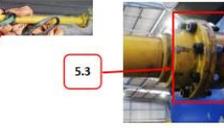
APÊNDICE E – Retirar Travessas dos Montantes

INSTRUÇÃO STANDARD DE PRODUÇÃO				DATA EMISSÃO:	20/02/2023	BOLLINGHAUS [®] STEEL						
REFERÊNCIA:	ISP_NRM_03	descrição:	Retirar travessa	SECTOR:	Laminagem Novo Trem	POSTO DE TRABALHO:	Zona Setup					
Nº	Ferramenta	Atividade:	S	+SEGURANÇA	+ALERTA	+QUALIDADE	+VISUAL	+MANUAL	+FERRAMENTA	+AUDITIVO	+DESLOCAÇÃO	DESENHOS/FOTOGRAFIAS
1	1- Ponte 10 ton; 2- Cintas capacidade 10 ton;	Segurar travessa	<p>1.1 Colocar a cinta de 10 ton na ponte (centro da cinta no gancho da ponte);</p> <p>1.2 Movimentar a ponte para o centro da travessa a retirar;</p> <p>1.3 Colocar dois ganchos da cinta nos olhais da travessa;</p> <p>1.4 Centrar a ponte; colocar sob a tensão considerada adequada para proceder ao desaperto da estrutura;</p>									
												
2	1-Aparafusadora impacto; 2- Chave de caixa sextavada 55 mm; 3- Chave bocas de 75 mm ; 4- Ponte 10 ton; 3- Cintas capacidade 10 ton;	Retirar travessa do montante	<p>2.1 Com a chave de bocas, desapertar duas porcas e anilhas do eixo que guia a altura da travessa relativamente ao montante;</p> <p>2.2 Com a aparafusadora de impacto deapertar 8 porcas (4 de cada lado) que seguram a travessa ao montante (ter atenção á movimentação da travessa, para subir ou descer ponte; retirar primeiro um lado depois o outro);</p> <p>2.3 Na velocidade minima, movimentar ponte para lado oposto aos cilindros, movimentar a travessa nas duas laterais com auxilio de uma alavanca;</p> <p>2.4 Armazenar as travessas no devido local;</p> <p>2.5 Arrumar ferramentas utilizadas;</p>									
												
Elaboração		Validação	Intervalo de Tempo/Frequência da Operação			Tempo Operação		Responsável pela execução da operação:				
Guilherme Mendes			Não Aplicável			-		Equipa troca de ferramenta novo trem				

APÊNDICE F – Desacoplar cilindros do SRD no Robô

INSTRUÇÃO STANDARD DE PRODUÇÃO				DATA EMISSÃO:	REVISÕES:	BOLLINGHAUS STEEL		1/1
REFERENCIAL:	REF. PROJETO:	VERSÃO:	Descrição de Tarefas	SECTOR:	Linha/Processo/Tipo	POSTO DE TRABALHO:	Zona Betão	
Nº	Ferramenta	Atividade:						DESENHOS/FOTOGRAFIAS
1	1-robô	Preparar robô	<p>1.1 Verificar nível do óleo, se tiver no mínimo colocar mais; (avisar manutenção)</p> <p>1.2 Conetar ligação trifásica; (tarefa temporária)</p> <p>1.3 Puxar a ligação de emergência;</p> <p>1.4 Pressionar botão (preto) para iniciar centralina do robô;</p> <p>1.5 Alinhar conjunto vazio do módulo central com os módulos 3/sul e 1/norte, avançar/mar (puxar manipulo 2) e recuar/sul (empurrar manipulo 2);</p> <p>1.6 Puxar o manipulo 3 (movimentar módulo 3 para norte) e empurrar o manipulo 1 (movimentar módulo 1 para sul);</p>					
2	1-robô; 2- ponte 50 ton; 3-cintas cap. 20 ton; 4-Chave bocas de 46 mm; 5- aparafusadora de impacto maior torque; 6- ponte de 10 ton.	Colocar montante no robô	<p>2.1 Movimentar a ponte de 50 ton e centrar com o conjunto (montantes e cilindro);</p> <p>2.2 Colocar cintas nos elos de fixação;</p> <p>2.3 Transportar o conjunto para entrada do componente central do robô;</p> <p>2.4 Com a ajuda de outro colaborador, certificar que conjunto entra centrado com a estrutura do robô, baixar conjunto de forma a não danificar componentes;</p> <p>2.5 Alinhar e descer as bases do conjunto alinhado com os suportes dos carris; não pousar completamente, de modo a proceder ao 2.6;</p> <p>2.6 Colocar as 2 peças para travar cilindro e, de seguida descer totalmente;</p> <p>2.7 Com a aparafusadora colocar parafusos e grampos, nas 4 zonas de fixação, de forma a imobilizar os montantes; garantir que face 4° fica paralela à face 5°; se necessário auxiliar a movimentação do grampo com ponte de 10 ton;</p>					
3	1- aparafusadora impacto (2°); 2- chave encalhe sextavada 8 mm; 3- extensão aparafusadora; 4- ponte 10 ton; 5- cinta cap. > 1 ton; 6- escadote;	Remover eixo superior	<p>3.1 Colocar a cinta no centro do eixo, e com a ponte subir até criar tensão;</p> <p>3.2 Com a aparafusadora (3°), acoplada à extensão (1°) e à chave de sextavadas (2°), desapertar os 10 parafusos (8 cada lado);</p> <p>3.3 Recolher os 10 parafusos e respetivas porcas;</p> <p>3.4 Com a ponte e auxílio manual, deslizar falgão de aperto para desacoplar o eixo;</p>					
4	1- Chave bocas de 75 mm; 2- aparafusadora de impacto maior torque; 3- chave sextavada 10mm; 4- Parafuso 17 mm	Remover parafuso que liga montante ao veio	<p>4.1 Remover o parafuso (sextavada 10 mm) que trava parafuso de 75 mm;</p> <p>4.2 Com o auxílio da aparafusadora de impacto remover parafuso de 75 mm;</p> <p>4.3 Retirar, com auxílio de um parafuso M10, a cavilha de orientação;</p> <p>4.4 Repetir os procedimentos 4.1, 4.2 e 4.3 para o outro conjunto;</p>					
5	robô	Desconetar cilindros do montante	<p>5.1 Com a ajuda de outro colaborador para observação do movimento, avançar o manipulo 3 e o recuar o manipulo 1, que vai movimentar o carro 3/sul (para sul) e o 1/norte (para norte), respetivamente, abre o conjunto; Durante o movimento, verificar se os montantes estão a desempenhar movimento constante e linear; Movimentar até ao fim de curso;</p> <p>5.2 Tapar entradas dos montantes para não contaminar;</p> <p>5.3 Arrumar material utilizado;</p>					
Intervalo	Validade	Intervalo de Tempo/Prorrogabilidade da Operação	Tempo Operação	Reservado para preenchimento da operação.				
Guilherme Mendes		Não Aplicável		Bollinger Teca de Ferramenta novo 2001				

