



ALEXANDRE MARINHEIRO DE CAMPOS ALHEIO
Licenciado em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

MELHORIA CONTÍNUA: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

PROJETO *KAIZEN* NO FABRICO DE AEROESTRUTURAS

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL
Universidade NOVA de Lisboa
Maio, 2025

MELHORIA CONTÍNUA: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

PROJETO *KAIZEN* NO FABRICO DE AEROESTRUTURAS

ALEXANDRE MARINHEIRO DE CAMPOS ALHEIO

Licenciado em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Prof.^a Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar, NOVA FCT

Júri:

Presidente: Prof.^a Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de
Matos,
Professora Associada, FCT-NOVA

Arguente: Prof.^a Doutora Ana Paula Filipe Tomé,
Professora Auxiliar, IST ULisboa

Orientador: Prof.^a Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar, FCT-NOVA

MELHORIA CONTÍNUA: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Copyright © Alexandre Marinheiro de Campos Alheio, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À minha família, que me tem apoiado ao longo desta jornada

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, que me acolheu e formou.

Em seguida, agradeço à Professora Helena Navas, pela orientação e ajuda ao longo deste projeto.

Agradeço à OGMA, pela oportunidade de integrar numa empresa de renome para a realização do presente estudo. Em especial, agradeço à equipa do P3E por toda a assistência que me deram ao longo deste percurso, em especial à Eng.^a Susana Freitas, Eng.^o Bruno Pereira, Eng.^a Filipa Tancredo, Sr. Vítor Albuquerque e Sr. Miguel Lopes. Estendo também os meus agradecimentos aos restantes colaboradores da OGMA que assistiram no desenvolvimento do projeto, o supervisor do projeto PC-12 Eng.^o António Machado, o monitor Ricardo Oliveira e os operadores Tiago Faísca e Telmo Lawrence pela cooperação na análise e implementação de melhorias.

Por último, mas não menos importante, agradeço aos meus pais Jorge Alheio e Célia Marinheiro, ao meu irmão Gabriel Alheio e aos amigos pelo apoio incondicional que me deram ao longo da minha jornada formativa e profissional.

"Intellectual growth should commence at birth
and cease only at death." (Albert Einstein).

RESUMO

As empresas do setor aeronáutico, à semelhança de empresas de outros setores industriais, têm lidado com prazos de entrega cada vez mais curtos, falta de mão de obra qualificada, requisitos de clientes cada vez mais exigentes, entre outros fatores que levam a que as organizações sejam motivadas a melhorar os seus processos continuamente para obter vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes.

O presente estudo foi realizado na empresa OGMA S.A., uma organização focada na fabricação de material aeronáutico e na manutenção de veículos aéreos e respetivos componentes. O estudo em específico foi realizado na área de fabricação de aeroestruturas, sendo o objetivo do projeto de melhoria continua a redução do tempo de ciclo de uma estação pertencente a um processo de fabricação.

Ao longo do desenvolvimento do estudo, foram utilizadas diversas ferramentas *Lean* (*gemba walk*, análise DNA, mapeamento do fluxo de valor, gestão visual, trabalho padronizado, *poka-yoke*) assim como outras ferramentas de apoio como o *brainstorming*, a matriz de flexibilidade, e quadro SQDC.

Foram desenvolvidas várias propostas de melhoria, tendo sido dada uma ênfase na padronização do processo de fabrico que, devido à idade do programa, apresentava deficiências no que toca à documentação técnica e procedimentos de produção.

Ao longo da implementação do plano de melhoria verificou-se uma diminuição em 28% do tempo de ciclo da estação em estudo, assim como uma melhoria do estado de conservação do posto de trabalho, com vista a mitigar riscos de segurança operacional existentes, verificando-se a ocorrência de zero acidentes e incidentes desde a intervenção neste ponto.

Palavas chave: Fabricação de aeroestruturas, Melhoria Contínua, *Lean*, Análise DNA, Trabalho Padronizado, *Kaizen*

ABSTRACT

Companies in the aeronautical sector, like companies in other industrial sectors, have been dealing with increasingly shorter delivery deadlines, lack of qualified labor, increasingly demanding customer requirements, among other factors that motivate organizations to continuously improve in order to gain competitive advantage over their competitors.

This study was conducted at OGMA S.A., an organization focused on the manufacturing of aeronautical material and the maintenance of aircraft and their respective components. The specific study was carried out in aerostructure manufacturing, with the objective of the continuous improvement project being the reduction of cycle time of a station belonging to a manufacturing project.

Throughout the development of the study, various Lean tools (*gemba* walk, DNA analysis, value stream mapping, visual management, standardized work, *poka-yoke*) were used, as well as other analysis tools such as brainstorming, and visual management tools, such as the flexibility matrix and the SQDC board.

Several improvement proposals were developed, with an emphasis on standardizing the manufacturing process which, due to the age of the program, had deficiencies regarding technical documentation and production procedures.

Throughout the implementation of the improvement plan, there was a 28% decrease in the cycle time of the affected station, as well as an improvement in the state of conservation of the workstation, with a view to mitigating existing operational safety risks.

Keywords: Airplane manufacturing, Continuous Improvement, Lean, DNA analysis, Standardized Work Instructions, Kaizen

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento e Motivação.....	1
1.2	Objetivos do estudo.....	2
1.3	Metodologia do estudo.....	3
1.4	Estrutura da Dissertação	5
2	METODOLOGIAS DE APOIO A MELHORIA DE PROCESSOS.....	7
2.1	Filosofia <i>Lean</i>	7
2.1.1	Contextualização histórica	7
2.1.2	Princípios <i>Lean</i>	9
2.1.3	Transformação <i>Lean</i> da organização	10
2.1.4	Desperdícios.....	12
2.2	Ferramentas e Técnicas.....	13
2.2.1	Gestão Visual.....	13
2.2.2	Ciclo PDCA	14
2.2.3	<i>Value Stream Mapping</i>	16
2.2.4	Análise de causa raiz	19
2.2.5	Análise DNA.....	20
2.2.6	5S.....	21
2.2.7	<i>Brainstorming</i>	23
2.2.8	Diagrama de Ishikawa.....	24