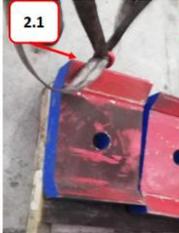
APÊNDICE G – Acoplar cilindros ao SRD no Robô

INSTRUÇÃO STANDARD DE PRODUÇÃO			DATA EMISSÃO:	20/02/2023	BOLLINGHAUS STEEL		1/1
REFERENCIAL	EP_APLIAS	SECCIONA	Acoplar Cilindros Montante	SECTOR:	Laminagem Novo Tom	POSTO DE TRABALHO:	Zona Setup
Nº	Ferramenta	Atividade:	3	+	+	+	+
Descrição de Tarefas:							
1	1-robô	Conetar cilindros ao montante	<p>1.1 Movimentar o módulo central do robô para terra (puxar alavanca 2), colocando os cilindros centrados com o carro sul e norte;</p> <p>1.2 Com a ajuda de outro colaborador para observação do movimento, puxar o manipul 3 e empurrar o manipul 1, que vai movimentar o carro 3/sul (para norte) e o 1/norte (para sul), respectivamente; fecha o conjunto. Durante o movimento, verificar se os montantes estão a desempenhar movimento constante e linear;</p> <p>1.3 Certificar que a face do parafuso do montante (5*) fica alinhada com a ranhura (4*) do cilindro;</p>	   			
2	1-Chave bocas de 75 mm; 2- aparafusadora de impacto maior torque; 3-chave sextavada 8 mm; 4- Parafuso xx mm; 5- alavanca; 5- 2 parafusos m 10	Colocar parafuso que liga montante ao veio	<p>2.1 Com a inserção de 2 parafusos m10, torcer o conjunto com a alavanca (1*) até centrar a cavilha com o respetivo furo; inserir cavilha;</p> <p>2.2 Retirar 2 parafusos e alavanca;</p> <p>2.3 Com o auxílio da aparafusadora de impacto apertar parafuso de 75 mm;</p> <p>2.4 Colocar o parafuso de sextavadas de forma a travar o parafuso de 75 mm;</p> <p>2.5 Repetir os procedimentos 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 para o outro conjunto;</p>	   			
3	1- ponte 50 ton; 2- cintas cap 10 ton; 4- Chave bocas de 46 mm; 5- aparafusadora de impacto maior torque; 6- ponte de 10 ton; 7- olhal m 16; 8- cinta cap 0,5 ton;	Retirar grampos e transportar conjunto	<p>3.1 Movimentar a ponte de 10 ton, acoplar ao grampo a segurar (com cinta e olhal) e posicionar na base a fixar;</p> <p>3.2 Desparafusar 2 parafusos que seguram o grampo; remover ponte, cinta e olhal;</p> <p>3.3 Repetir 3.1 e 3.2 para as outras 3 zonas de fixação das bases do montante;</p> <p>3.4 Remover as 2 peças que travam cilindro;</p> <p>3.5 Transportar ponte de 50 ton e colocar cintas nos 4 elos de fixação;</p> <p>3.6 Subir a ponte lentamente de forma a não danificar a estrutura do módulo central;</p> <p>3.7 Posicionar o conjunto na base de trabalho, neste caso alinhar 8 barretes com bases do montante (têm de ter mesma espessura);</p>	    			
4	1- robo	Desligar Robô	<p>4.1 Empurrar o botão vermelho de forma a desligar centralina do robô;</p> <p>4.2 Deconectar ligação trifásica;</p> <p>4.3 Recolher cabo e arrumar no devido local;</p>	 			
5	1- aparafusadora de impacto; 2- chave escote sextavada 8 mm; 3- extensão; 4- ponte 10 ton; 5- cinta cap 1 ton; 6- escadote;	Colocar eixo superior	<p>5.1 Preparar aparafusadora de impacto (3*) e, respetiva chave (2*) e extensão (1*) para apertar os 16 parafusos;</p> <p>5.2 Com a ponte de 10 ton e a cinta, transportar o eixo para a zona de acoplamento;</p> <p>5.3 Alinhar o eixo com as duas zonas de acoplamento e, com recurso a um escadote e ao material da tarefa 5.1, apertar os 16 parafusos;</p> <p>5.4 Baixar ponte, retirar cinta e arrumar a ponte;</p> <p>5.5 Arrumar as restantes ferramentas utilizadas;</p>	  			
Emissão	Validade	Intervalo de Tempo/Requisito da Operação		Tempo Operação		Responsável pela execução da operação:	
Coluna Laminar		Não Aplicável				Equipos locais de ferramenta novo tom	

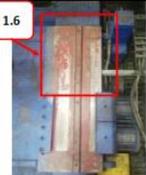
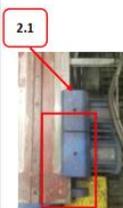
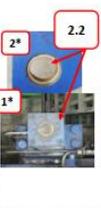
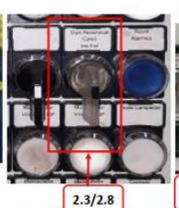
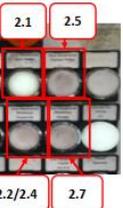
APÊNDICE H – Inserir Travessas