2.2.9	<i>Poka-Yoke</i>	25
2.2.10	Matriz de Flexibilidade	26
2.2.11	Gráfico Temporal de Operações	27
2.2.12	Trabalho padronizado	28
3	ESTUDO DE CASO - OGMA S.A.	31
3.1	Caracterização da empresa: OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A.	31
3.2	Aplicação do <i>Lean</i> na OGMA	32
3.3	Caracterização do Projeto em Estudo	34
3.3.1	Estrutura das Áreas de Negócio	35
3.4	Identificação de área crítica	36
3.5	Identificação de problemas na área crítica	38
3.6	Propostas de melhoria	43
3.6.1	Matriz de Flexibilidade e Balanceamento de tarefas	44
3.6.2	Criação de formação específica ao posto	45
3.6.3	GTO e Quadro de Monitorização da linha	46
3.6.4	Construção de um plano para abertura de terceiro turno	47
3.6.5	Padronização de atividades e procedimentos	48
3.6.6	Inspeções da qualidade	51
3.6.7	Melhorias de segurança ocupacional	52
3.7	Monitorização do posto e da implementação de melhorias	53
3.8	Discussão de Resultados	57
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	61
4.1	Conclusões	61
4.2	Propostas de Trabalhos Futuros	63
	BIBLIOGRAFIA	65
	APÊNDICES	71
	Apêndice A - Processo de fabrico de Pilatus PC-12 no estado atual	71

Apêndice B	- Processo de fabrico de Pilatus PC-12 no estado futuro	72
Apêndice C	- Monitorização das tarefas da estação JIG.....	73
Apêndice D	- Macrotarefas do posto JIG.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Casa TPS.....	8
Figura 2.2. Quadro de gestão visual SQDC.....	14
Figura 2.3. Ciclo PDCA	15
Figura 2.4. Distinção visual entre <i>Takt Time</i> e Tempo de Ciclo.....	16
Figura 2.5. Exemplo de VSM.....	17
Figura 2.6. Análise DNA.....	21
Figura 2.7. Exemplo de um diagrama de Ishikawa.....	24
Figura 2.8. Exemplo de matriz de competências	26
Figura 2.9. Exemplo de GTO	27
Figura 3.1. Programa de Excelência da Embraer.....	32
Figura 3.2. As 7 Etapas de uma Semana <i>Kaizen</i>	34
Figura 3.3. Processo de construção dos VSMs	37
Figura 3.4. Excerto do Formulário de Observação de Tempos	38
Figura 3.5. Análise DNA.....	39
Figura 3.6. Diagrama de frequência dos desperdícios	40
Figura 3.7. Diagrama de frequência das tarefas Necessárias.....	41
Figura 3.8. Diagrama de Ishikawa para a falta de proficiência de OJTs.....	42
Figura 3.9. Exemplo demonstrativo de uma Matriz de Flexibilidade	44
Figura 3.10. Quadro GTO preenchido.....	47
Figura 3.11. Metodologia de conceção de Procedimentos Operacionais	49
Figura 3.12. Padrão utilizado para a disposição de informação	50
Figura 3.13. Mangueira danificada.....	52
Figura 3.14. Cavidade na plataforma de trabalho	52
Figura 3.15. Degrau em mau estado de conservação e sem fita sinalizadora	53

Figura 3.16. Organização em <i>shadowboard</i> das ferramentas do posto.....	53
Figura 3.17. Placares de avaliação 5S.....	54
Figura 3.18. Apresentação dos resultados da área de aeroestruturas	54
Figura 3.19. Quadro do Plano de Ações preenchido	55
Figura 3.20. Quadro de monitorização do tempo de ciclo da estação.....	56
Figura 3.21. Frequência de tarefas concluídas fora do tempo estipulado.....	56
Figura 3.22. Tempos de ciclo observados	59
Figura 3.23. Gabarito de recorte do revestimento.....	59
Figura 3.24. Ferramenta original de esboço para o recorte do revestimento.....	60
Figura 3.25. Mangueira reparada	60
Figura 3.26. Cavidade da plataforma reparada	60
Figura 3.27. Degraus reparados	60
Figura A.1. VSM do processo de fabricação do Pilatus PC-12, estado atual.....	71
Figura A.2. VSM do processo de fabricação do Pilatus PC-12, estado futuro.....	72
Figura A.3. Quadro de Monitorização de tarefas do posto.....	73

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1. Ferramentas utilizadas em cada etapa do estudo.....	4
Tabela 2.1. Símbolos usados no VSM para fluxo de material	18
Tabela 2.2. Símbolos usados no VSM para fluxo de informação	18
Tabela 2.3. Outros símbolos gerais utilizados no VSM	19
Tabela 3.1. Problemas e respectivas propostas de melhoria	43
Tabela A.1. Tabela das Macro-tarefas do posto JIG	74

SIGLAS E ACRÓNIMOS

ANAC	Autoridade Nacional de Aviação Civil
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
DNA	Desperdícios, Necessários, Agregam Valor
EASA	<i>European Union Aviation Safety Agency</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GTO	Gráfico Temporal de Operações
JIT	<i>Just-In-Time</i>
MRO	<i>Maintenance Repair and Overhaul</i>
OGMA	Oficinas Gerais de Material Aeronáutico
OJT	<i>On-The-Job Training</i>
P3E	Programa de Excelência Empresarial
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
RA	Responsável de Área
SQDC	<i>Safety, Quality, Delivery, Cost</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentado o contexto que levou ao desenvolvimento de um projeto *Kaizen*, desde o seu enquadramento e motivação. É também descrita a metodologia utilizada no desenvolvimento do presente estudo, assim como a estrutura do documento.

1.1 Enquadramento e Motivação

A indústria aeronáutica, à semelhança das restantes indústrias, tem vindo a adaptar-se às crescentes exigências por parte dos seus clientes. Um dos maiores desafios que o setor tem encontrado é a manutenção dos elevados padrões de qualidade a nível de fabrico, combinado com a pressão proveniente de clientes de redução dos tempos de entrega [1].

Estes desafios foram exacerbados pelo impacto que a pandemia do COVID-19, e as medidas de contenção adotadas pelos governos mundiais, tiveram no setor da aviação, que acabaram ter efeitos nas indústrias de fabricação de aeronaves e de MRO.

O estudo apresentado foi desenvolvido no último semestre de 2023, encontrando-se a empresa em processo de recuperação do impacto financeiro do abrandamento do setor de aviação civil nas indústrias auxiliares. A redução da atividade de MRO e das encomendas de fabricação de aeroestruturas levaram à redução da força laboral, de forma a permitir a sobrevivência da firma durante o período de carência. Esta ação levou, por sua vez, a alguns dos problemas apresentados posteriormente.

Esta pressão para a melhoria dos processos produtivos tem levado as empresas a adotar novas técnicas organizacionais e produtivas, que as assistam a manterem-se competitivas, e que lhes permitam um maior grau de flexibilidade face um ambiente volátil, incerto, complexo e ambíguo, tanto no que toca à instabilidade da procura, como à mentalidade dos clientes [2].

A emergência do *Lean* fez-se sentir em vastos setores, e o setor aeronáutico não foi uma exceção. A aplicação desta metodologia de fabrico traz benefícios palpáveis à indústria, em particular a empresas mais antigas, com metodologias tradicionais de fabrico, baseados em grande parte em sistemas *push*. A adoção desta filosofia pode levar a melhorias tanto em termos de qualidade, como em tempos de resposta às necessidades dos clientes, através da redução de tarefas sem valor acrescentado, e da procura pró-ativa de problemas nos processos de fabrico [3].

O departamento de Aeroestruturas da OGMA está responsável pelo fabrico de peças simples, subconjuntos e estruturas de várias aeronaves. Apesar do crescente foco na industrialização e padronização dos processos de fabrico, alguns dos programas presentes na OGMA apresentam um baixo grau de desenvolvimento no que toca a estes pontos. O programa Pilatus PC-12 da OGMA, que fabrica grande parte da estrutura desta aeronave, apresenta um método de manufatura fortemente artesanal que depende muito da perícia dos operadores envolvidos.

Isto, por sua vez, faz com que este programa esteja particularmente vulnerável à redução de desempenho, tanto em termos de qualidade como de quantidade, da produção na eventualidade de saída dos operadores experientes na linha. A falta de instruções de trabalho ordenadas, claras, e concisas do processo exacerbam o impacto do *turnover* de operadores, visto que dificulta a aprendizagem do ciclo de fabrico e da deteção de defeitos, diminuindo a eficiência tanto dos operadores novos, como dos mais experientes.

1.2 Objetivos do estudo

Com vista a mitigar os efeitos da saída de recursos proficientes desta área foi realizada uma "Semana *Kaizen*", um evento na OGMA na qual projetos definidos como críticos são estudados quanto à sua situação atual, são identificados problemas e desperdícios presentes nos mesmos, e são planeadas e implementadas soluções para alcançar os objetivos definidos nas mesmas.

O principal objetivo do projeto em estudo foi a redução do tempo de ciclo da estação estudada para que este se aproximasse da cadência de entregas definida pelo cliente. Um objetivo secundário, que parte da mentalidade de priorização da segurança por parte da organização, foi a identificação e solução de potenciais problemas que afetem a segurança ocupacional dos operadores na estação.

Para alcançar estes objetivos foram ponderadas ações que permitissem o aumento da qualidade da fabricação, com o efeito posterior de redução do tempo dedicado a retrabalho, e que facilitassem na formação de novos colaboradores para a função de mecânico de aeroestruturas.

De forma a facilitar a monitorização do posto, procurou-se também implementar ferramentas de gestão visual que permitissem a verificação rápida por parte dos elementos da produção e da engenharia de suporte do estado de produção de um dado lote, sendo um lote definido como um conjunto de asas, do desempenho da linha, de problemas que fossem identificados durante o processo de fabrico, e o desenvolvimento de planos de ação para os solucionar.

Estas ferramentas dão, também, visibilidade aos elementos da produção do estado de desenvolvimento ou estudo de ferramentas que possam ser implementadas na linha por forma a aumentar a qualidade ou celeridade do processo produtivo.

1.3 Metodologia do estudo

O projeto que forma a base do estudo de caso surgiu no seguimento das orientações do plano estratégico da empresa, formulado através da apresentação à comissão executiva de pontos a abordar para permitir uma melhoria nos resultados das áreas. O problema abordado e objetivos gerais do projeto foram definidos anteriormente, delineando objetivamente o ponto de situação atual e os indicadores de desempenho que seriam utilizados para a avaliação do grau de sucesso do projeto, perfazendo parte da análise necessária para a fase de caracterização do projeto.

As fases do processo podem ser divididas da seguinte maneira:

- Caracterização do Projeto - Esta primeira fase iniciou-se com a caracterização do processo de fabrico das aeroestruturas do avião em específico. Foram recolhidas informações referentes às várias etapas e estações intervenientes para melhor focar os esforços na estação crítica para a obtenção dos resultados pretendidos. Assim como estabelecidos os objetivos e indicadores de desempenho para a avaliação do sucesso do projeto.
- Identificação de Problemas - De seguida, foram identificados os problemas ou desperdícios presentes no processo que levavam ao desvio observado entre os resultados esperados e os obtidos no processo.

- Análise de Causa Raiz - Foram discutidas as causas dos desperdícios e os motivos pelas quais estas se verificam.
- Plano de Ação - As propostas de melhoria foram aqui identificadas, com vista a alcançar os objetivos estratégicos definidos pela empresa e a eliminar ao máximo as causas de desperdício identificadas anteriormente.
- Implementação e Monitorização - Foram implementadas as medidas delineadas no plano de ação, assim como ferramentas de monitorização do processo para facilitar a análise dos efeitos da implementação do mesmo.