INSTRUÇÃO STANDARD DE PRODUÇÃO				DATA EMISSÃO:	20/02/2023	BOLLINGHAUS [®] STEEL						
REFERÊNCIA:	ISP_NRM_06	DESCRIÇÃO:	Colocar travessa	SECTOR:	Laminagem Novo Trem	POSTO DE TRABALHO:	Zona Setup					
Nº	Ferramenta	Atividade:	S	+ = SEGURANÇA	• = ALERTA	• = QUALIDADE	• VISUAL	• MANUAL	• FERRAMENTA	• AUDITIVO	• DESLOCAÇÃO	DESENHOS/FOTOGRAFIAS
1	1- Ponte 10 ton; 2- Cintas capacidade 10 ton; 3- diferencial;	Transportar travessa	<p>Descrição de Tarefas:</p> <p>1.1 Movimentar ponte de 10 ton para zona de armazenamento da travessa e colocar 2 cintas de 10 ton apropriadas;</p> <p>1.2 Centrar ponte e colocar sob tensão;</p> <p>1.3 Colocar uma terceira cinta com diferencial de forma a nivelar a travessa;</p> <p>1.4 Transportar para a zona de acoplamento do montante;</p>									
												
2	1-Aparafusadora impacto; 2- Chave de caixa sextavada 55 mm; 3- Chave bocas de 75 mm ; 4- Ponte 10 ton; 5- Cintas capacidade 10 ton; 6- nível de bolha	Inserir travessa	<p>2.1 Alinhar furos da travessa com os 8 parafusos do montante;</p> <p>2.2 Movimentar a ponte no sentido dos cilindros para acoplar os dois modulos e colocar anilhas e porcas (parcialmente apertadas/por segurança);</p> <p>2.3 Com a aparafusadora de impacto e a chave de encaixe de 55 mm apertar os 8 parafusos (de preferencia ir aparafusando paralelamente os dois lados);</p> <p>2.4 Com a chave de bocas de 75 mm apertar ou desapertar porcas de forma a alinhar a travessa á altura requerida e nivelada horizontalmente (em principio estão sempre na posição requerida no programa anterior);</p> <p>2.5 Arrumar ferramentas utilizadas;</p>									
Elaboração		Validação	Intervalo de Tempo/Freqüência da Operação		Tempo Operação		Responsável pela execução da operação:					
Guilherme Mendes			Não Aplicável				Equipa troca de ferramenta novo trem					

APÊNDICE I – Inserir Guias

INSTRUÇÃO STANDARD DE PRODUÇÃO				DATA EMISSÃO:	20/02/2023	BOLLINGHAUS [®] STEEL		PÁGINA:	1 / 1				
REFERÊNCIA:	ISP_NRU_04	DESCRIÇÃO:	Colocar guia	SECTOR:	Laminagem Novo Trem <th>POSTO DE TRABALHO:</th> <td>Zona Setup <th colspan="2"></th> </td>	POSTO DE TRABALHO:	Zona Setup <th colspan="2"></th>						
Nº	Ferramenta	Atividade:	S	+ SEGURANÇA	+ ALERTA	+ QUALIDADE	+ VISUAL	+ MANUAL	+ ENTÃO	+ ALTERNATIVO	+ DESLOCAÇÃO	DESENHOS/FOTOGRAFIAS	
1	1- Olhal ; 2- Ponte 10 ton; 3- Cintas capacidade > 1 ton;	Colocar guias	<p>Descrição de Tarefas</p> <p>1.1 Identificar a guia requerida;</p> <p>1.2 Colocar cinta a ligar olhais ao gancho da ponte;</p> <p>1.3 Transportar a guia para a zona do respetivo gorne dos cilindros;</p> <p>1.4 Subir com a ponte posicionando a base da guia ligeiramente acima da base da travessa;</p> <p>1.5 Oscilar a guia e, com coordenação, descer ponte (uns instantes antes do pico do movimento ascendente da guia sobre a base da travessa) de forma a pousar a guia na travessa;</p> <p>1.6 Segurar a guia e trocar o posicionamento das cintas, passando a estar entre o cilindro e a travessa;</p> <p>1.7 Subir a ponte de forma a estabilizar a guia no devido posicionamento da travessa;</p> <p>1.8 Alinhar provisoriamente a guia com o respetivo gorne;</p> <p>1.9 Repetir os procedimentos 1.1 a 1.8 para todas as guias do programa;</p>	  									
2	1-Aparafusadora impacto; 2- Chave de caixa sextavada 75 mm; 3- Parafuso 16 mm com olhal; 4- Ponte 10 ton; 5- Cintas capacidade > 1 ton; 6- marreta;	Colocar sistema aperto das guias	<p>2.1 Colocar olhal no grampo (160 mm ou 250 mm, consoante a base da guia a apertar) do sistema de aperto;</p> <p>2.2 Movimentar grampo com auxílio da ponte rolante;</p> <p>2.3 Colocar parafuso (1") na ranhura da travessa e, rodar, de forma a trancar quando for apertado;</p> <p>2.4 Posicionar o grampo alinhado com a guia a apertar;</p> <p>2.5 Inserir grampo no parafuso, retirar cinta e olhal;</p> <p>2.6 Colocar anilha e porca por segurança;</p> <p>2.7 Com o auxílio de uma alavanca e uma marreta, alinhar guia com o gorne (nas guias de entrada alinhar as faces laterais do gorne com as faces laterais da guia; nas de saída, alinhar centro da guia com o centro do gorne), verificar se as laterais do gorne estão alinhadas (ir também ao lado oposto) e verificar se o parafuso tem batentes devidamente posicionados na travessa;</p> <p>2.8 Com a aparafusadora de impacto e a chave de 75mm acoplada, apertar porca até ao limite; Garantir que o grampo e a guia estão alinhados; verificar novamente o alinhamento face ao gorne; se não estiver alinhado voltar ao passo 2.7; se alinhado avançar para 2.9;</p> <p>2.9 Repetir os procedimentos 2.1 a 2.8 para todas as guias;</p> <p>2.10 Arrumar material utilizado;</p>	    									
Elaboração		Validação	Intervalo de Tempo/Frequência da Operação	Tempo Operação		Responsável pela execução da operação:							
Guilherme Mendes			Não Aplicável			Equipa troca de ferramenta novo trem							

APÊNDICE J – Colocar SRD na Caixa de Laminagem

INSTRUÇÃO STANDARD DE PRODUÇÃO				DATA EMISSÃO:	02/02/2025	BOLLINGHAUS® STEEL		PÁGINA 1/1				
REFERÊNCIA:	RP_NUN_08	DESCRIÇÃO: Montar Duo Reversível	SECTOR:	Laminagem Novo Trem	POSTO DE TRABALHO:	Zona Setup	DESENHOS/FOTOGRAFIAS					
Nº	Operador	Ferramenta	Atividade:	S	VELOCIDADE	ALERTA	QUALIDADE	VISUAL	MANUAL	FERRAMENTA	AUTOGRUPO	DESLOCACAO
1	P6 e P7	Ponte e cintas	Colocar SRD na caixa	<p>1.0 Limpar base do SRD e lubrificar com massa;</p> <p>1.1 Movimentar a ponte (de 50 ton) para lado terra;</p> <p>1.2 Inserir cintas nas 4 posições de fixação;</p> <p>1.3 Subir ponte na velocidade mínima e confirmar se as 4 fixações estão devidamente acopladas com cinta;</p> <p>1.4 Movimentar o conjunto com velocidade mínima e de forma constante;</p> <p>1.5 Com auxílio de outro colaborador verificar se o conjunto não colide outros componentes;</p> <p>1.6 Colocar o conjunto devidamente alinhado na base movel do trem, no lado sul relativamente aos grampos;</p> <p>1.7 Retirar cintas dos acoplamentos;</p> <p>1.8 Mover a ponte para lado mar;</p>	   							
2	P6 e P7	Fixa métrica	Inserir montante nos grampos	<p>2.1 Certificar se as clamps (grampos) estão abertas;P7</p> <p>2.2 Movimentar o SRD ligeiramente para norte/sul, e com a ajuda de outro colaborador alinhar ohalis da base (2*) com cilindros de bloqueio (1*);P6 (quadro) e P7 (controle visual)</p> <p>2.3 Inserir cilindro no ohal da base (rodar sentido horário);P6 (quadro)</p> <p>2.4 Movimentar o SRD para sul até que a base do montante fique a 150 mm do limite do carro;P6 (quadro) e P7 (medição)</p> <p>2.5 Fechar as clamps (grampos);P6 (quadro)</p> <p>2.6 Na casa das máquinas, fechar o SRD, garantindo a imobilização do conjunto;P6</p> <p>2.7 Folgar pistões de bloqueio com pequenas movimentações SRD;P6</p> <p>2.8 Recuar pistões (rodar sentido anti-horário);P6</p>	     							
3	P6	Marreta	Conetar cilindros nos cardans	<p>3.1 Certificar se os cabos elétricos e lubrificação não estão a restringir o movimento do SRD e movimentá-lo para lado norte, ficando proximo da entrada do cardan (aprox 300 mm);</p> <p>3.2 Comprimir embolo com o cilindro hidráulico (rodar sentido horário);</p> <p>3.3 Inserir moente no acoplamento (movimentar conjunto para norte até ao limite);</p> <p>3.4 Recuar pistão (rodar sentido anti-horário), sendo que o embolo entra automaticamente através da ação da mola;</p> <p>3.5 Abrir ganaxes (rodar sentido horário);</p>	   							
4	P6 e P7		Conetar circuito elétrico/hidráulico	<p>4.1 Movimentar SRD para sul;P6</p> <p>4.2 No lado norte ligar dois tubos de lubrificação;P6</p> <p>4.3 Ligar o circuito trifásico e a sonda;P6</p> <p>4.4 Repetir 4.3 para lado sul (sendo que tem tem duas sondas identificadas);P7</p>	    							
5	P7	Chave de bocas 30	Movimentar fotocelulas	<p>5.1 Do lado terra, desapertar ligeiramente os parafusos que imobilizam a braço;</p> <p>5.2 Rodar braço da fotocélula 90 graus ficando com a orientação mar/terra;</p> <p>5.3 Apertar parafusos;</p> <p>5.4 Repetir passos 5.1, 5.2 e 5.3 para lado mar;</p>	 							
6	P7	Chave de bocas 30	Verificação Segurança	<p>6.1 Rodar manualmente o sistema de refrigeração do duo no sentido horário, alinhado com a linha do trem e a respetiva entrada no gorne;</p> <p>6.2 Apertar 4 parafusos chave 30;</p> <p>6.3 Colocar os controlos em modo remoto, rodando a chave no sentido anti-horário (ficando em REM).</p>	   							
Emissão		Validade		Intervalo de Tempo/Frequência da Operação		Tempo Operação		Responsavel pela execução da operação:				
Guilherme Santos Mendes				Não Aplicável				Equipe técnica de ferramenta novo trem				

APÊNDICE K – TABELAS DE VERIFICAÇÃO ANTES E DEPOIS DA MUDANÇA

Check List Atividades Externas (Antes da Mudança)					
Nº	Conjunto		Tarefa/verificação	Verificação:	Notas:
1	Preparação de Ferramentas	Carro SMED	Comandos ponte 10 e 50 ton (baterias suplentes a carregar)		
			Aparafusadora impacto 18v 5A Milwaukee (baterias suplentes a carregar)		
			Aparafusadora impacto Boch ("mais leve") (baterias suplentes a carregar)		
			Chave de encaixe bocas sextavadas 46, 55, e 75 mm		
			Chave encaixe sextavadas 8 mm, 10 mm		
			Cintas brancas de 0,75 ton para guias		
			Cinta verde de 1,5 ton para guias		
			Olhais M16, M20, M22, M24		
			Fita Métrica		
	Paquímetro				
	Marreta				
	Lanterna				
	Restantes Ferramentas	Cintas laranja 10 ton para travessas			
		Alavancas			
		Diferencial 5 ton			
		Spray limpeza industrial e Spray lubrificante (wurth)			
		Panos de limpeza			
		Diluyente			
		Calços madeira			
Barrotes madeira					
2	Preparar Robô		Verificar nível óleo do Robô		
			Colocar novo conjunto de cilindros no espaço vazio lado mar;		
			Posicionar o modulo central com a zona vazia (sem cilindros) no alinhamento dos carros		
			4 grampos/parafusos/porcas junto da zona de fixação		
3	Transportar guias a montar relativas ao programa de laminação nas respectivas zonas de posicionamento		Guia mar xx xx xx		
			Guia mar xx xx xx		
			Guia mar xx xx xx		
			Guia mar xx xx xx		
			Guia mar xx xx xx		
			Guia mar xx xx xx		
			Guia mar xx xx xx		
			Guia mar xx xx xx		
			Guia terra xx xx xx		
			Guia terra xx xx xx		
			Guia terra xx xx xx		
			Guia terra xx xx xx		
			Guia terra xx xx xx		
			Guia terra xx xx xx		
Guia terra xx xx xx					
4	Barrotes/Base SRD		Colocar os barrotes de madeira (provisórios devidamente posicionados (ver marcas no chão), com a mesma espessura de forma a nivelar o SRD;		
5	Movimentação da Ponte		Movimentar a ponte (de 50 ton) para lado terra para zona da caixa de laminação do duo, elevada de forma a não interferir com movimentações da produção;		