Cada etapa recorreu a diversas ferramentas de gestão, análise, ou da filosofia *Lean*, estando estas explicitas na Tabela 1.1.:

Tabela 1.1. Ferramentas utilizadas em cada etapa do estudo

Etapas	Ferramentas
Caracterização do Projeto	Observação direta
	<i>Gemba walks</i>
	VSM
	<i>Brainstorming</i>
Identificação de Problemas	Observação direta
	<i>Gemba walks</i>
	Análise de DNA
	<i>Brainstorming</i>
Análise de Causa Raiz	<i>Brainstorming</i>
	Diagrama de Ishikawa
Desenvolvimento do Plano de ação	<i>Brainstorming</i>
Implementação e Monitorização	Matriz de Flexibilidade
	GTO
	Trabalho Padronizado
	Gestão Visual
	Indicadores de desempenho

1.4 Estrutura da Dissertação

O primeiro capítulo (Introdução) baseia-se na apresentação do projeto, assim como a descrição dos problemas e objetivos, assim como a apresentação da metodologia utilizada para os atingir.

No segundo capítulo (Revisão de Literatura), tem como objetivo sustentar teoricamente as metodologias, ferramentas e conceitos aplicados ao longo do projeto.

No terceiro capítulo (Estudo de Caso - OGMA S.A.), é realizada uma introdução da empresa, é abordado o processo de aplicação do *Lean* na empresa, com ênfase na "Semana *Kaizen*", assim como acompanhado um projeto de melhoria, sendo explicitas oportunidades de melhoria encontradas, e ações tomadas para obter o resultado pretendido.

No quarto capítulo (Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros), é feito o levantamento das principais conclusões retiradas do estudo de caso, abordando, ainda, algumas das limitações que foram ultrapassadas ao longo do projeto. Adicionalmente, são inumeradas algumas recomendações futuras para a continuidade deste trabalho.

METODOLOGIAS DE APOIO A MELHORIA DE PROCESSOS

Este capítulo apresenta a revisão da literatura, onde são revistos os principais conceitos teóricos que foram utilizados ao longo do estudo.

2.1 Filosofia *Lean*

O *Lean* é o termo utilizado para descrever a filosofia de gestão criada pela Toyota, com potencial de aplicação noutros setores produtivos. Foi popularizado no ocidente por Womack e Jones, procurando significar a falta de "gorduras" existentes nos processos como consequência da aplicação continuada da filosofia [4].

2.1.1 Contextualização histórica

Com a introdução do Modelo T de automóvel, desenvolvido pela Ford, cujo fabrico começou em 1908 [4], vieram inovações no que toca à produção industrial. A produção de automóveis era, em grande parte, feita de uma forma artesanal, o que necessitava o emprego de mão de obra extremamente qualificada, eram empregues ferramentas simples, mas flexíveis, e os produtos finais eram fortemente customizados. Este processo levava a custo elevados tanto para o fabricante como para o consumidor, algo que limitava fortemente a comercialização de produtos como automóveis de elevada complexidade como os automóveis [4].

A utilização de uma linha de montagem e de peças simples e padronizadas permitiu a Ford o fabrico e comercialização de um elevado volume de automóveis a baixo custo, devido

em grande parte tanto à diminuição da qualificação dos operários, como ao aumento da cadência de fabrico do produto [4].

Condições como a falta de capital, interno ou externo, para financiar as produções em lotes grandes, a falta de espaço para construir fábricas e armazéns capazes de suportar a mesma, e a falta de recursos naturais, levariam a Toyota a procurar métodos de fabrico que lhes permitissem eliminar excessos e desperdícios nos seus processos [5].

De forma a responder a estas condições, Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno, desenvolveram o "Toyota Productive System" (TPS), baseado nos princípios *Just-in-time* (JIT), ou seja, fabricar apenas o que é preciso, e *Jidoka*, um processo que procura responder a anomalias na produção à medida que estas ocorrem, estudando as causas raiz das mesmas [6]. Para esquematizar esta filosofia, criou-se a casa TPS, representada na figura 2.1.

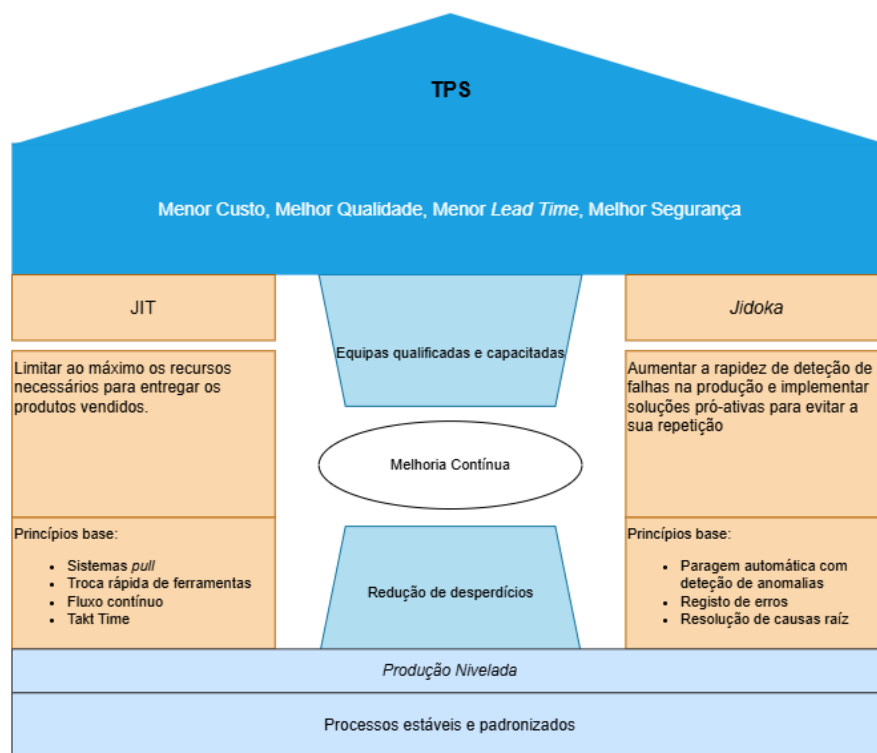


Figura 2.1. Casa TPS
Adaptado de [6]

O pilar JIT representa a estratégia geral para a produção, que deve ser planeada de forma a produzir as quantidades necessárias com a cadência necessária para atender à procura. Para atingir um estado JIT é necessária a eliminação sistemática de desperdícios na produção, recorrendo muitas vezes às diversas ferramentas do *Lean* como o TPM e o *Kanban*, que procuram a afinação dos processos através da eliminação sistemática de ineficiências no mesmo. O segundo pilar, *Jidoka*, é baseado num estado de "autonomação" [7], uma fase

intermédia entre trabalho totalmente manual e totalmente automatizado, no qual é dado aos trabalhadores a capacidade de parar e corrigir erros de produção encontrados na linha assim que estes são detetados, ao invés de os empurrar para jusante, onde estes se iriam acumular, dificultando tanto os processos de retrabalho, como a deteção e eliminação das causas raiz que originaram os defeitos [8].

A base da casa, por sua vez, assenta na estabilidade do processo. O nivelamento (*Heijunka*) e o estabelecimento de trabalho padronizado permitem a uma mais fácil análise dos desperdícios nos processos, a implementação de uma cadência de produção condutiva à eficiência e qualidade, assim como à minimização do trabalho em processo e do inventário em armazém [9].

O centro da casa foca-se na eliminação de desperdícios nos processos, através de uma filosofia de melhoria contínua e da capacitação dos recursos humanos envolvidos nos trabalhos para a sugestão e implementação de modificações benéficas [9].

2.1.2 Princípios *Lean*

O foco na eliminação dos desperdícios e em melhoria contínua dos processos produtivos têm-se provado fundamentais para o desenvolvimento das organizações. Os principais princípios do *Lean*, herdados do TPS, são [10]:

- Identificar Valor - Compreender a perspetiva do cliente no que toca ao valor, ou seja, identificar por que produtos e serviços estes estão dispostos a pagar.
- Cadeia de Valor - A cadeia de valor são todas as ações necessárias para entregar o produto ao cliente. Esta deve ser mapeada de forma a identificar possíveis desperdícios e gargalos nos processos.
- Fluxo Contínuo - Eliminando os desperdícios, deve-se assegurar que os processos produtivos têm um fluxo contínuo entre si, sem interrupções ou atrasos desnecessários.
- Sistema *Pull* - Adotar um sistema de produção com base na procura real do cliente, tanto externo como interno, evitando a sobreprodução e respondendo sempre às necessidades.
- Perfeição - Promover um sistema e cultura focado na melhoria contínua. Deve-se fomentar um ambiente no qual todos os colaboradores da organização procuram e sugerem alterações aos processos de forma a atingir a excelência operacional. O objetivo é entregar o que o cliente procura, com a qualidade necessária e no momento correto.

Apesar da aplicação dos cinco princípios *Lean* apresentados aparente ser simples prática, muitas organizações continuam a debater a implementação desta filosofia no seio da sua organização. Segundo [11], uma grande proporção das empresas de tamanho pequeno e médio estudadas adotou algumas práticas *Lean*, mas apenas cerca de 20% implementaram uma abordagem *Lean* abrangente a toda a organização. O estudo relata, também, que as empresas que implementaram práticas *Lean* de uma forma mais completa e integral apontam para melhorias significativas em termos de produtividade, qualidade e redução de custos operacionais.

2.1.3 Transformação *Lean* da organização

Embora o *Lean* seja cada vez mais utilizado na indústria em geral e a maioria dos seus conceitos tenham sido disseminados fortemente desde a década de 90, vários estudos apontam que a realização da transformação não é uma tarefa fácil para as empresas. As principais barreiras encontradas para uma implementação bem-sucedida da filosofia nas organizações passam por falta de formação adequada, resistência à mudança tanto por parte dos colaboradores como da administração, falta de recursos, tanto financeiros como humanos e pela complexidade da transformação de uma organização tradicional numa organização *Lean*.

2.1.3.1 Falta de formação adequada

A transição *Lean* é um obstáculo complexo que faz uso de diferentes ferramentas e metodologias, o que, por sua vez, requer colaboradores preparados [12]. Uma formação adequada nas diversas ferramentas leva a que os colaboradores percebam a forma como o seu trabalho afeta todo o processo. Para além disto, permite que os colaboradores tenham ao seu dispor as aptidões necessárias para avaliar e resolver constrangimentos que possam surgir ao longo da aplicação da metodologia.

Com o intuito de cultivar o pensamento de mudança, as organizações devem procurar a construção de uma equipa de formação com conhecimento adequado, permitindo a liderança do processo de transformação [12].

2.1.3.2 Resistência à mudança por parte dos elementos da organização

A gestão de topo tem um papel fundamental na capacidade de liderar e motivar as equipas de trabalho. A participação dos membros da direção executiva e de gestão intermédia é um fator crítico no processo de transformação da organização. Deve, portanto, partir da

gerência o impulso para a modernização dos processos da empresa, devendo a mesma garantir a disseminação da cultura pelos trabalhadores da organização, através de ações de formação, e estimular o interesse ativo de todos no processo de mudança [13]. Ainda assim, os níveis de investimento, tanto em termos de tempo como de recursos financeiros, podem levar a uma avaliação pouco atrativa por parte da gerência à mudança. É essencial que os gerentes tenham a abertura necessária para a aplicação de recursos num prazo curto para obterem potenciais melhorias a médio e a longo prazo.

Os colaboradores são fulcrais na mudança de paradigma no seio das suas organizações. A disponibilidade dos colaboradores para resolver os problemas que possam ocorrer no seu local de trabalho, a sua resistência a serem treinados em métodos novos e a falta de reconhecimento do seu trabalho pela gestão de topo podem colocar entraves na implementação bem-sucedida da filosofia *Lean* [13]. É da responsabilidade da gerência facultar a formação e os instrumentos de apoio necessários para que os trabalhadores se sintam motivados para implementarem as mudanças de base exigidas pela transformação *Lean* [13].