Check List Atividades Externas (Depois da Mudança)				
Nº	Tarefa	Verificação:	Notas:	
1	Arrumar ferramentas utilizadas;			
2	Desligar fonte alimentação do robô (recolher cabo e arrumar no devido local, junto aos contentores da reciclagem (provisório));			
3	Colocar travessas no local de armazenamento;			
4	Armazenar guias do programa anterior no respetivo local;			
5	Proceder ao desenvolvimento das ações de manutenção de primeira linha; Ver IM 01; IM 02;M 03; IM 04;			
6				
7				

APÊNDICE L – TABELA EXEMPLO DE TRANSFORMAÇÃO DE ATIVIDADES INTERNAS EM EXTERNAS (PROPOSTA F)

Abordagem Integrada para Melhoria do Processo de Setup de uma Nova Linha de Laminagem

Nº	Subprocesso:	Nº	Atividade:	Nº	Tarefa:	Estado	Média	
							Tempo (S)	Tempo
1	Retirar SRD do Trem	1	Verificação Segurança	1	Verificar operador P6 tem o equipamento em modo segurança, ou seja, mode 0;	IT	32	00: 00: 32
				2	Verificar (HDMI) se P6 tem Gap do DUO a 80 mm;	IT	9	00: 00: 40
				3	Certificar se distância entre xxx é de 150 mm/ 900 mm entre veio hexagonal;	IT	49	00: 01: 29
				4	Ir anexo inferior das máquinas verificar se válvula do SRD está aberta;	IT	51	00: 02: 20
				5	No mesmo local verificar se as bombas de alta pressão estão ligadas (4 botões têm de estar a verde);	IT	11	00: 02: 30
		2	Movimentar fotocelulas	6	No lado sul-terra, desapertar os parafusos que seguram o braço da fotocelula com a chave de boca de 30 mm ;	IT	21	00: 02: 51
				7	Rodar baço da fotocelula 90 graus passando a ter a orientação no eixo norte/sul;	IT	11	00: 03: 02
				8	Apertar ligeiramente os parafusos para bloquear o braço durante a mudança de ferramenta;	IT	21	00: 03: 23
				9	Repetir o procedimento para o lado mar;	IT	51	00: 04: 14
		3	Desconetar circuito elétrico/hidraulico	10	Do lado Norte, desconetar 2 ligações de lubrificação;	IT	122	00: 06: 15
				11	Desconetar a ligação do circuito trifasico;	IT	11	00: 06: 26
				12	Desconetar a ligação do cabo da sonda;	IT	6	00: 06: 31
				13	Reperir os procedimentos 3.1, 3.2 e 3.3 (neste caso tem 2 sondas com identificação) para o lado Sul;	IT	138	00: 08: 49
				14	Certificar se os cabos não estão a restringir o movimento do carro;	IT	6	00: 08: 54
		4	Desconetar cilindros do cardan	15	Verificar se Zona Entrada está em controlo remoto (chave rodada para direita);	IT	21	00: 09: 15
				16	Mover o carro para o lado norte;	IT	16	00: 09: 30
				17	Alinhar ranhura do cardan (4*) com a posição das "ganaxes (3*)";	IT	31	00: 10: 01
				18	Imobilizar cardans com avanço das "ganaxes" (rodar botão sentido anti-horário);	IT	6	00: 10: 07
				19	Rodar cardans alinhando pistão com embolo e empurrar embolo com avanço dos dois pistões hidraulicos (rodar botão sentido	IT	37	00: 10: 44
				20	Recuar pistões (rodar botão sentido anti-horário);	IT	14	00: 10: 58
				21	Confirmar se "ganaxes" estão fechadas;	IT	6	00: 11: 04
				22	Movimentar duo reversível para sul;	IT	63	00: 12: 06
		5	Remover montante dos grampos	23	Continuar movimento e, com auxílio de outro colaborador, alinhar com cilindros de bloqueio;	IT	19	00: 12: 25
				24	Inserir cilindros (1*) na base do montante (2*);	IT	12	00: 12: 37
				25	Abrir grampos (5*);	IT	11	00: 12: 48
				26	Movimentar conjunto/carro para norte e verificar se sai dos grampos;	IT	31	00: 13: 19
				27	Movimentar conjunto para sul e recuar cilindros de bloqueio;	IT	25	00: 13: 43
				28	Movimentar a ponte (de 50 ton) para lado terra;	ET	36	00: 14: 20
				29	Inserir cintas nas 4 posições de fixação;	IT	152	00: 16: 51