2.1.3.3 Complexidade da transformação *Lean*

A filosofia *Lean* teve origem na indústria automóvel, fortemente caracterizada por um sistema de produção contínuo, dividido em postos de trabalho bem definidos e nos quais são realizadas tarefas simples e altamente repetitivas. A complexidade da implementação da filosofia em organizações com processos produtivos diferentes ao da realidade na indústria automóvel tem a aumentar quando mais díspares forem as condições fundamentais do trabalho em questão [14].

Ainda assim, nas últimas décadas temos assistido a implementação do *Lean* em ambientes dissemelhantes ao da indústria automóvel, incluindo no setor dos serviços, o que por si prova uma disponibilidade por parte das diversas organizações que têm movido os seus processos para serem mais *Lean* a investirem e implementarem adaptações da metodologia aos seus ramos em específico [14].

2.1.3.4 Barreiras culturais

A implementação e manutenção da cultura *Lean* no seio de uma organização requer uma mudança considerável no comportamento e nas atitudes de todos os colaboradores [15]. Para além da introdução de formações *Lean*, para atingir esta mudança é necessário que os colaboradores abandonem a sua zona de conforto e alterem a forma como se relacionam entre si e com o seu espaço de trabalho, estando dispostos a alterar fundamentalmente a

forma como realização as suas funções e como se organizam para alcançar os objetivos organizacionais [15].

2.1.4 Desperdícios

Desperdício é toda e qualquer tarefa que não acrescente valor ao produto, do ponto de vista do cliente. A eliminação dos desperdícios é essencial à melhoria dos processos, à redução dos custos e ao aumento da agregação de valor para o cliente [16]. Taiichi Ohno definiu sete tipos de desperdício [8]:

- Sobreprodução - Fornecer produtos, serviços ou informação em excesso ou mais cedo do que o necessário.
- Espera - Atrasos ou tempo parado no processo, como espera por materiais, inspeções, aprovações, informação ou equipamento.
- Movimentação - Movimentos físicos desnecessários por parte dos trabalhadores devido a postos de trabalho mal concebidos.
- Inventário - Excesso de inventário de matéria-prima, produto intermédio, produto não acabado ou produto final.
- Transporte - Movimento desnecessário de material, produto ou informação.
- Sobre processamento - Utilizar mais tarefas do que o necessário para fabricar um dado produto.
- Defeitos - Material, ferramentas ou produtos defeituosos, que atrasam o processo produtivo e envolvem custos adicionais.

A sobreprodução contempla toda a produção realizada antes de haver efetivamente uma procura pelo material em questão, quer seja internamente, ou seja, quando um produto é produzido antes de ser necessário em passos posteriores, quer externamente, quando é produzido antes que haja pedido externo, como por exemplo produzir inventário excessivo de forma a combater possíveis alterações na procura.

A espera contempla interrupções nos processos produtivos devido a falta, ou atraso, no fornecimento de material ou informação. Pode também ser provocada por falhas no balanceamento das linhas produtivas, quando estações a jusante demonstram falta de capacidade para puxar o material que uma estação consegue fornecer continuamente. É, portanto, uma eficiência no processo, que leva a tempo ocioso numa dada estação.

A movimentação representa todos os movimentos realizados por um dado trabalhador na sua estação que não acrescentam valor ao produto. A causa raiz mais comum para este tipo

de desperdício é uma concepção do posto de trabalho ineficaz, na qual o trabalhador necessita de se movimentar para aceder a ferramentas ou materiais necessários para o processo.

O desperdício de inventário é definido pela acumulação excessiva de material ou informação. A acumulação de material é, normalmente, provocada por previsões de procura incorretas ou inadequadas, e é um resultado natural da sobreprodução. O aumento de material em inventário leva a um aumento de custos para empresas que apresentam este tipo de desperdício, tanto em termos de capital preso em *stock* como de capacidade de armazenamento.

Transporte, em semelhança à movimentação, deve-se principalmente à concepção ineficiente, mas neste caso, dos postos de trabalho numa dada linha de produção. Este ocorre quando o trabalhador se desloca desnecessariamente, sem acrescentar valor ao produto, e tende a aumentar o tempo de produção.

Sobre processamento refere-se à existência de operações redundantes, que não acrescentam valor para o cliente, ou de excesso de qualidade, ou seja, características no produto que não são procuradas, mas que são, no entanto, adicionadas sem razão aparente.

Por último, defeitos correspondem a falhas em produtos causados por não qualidade, cuja correção leva a um acréscimo de custo.

Para além dos 7 desperdícios tradicionais delineados por Ohno, começou-se também a admitir um oitavo desperdício: potencial humano não aproveitado, isto é, ignorar o conhecimento e a experiência adquirida pelos trabalhadores que pode ser aplicada no processo de desenvolvimento dos processos [6], [10].

2.2 Ferramentas e Técnicas

A produção *Lean* tem ao seu dispor uma série de técnicas e ferramentas que podem potenciar uma melhoria de desempenho de uma organização. A correta aplicação das mesmas em conjunto com outras técnicas e ferramentas de gestão, tende a provocar melhorias nos processos produtivos e administrativos das empresas.

2.2.1 Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta usada para dispor informações relevantes de maneira clara e explícita. A sua aplicação tem como intuito realçar características pertinentes para o processo em questão, de forma que estas sejam visíveis sem necessidade de uma análise mais reforçada. É importante para a disseminação rápida de informação numa equipa, mapeando,

normalmente, indicadores de desempenho, assim como problemas encontrados durante processos produtivos, o que assiste na monitorização em tempo real das atividades, na resolução de problemas que possam ocorrer nos períodos normais de fabricação, e na eliminação sistemática de desperdícios no processo [17]. Na figura 2.2 está representado um exemplo de um quadro SQDC (*Safety, Quality, Delivery, Costs*), uma ferramenta de gestão visual comumente utilizada para comunicar o desempenho de uma área ou processo em 4 características essenciais.