Interna	IT
Externa	ET
Eliminada	E

Apêndices

2	Remover Guias	6	Remover conjunto da caixa	30	Subir ponte na velocidade mínima e confirmar se as 4 fixações estão devidamente acopladas com cinta;	IT	41	00: 17: 31
				31	Movimentar o conjunto com velocidade mínima e de forma constante;Com auxílio de outro colaborador verificar se o conjunto	IT	676	00: 28: 47
32				Colocar o conjunto devidamente alinhado na base (barrotes provisórios);	IT	93	00: 30: 20	
33				Desacoplar cinta nas 4 posições e movimentar ponte para mar, de forma a não interferir nas próximas movimentações;	IT	70	00: 31: 29	
7		Retirar sistema aperto da guia	34	Com a aparafusadora de impacto e chave sextavada 75 mm (1) desapertar todas as porcas (2);	ET	215	00: 35: 05	
			35	Retirar porcas e anilhas dos parafusos;armazenar no devido local;	ET	28	00: 35: 32	
			36	Com precaução, recuar grampo aperto da guia (3), até ter margem de aperto do parafuso com olhal;	ET	20	00: 35: 52	
			37	Apertar parafuso com olhal;	ET	19	00: 36: 11	
			38	Colocar cintas no olhal;	ET	27	00: 36: 37	
			39	Movimentar ponte de 10 ton, e colocar o gancho na cinta;	ET	48	00: 37: 25	
			40	Subir ponte ligeiramente até criar tensão na cinta;	ET	21	00: 37: 45	
			41	Puxar peça de aperto (grampo) até sair completamente do parafuso;	ET	19	00: 38: 04	
			42	Armazenar, com movimentação da ponte, no devido local a peça aperto e o parafuso;	ET	59	00: 39: 03	
			43	Repetir os procedimentos 1.3 a 1.9 para todos os grampos de aperto;(consoante o programa, flet tem 14 guias) (13* 4:20)	ET	2508	01: 20: 50	
8	Remover guia	44	Movimentar ponte alinhando-a com a guia a tirar;	ET	40	01: 21: 30		
		45	Colocar olhais na guia (2*), por vezes não é necessário uma vez a estrutura que já tem 4 furos (1*);	ET	32	01: 22: 02		
		46	Colocar cinta nos olhais ou furos;	ET	28	01: 22: 29		
		47	Movimentar ponte na direção do cilindro de forma a alinhar gancho do centro de gravidade da guia;	ET	31	01: 23: 00		
		48	Subir ligeiramente a ponte e ir verificando se a guia está proxima do ponto de saída (estar perto de perder o contacto/atrito co	ET	32	01: 23: 32		
		49	Com a velocidade mínima, subir a ponte de forma a desconetar a guia;	ET	16	01: 23: 48		
		50	Com movimentação da ponte, arrumar a guia no respetivo local;	ET	88	01: 25: 15		
		51	Repetir os procedimentos de 2.1 a 2.7 para todas as guias; (13 guias)	ET	257	01: 29: 32		
9	Segurar travessa Mar	52	2 Com movimentação das pontes, arrumar a guias no respetivo local armazenamento;	ET	6422	03: 16: 34		
		53	Colocar a cinta de 10 ton na ponte (centro da cintra no grancho da ponte);	ET	53	03: 17: 26		
		54	Movimentar a ponte para o centro da travessa do lado mar;	ET	29	03: 17: 55		
		55	Colocar dois ganchos da cinta nos olhais da travessa;	IT	22	03: 18: 16		
		56	Centrar a ponte; colocar sob a tensão considerada adequada para proceder ao desaperto da estrutura;	IT	20	03: 18: 36		
		10	Retirar travessa do montante	57	Com a chave de bocas, desapertar duas porcas e anilhas do veio que guia a altura da travessa relativamente ao montante;	IT	48	03: 19: 24
58	Com a aparafusadora de impacto deapertar 8 porcas que seguram a travessa ao montante (ter atenção á movimentação da tra			IT	124	03: 21: 27		
59	Na velocidade mínima, movimentar ponte para lado oposto aos cilindros, movimentar a travessa nas duas laterais com auxílio			IT	98	03: 23: 05		
60	Armazenar as travessas no devido local;			ET	273	03: 27: 37		
61	Movimentar a ponte para o centro da travessa do lado terra;			IT	23	03: 28: 00		
3	Remover travessas							

Abordagem Integrada para Melhoria do Processo de Setup de uma Nova Linha de Laminagem

4	Desacoplar cilindros do SRD no Robô	11	Segurar travessa Terra	62	Colocar dois ganchos da cinta nos olhais da travessa;	IT	29	03: 28: 28
				63	Centrar a ponte; colocar sob a tensão considerada adequada para proceder ao desaperto da estrutura;	IT	18	03: 28: 46
		12	Retirar travessa do montante	64	Com a chave de bocas, desapertar duas porcas e anilhas do veio que guia a altura da travessa relativamente ao montante;	IT	46	03: 29: 32
				65	Com a aparafusadora de impacto deapertar 8 porcas que seguram a travessa ao montante (ter atenção á movimentação da tra	IT	131	03: 31: 43
				66	Na velocidade minima, movimentar ponte para lado oposto aos cilindros, movimentar a travessa nas duas laterais com auxilio	IT	104	03: 33: 27
				67	Armazenar as travessas no devido local;	ET	273	03: 38: 00
				68	Arrumar ferramentas utilizadas;	ET	58	03: 38: 57
				69	Colocar a cinta no centro do eixo, e com a ponte subir até criar tensão;	IT	107	03: 40: 44
		13	Remover eixo superior	70	Com a aparafusadora (3*), acoplada à extensão (1*) e à chave de sextavadas (2*), desapertar os 16 parafusos (8 cada lado);	IT	420	03: 47: 44
				71	Recolher os 16 parafusos e respetivas porcas;	IT	31	03: 48: 15
				72	Com a ponte retirar eixo;	IT	88	03: 49: 43
				73	Verificar nível do oleo, se tiver no minimo colocar mais;	ET	39	03: 50: 21
		14	Preparar robot	74	Conetar ligação trifásica;	ET	79	03: 51: 40
				75	Puxar a ligação de emergência;	ET	4	03: 51: 44
				76	Pressionar botão (preto) para iniciar centralina do robo;	ET	5	03: 51: 49
				77	Alinhar conjunto vazio do módulo central com os módulos 3/sul e 1/norte, avançar/mar (puxar manipulo 2) e recuar/sul (empu	ET	141	03: 54: 09
				78	Puxar o manipulo 3 (movimentar modulo 3 para norte) e empurrar o manipulo 1 (movimentar modulo 1 para sul) ;	IT	32	03: 54: 41
		15	Colocar montante no robô	79	Movimentar a ponte de 50 ton e centrar com o conjunto (montantes e cilindro);	IT	69	03: 55: 50
				80	Colocar cintas nos elos de fixação;	IT	98	03: 57: 28
				81	Transportar o conjunto para entrada do componente central do robot;	IT	620	04: 07: 47
				82	Com a ajuda de outro colaborador, certificar que conjunto entra centrado com a estrutura do robô, baixar conjunto de forma a	IT	252	04: 11: 59
				83	Alinhar e pousar as bases do conjunto nos suportes dos modulos; Subir ponte uns milímetros;	IT	12	04: 12: 11
				84	Colocar 2 peças para travar cilindro e, de seguida descer ponte;	IT	79	04: 13: 30
				85	Com a aparafusadora colocar parafusos e grampos, nas 4 zonas de fixação, de forma a imobilizar os montantes;	IT	366	04: 19: 36
16	Remover parafusos que ligam montante ao veio	86	Remover os dois parafusos que travam parafuso de 75 mm;	IT	131	04: 21: 47		
		87	Com o auxilio da aparafusadora de impacto remover parafuso de 75 mm;	IT	123	04: 23: 49		
		88	Retirar, com auxilio de um parafuso, a cavilha de orientação;	IT	124	04: 25: 53		
		89	Arrumar os parafusos no devido local;	IT	23	04: 26: 15		
17	Desconetar cilindros do montante	90	Com a ajuda de outro colaborador para observação do movimento, avançar o manipulo 3 e o recuar o manipulo 1; vai movime	IT	76	04: 27: 31		
		91	Tapar entradas dos montantes para não contaminar;	IT	131	04: 29: 42		
		92	Arrumar material utilizado;	ET	123	04: 31: 45		