Figura 2.2. Quadro de gestão visual SQDC

Adaptado de [18]

A aplicação desta ferramenta em específico impõe a realização de reuniões periódicas e frequentes com as diversas equipas de trabalho, ao longo de toda a cadeia de comando, para que sejam claramente disseminados os resultados operacionais de cada área e para que as equipas ou áreas alvo de avaliação estejam cientes dos indicadores de desempenho que são aplicados ao seu trabalho [18].

2.2.2 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) é uma metodologia de melhoria continua que promove a observação continuada dos processos de forma a corrigir potenciais problemas e a garantir que as soluções aplicadas são sustentadas ao longo do tempo. As quatro etapas para a sua aplicação são [19]:

- *Plan* - Este passo envolve a identificação e análise do problema, o desenvolvimento de potenciais soluções, e o planeamento das suas implementações.
- *Do* - Implementar as medidas de melhorias acordadas no plano de ações. O envolvimento dos colaboradores da área ou processo afetado é essencial para a sustentação das melhorias.
- *Check* - Verificar se as ações foram corretamente implementadas, e se os resultados obtidos são coerentes com os resultados esperados das ações.
- *Act* - Tomar ações de acordo com a informação obtida nas etapas anteriores, ajustando as soluções encontradas inicialmente para obter uma melhor aproximação dos resultados pretendidos. Durante esta fase deve-se também recorrer à padronização geral dos processos no seu estado atual, de forma a construir uma base sólida para a sustentação dos resultados e para o recomeço do ciclo.

A figura 2.3. apresenta uma sistematização do ciclo PDCA.

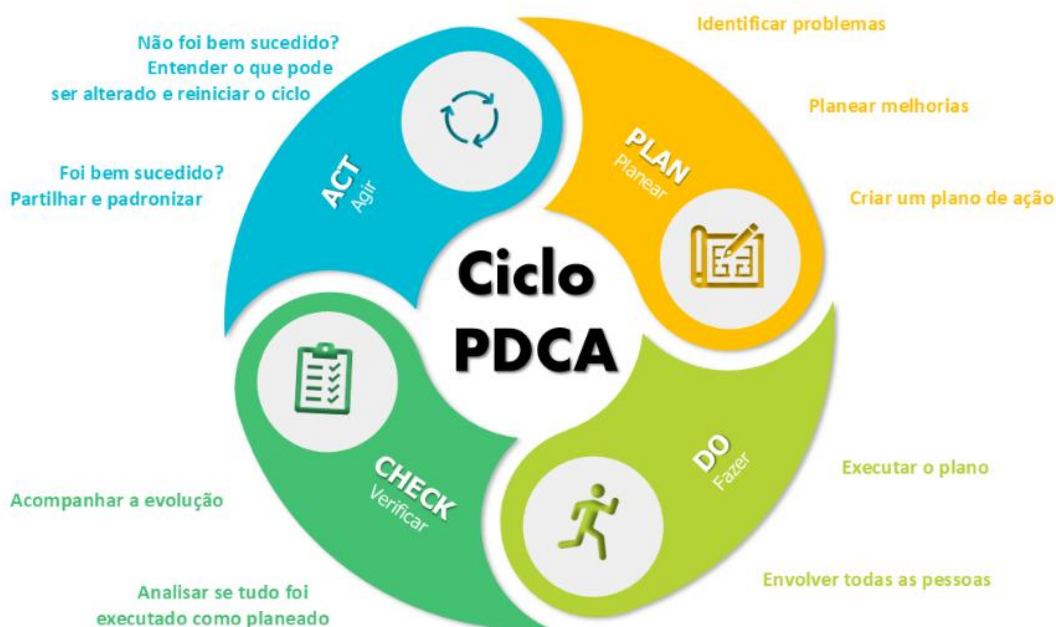


Figura 2.3. Ciclo PDCA
Adaptado de [20]

2.2.3 Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma representação visual dos processos envolvidos na produção de um produto ou na prestação de um serviço, desde o início até à entrega ao cliente final. Tem como intuito assistir na identificação de desperdícios, gargalos e oportunidades de melhoria num processo produtivo, realçando os passos que acrescentam ou não valor para o consumidor [21].

A conceção do VSM depende da compreensão de alguns conceitos do *Lean* [22]:

- *Takt Time*, ou seja, a cadencia de produção necessária para a entrega atempada dos produtos aos clientes. O *takt time* é definido como o tempo máximo que um processo pode ocupar para que seja cumprido o prazo acordado entre o cliente e o fornecedor. É calculado através da razão entre a procura definida pelo cliente e o tempo disponível de produção do bem ou serviço. É normalmente comparado com o tempo de ciclo, o tempo necessário para a conclusão de um determinado processo ou tarefa, pois diferença entre o tempo de ciclo e o *takt time* normalmente apontam ou para desperdícios no processo, no caso em que o tempo de ciclo é substancialmente menor que o *takt time* pode levar à sobreprodução, ou a deficiência na capacidade de produção, quando o tempo de ciclo é superior ao *takt time*. A figura 2.4. é ilustrativa destes conceitos, no qual um dado processo requer 5 tarefas executadas consecutivamente em 5 estações de trabalho diferentes.

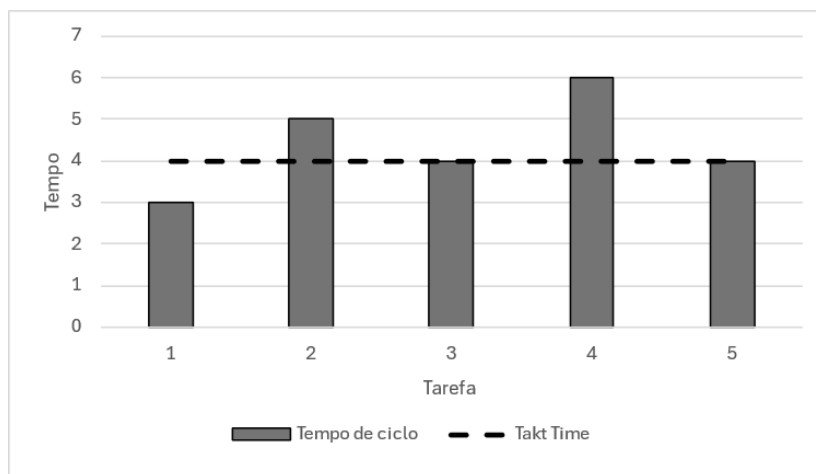


Figura 2.4. Distinção visual entre *Takt Time* e Tempo de Ciclo

Adaptado de [22]