Apêndices

5	Acoplar novos cilindros ao SRD no Robô	18	Conectar cilindros ao montante	93	Movimentar o modulo central do robo para terra (puxar alavanca 2), colocando os cilindros centrados com o carro sul e norte	IT	74	04: 32: 58
				94	Com a ajuda de outro colaborador para observação do movimento, puxar o manipul 3 e empurrar o manipul 1, que vai mov	IT	337	04: 38: 35
				95	Certificar que a face do parafuso do montante (1*) fica alinhada com a ranhura (2*) do cilindro;	IT	37	04: 39: 11
		19	Colocar parafuso que liga montante ao veio	96	Com a inserção de 2 parafusos m10, torcer o conjunto com a alavanca (1*) até centrar a cavilha com o respectivo furo; inserir c	IT	251	04: 43: 22
				97	Retirar 2 parafusos e alavanca;	IT	89	04: 44: 51
				98	Com o auxilio da aparafusadora de impacto apertar parafuso de 75 mm;	IT	50	04: 45: 41
				99	Certificar que um dos dentes da cremalheira do parafuso de 75mm está alinhado com um dos furos; colocar o parafuso de sex	IT	9	04: 45: 50
		20	Retirar montante do robô	100	Repetir os procedimentos 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 para o outro conjunto;	IT	359	04: 51: 49
				101	Movimentar a ponte de 10 ton, acoplar com o grampo a segurar (com cinta e olhal) e posicionar na base a fixar;	IT	33	04: 52: 21
				102	Apertar 2 parafusos que seguram o grampo; remover ponte, cinta e olhal;	IT	63	04: 53: 24
				103	Repetir 3.1 e 3.2 para as outras 3 zonas de fixação das bases do montante;	IT	340	04: 59: 04
				104	Remover as 2 peças que travam cilindro;	IT	46	04: 59: 50
				105	Transportar ponte de 50 ton e colocar cintas nos 4 elos de fixação;	IT	255	05: 04: 05
				106	Subir a ponte lentamente de forma a não danificar a estrutura do modulo central;	IT	197	05: 07: 22
		21	Desligar Robot	107	Posicionar o conjunto na base de trabalho, neste caso alinhar 8 barrotes com bases do montante (têm de ter mesma espessura	IT	300	05: 12: 21
				108	Empurrar o botão vermelho de forma a desligar centralina do robo;	IT	19	05: 12: 40
				109	Deconectar ligação trifásica;	ET	36	05: 13: 16
		22	Colocar eixo superior	110	Recolher cabo e arrumar no devido local;	ET	33	05: 13: 48
				111	Preparar aparafusadora de impacto (3*) e, respetiva chave (2*) e extensão (3*) para apertar os 16 parafusos;	IT	22	05: 14: 10
				112	Com a ponte de 10 ton e a cinta, transportar o eixo para a zona de acoplamento;	IT	103	05: 15: 52
				113	Alinhar o eixo com as duas zonas de acoplamento e, com recurso a um escadote e ao material da tarefa 5.1, apertar os 16 para	IT	408	05: 22: 40
				114	Baixar ponte, retirar cinta e arrumar a ponte;	IT	57	05: 23: 37
		23	Transportar travessa Mar	115	Arrumar as restantes ferramentas utilizadas;	ET	68	05: 24: 44
116	Movimentar ponte de 10 ton para zona de armazenamento das travessas e colocar 2 cintas de 10 ton apropriadas na travessa t			ET	63	05: 25: 47		
117	Centrar ponte e colocar sob tensão;			ET	29	05: 26: 15		
118	Colocar uma terceira cinta com diferencial de forma a nivelar a travessa;			E	125	05: 28: 20		
24	Inserir travessa	119	Transportar para a zona de acoplamento do montante;	ET	275	05: 32: 55		
		120	Alinhar furos da travessa com os 8 parafusos do montante;	IT	27	05: 33: 21		
		121	Movimentar a ponte no sentido dos cilindros para acoplar os dois modulos e colocar anilhas e porcas (parcialmente apertadas/	IT	278	05: 37: 59		
		122	Com a aparafusadora de impacto e a chave de encaixe de 55 mm apertar os 8 parafusos (de preferencia ir aparafusando parale	IT	109	05: 39: 47		
		123	Com a chave de bocas de 75 mm apertar ou desapertar porcas de forma a alinhar a travessa á altura requerida e nivelada hori	IT	23	05: 40: 10		

Abordagem Integrada para Melhoria do Processo de Setup de uma Nova Linha de Laminagem

6	Inserir Travessas	25	Transportar travessa Terra	124	Movimentar ponte de 10 ton para zona de armazenamento das travessas e prender 2 cintas de 10 ton apropriadas na travessa	ET	71	05: 41: 21
				125	Centrar ponte e colocar sob tensão;	ET	25	05: 41: 45
				126	Colocar uma terceira cinta com diferencial de forma a nivelar a travessa;	E	129	05: 43: 54
				127	Transportar para a zona de acoplamento do montante;	ET	245	05: 47: 58
		26	Inserir travessa	128	Alinhar furos da travessa com os 8 parafusos do montante;	IT	51	05: 48: 49
				129	Movimentar a ponte no sentido dos cilindros para acoplar os dois modulos e colocar anilhas e porcas (parcialmente apertadas/	IT	405	05: 55: 34
				130	Com a aparafusadora de impacto e a chave de encaixe de 55 mm apertar os 8 parafusos (de preferencia ir aparafusando parale	IT	110	05: 57: 24
				131	Com a chave de bocas de 75 mm apertar ou desapertar porcas de forma a alinhar a travessa á altura requerida e nivelada hori	IT	23	05: 57: 47
				132	Arrumar ferramentas utilizadas;	ET	62	05: 58: 49
		7	Inserir Guias	27	Colocar guia	133	Transportar as guias com as duas pontes de 10 ton, da zona de armazenagem para a de setup;	ET
134	Identificar a guia requerida e colocar olhais se necessário;					ET	70	06: 59: 50
135	Colocar cinta nos olhais e no gancho da ponte;					ET	29	07: 00: 18
136	Transportar a guia para a zona do respetivo gorne dos cilindros;					ET	84	07: 01: 42
137	Subir com a ponte posicionando a base da guia ligeiramente a cima da base da travessa;					ET	43	07: 02: 25
138	Oscilar a guia e, com coordenação, descer ponte (uns instantes antes do pico do movimento ascendente da guia sobre a base d					ET	82	07: 03: 46
139	Segurar a guia e trocar o posicionamento das cintas, passando a estar entre o cilindro e a travessa;					ET	49	07: 04: 35
140	Subir a ponte de forma a estabilizar a guia no devido posicionamento da travessa;					ET	24	07: 04: 59
141	Alinhar guia com o respetivo gorne;					ET	94	07: 06: 33
142	Repetir os procedimentos 1.1 a 1.8 para todas as guias do programa;			ET	6981	09: 02: 54		
28	Colocar sistema de aperto guia			143	Colocar olhal no grampo do sistema de aperto;	ET	19	09: 03: 13
				144	Movimentar grampo com auxilio da ponte rolante ;	ET	57	09: 04: 09
				145	Colocar parafuso (1*) na ranhura da travessa, e rodar de forma a trancar quando for apertado;	ET	9	09: 04: 18
				146	Posicionar o grampo alinhado com a guia a apertar;	ET	31	09: 04: 49
				147	Inserir grampo no parafuso, retirar cinta e olhal;	ET	87	09: 06: 15
		148	Colocar anilha e porca por segurança;	ET	12	09: 06: 27		
149	Alinhar guia com o gorne; verificar se o parafuso tem batentes devidamente posicionados na travessa;	ET	485	09: 14: 32				
150	Repetir os procedimentos 2.1 a 2.8 para todas as guias; (média 8:57 por guia) Com a aparafusadora de impacto e a chave de 7	ET	9000	11: 44: 32				
151	Arrumar material utilizado;	ET	64	11: 45: 36				
				152	Movimentar a ponte (de 50 ton) para lado terra;	IT	78	11: 46: 53
				153	Inserir cintas nas 4 posições de fixação;	IT	51	11: 47: 44
				154	Subir ponte na velocidade minima e confirmar se as 4 fixações estão devidamente acopladas com cinta;	IT	80	11: 49: 04

Apêndices

8	Colocar SRD no Trem	29	Colocar SRD na caixa	155	Movimentar o conjunto com velocidade mínima e de forma constante; Com auxílio de outro colaborador verificar se o conjunto	IT	881	12: 03: 45	
				156	Colocar o conjunto devidamente alinhado na base movel do trem, no lado sul relativamente aos grampos;	IT	145	12: 06: 10	
				157	Retirar cintas dos acoplamentos;	IT	38	12: 06: 48	
				158	Mover a ponte para lado mar;	IT	80	12: 08: 08	
		30	Inserir montante nos grampos	159	Certificar se as clamps (grampos) estão abertas;	IT	6	12: 08: 14	
				160	Movimentar o SRD ligeiramente para norte/sul, e com a ajuda de outro colaborador alinhar olhais da base (2*) com cilindros d	IT	61	12: 09: 15	
				161	Inserir cilindro no olhal da base (rodar sentido horário);	IT	15	12: 09: 30	
				162	Movimentar o SRD para sul até que a base do montante fique a 150 mm do limite do carro;	IT	58	12: 10: 28	
				163	Fechar as clamps (grampos);	IT	22	12: 10: 50	
				164	Na casa das máquinas, fechar o SRD, garantindo a imobilização do conjunto;	IT	56	12: 11: 46	
				165	Folgar pistões de bloqueio com pequenas movimentações SRD;	IT	56	12: 12: 42	
				166	Recuar pistões (rodar sentido anti-horário);	IT	15	12: 12: 57	
		31	Conetar cilindros nos cardans	167	Certificar se os cabos eletricos e lubrificação não estão a restringir o movimento do SRD e movimentá-lo para lado norte, ficando	IT	6	12: 13: 03	
				168	Comprimir embolo com o cilindro hidraulico (rodar sentido horário);	IT	15	12: 13: 18	
				169	Inserir moente no acoplamento (movimentar conjunto para norte até ao limite);	IT	155	12: 15: 53	
				170	Recuar pistão (rodar sentido anti-horário), sendo que o embolo entra automaticamente através da ação da mola;	IT	14	12: 16: 06	
				171	Abrir ganaxes (rodar sentido horário);	IT	14	12: 16: 20	
		32	Conetar circuito elétrico/hidraulico	172	Movimentar SRD para sul;	IT	20	12: 16: 40	
				173	No lado norte ligar dois tubos de lubrificação;	IT	70	12: 17: 50	
				174	Ligar o circuito trifásico e a sonda;	IT	93	12: 19: 23	
				175	Repetir 4.3 para lado sul (sendo que tem tem duas sondas identificadas);	IT	201	12: 22: 44	
		33	Movimentar fotocelulas	176	Do lado terra, desapertar ligeiramente os parafusos que imobilizam a braço;	IT	10	12: 22: 54	
				177	Rodar braço da fotocélula 90 graus ficando com a orientação mar/terra;	IT	20	12: 23: 14	
				178	Apertar parafusos;	IT	123	12: 25: 16	
				179	Repetir passos 5.1, 5.2 e 5.3 para lado mar;	IT	143	12: 27: 39	
		34	Verificação Segurança	180	Rodar manualmente o sistema de refrigeração do duo no sentido horário, alinhado com a linha do trem e a respetiva entrada	IT	24	12: 28: 03	
				181	Apertar 4 parafusos com chave 30 mm.	IT	49	12: 28: 52	
				182	Colocar os controlos em modo remoto, rodando a chave no sentido anti-horário (ficando em REM).	IT	26	12: 29: 18	
		Total							180
Total Tarefas Internas							120	11981,5	03: 19: 41
Percentagem interno							66,67%	27%	-
Total Tarefas Externas							60	32723,33	09: 05: 23

	Percentagem Externo	33,33%	72,79%	-
	Total Tarefas Eliminadas	2	253	00:04:13
	Percentagem Eliminadas	1,11%	0,56%	-