Conforme se consegue visualizar, o tempo de ciclo necessário para que o processo fosse concluído de forma a satisfazer a procura seria de 4 em cada tarefa. A tarefa 1 apresenta um tempo de ciclo menor, o que poderá levar a que o executante desta tarefa "empurre" produto intermédio para a estação seguinte, ou que tenha tempo ocioso devido a esperar que a mesma

termine a sua própria tarefa, levando a desperdício ou por sobreprodução ou por espera. Por sua vez, as tarefas 2 e 4 demoram mais tempo a serem concluídas do que o necessário, o que levará a uma cadencia de produção da linha igual à estação com maior tempo de ciclo, neste caso a 4.

- Processos *Pull*, ou seja, cada processo é iniciado quando à sinal do ponto seguinte de que este é necessário. A produção de um produto não deve ser começada até que haja procura pelo mesmo. A implementação de um sistema *pull*, ou puxado, previne a sobreprodução e evita a acumulação de inventário visto que cada processo é realizado apenas quando necessário e quando termina é imediatamente enviado ao seu requisitante, não sendo necessário esperar por um cliente para o produto.
- Fluxo contínuo implica a produção de uma peça de cada vez, minimizando o inventário de produtos intermédios, e alinhando a produção com a procura real.

A aplicação desta metodologia depende de seguir os seguintes passos [23]:

- Identificar o processo ou produto em que devem ser implementadas melhorias.
- Desenhar uma representação do estado atual.
- Desenhar uma representação do estado futuro.
- Elaborar um plano de ação para alcançar o estado futuro.

Um exemplo ilustrativo desta ferramenta pode ser visualizado na figura 2.5:

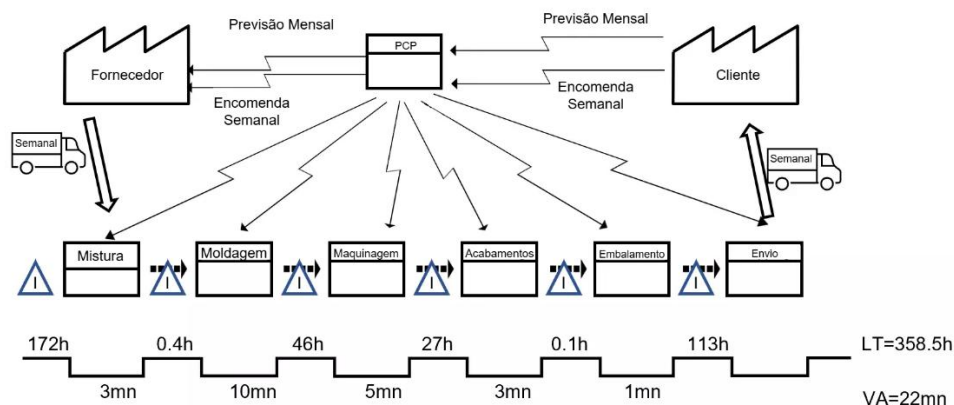


Figura 2.5. Exemplo de VSM

Adaptado de [24]

O VSM é um diagrama que deve ser de fácil interpretação por qualquer membro da organização, nas tabelas 2.1. a 2.3. apresentam os símbolos utilizados para a elaboração dos VSMs.

Tabela 2.1. Símbolos usados no VSM para fluxo de material

Adaptado de [24]

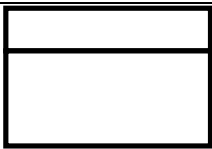
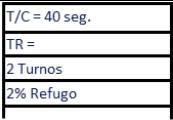
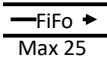
Símbolos de Fluxo de Material	
Símbolo	Descrição
	Caixa de processo - equivale a uma área, etapa, tarefa, ou processo do fluxo.
	Fontes externas - Usado para mostrar clientes, fornecedores e processos de produção externos.
	Caixa de dados - Usada para registar informações relativas a processos de produção.
	Entrega Externa - Representa a entrega de matérias-primas por parte do fornecedor ou entrega de produtos ao cliente.
	Seta <i>Push</i> - Quando o produto é "forçado" a movimentar-se para o posto de trabalho seguinte sem ter em consideração a procura nesse mesmo posto.
	Entrega ao Cliente - O fluxo de trabalho concluído que é entregue ao cliente é demonstrado com uma seta deste tipo.
	Sistema <i>First In-First Out</i> - O limite máximo da entrada deverá estar escrito abaixo da linha.

Tabela 2.2. Símbolos usados no VSM para fluxo de informação

Adaptado de [24]

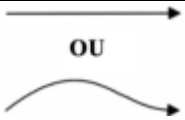
Símbolos de Fluxo de Informação	
Símbolo	Descrição
	Comunicação Manual - O fluxo de informações através de lembretes, relatórios ou conversas.
	Comunicação Eletrónica - Representação de trocas de dados em formato eletrónico.
	<i>Go and See</i> - Representa que a informação é recolhida através da observação, por exemplo, quando um supervisor toma uma decisão de produção depois de verificar visualmente o inventário.

Tabela 2.3. Outros símbolos gerais utilizados no VSM

Adaptado de [24]

Símbolos de Gerais	
Símbolo	Descrição
	Colaborador - Este símbolo é utilizado para mostrar onde os operadores estão realmente localizados quando o processo é mapeado.
	<i>Necessidade de Kaizen</i> - Destaca as áreas problemáticas ao longo do processo. Representa a urgência de resolver um problema.

2.2.4 Análise de causa raiz

A análise das causas raiz é um processo que permite às empresas atacar um problema ou defeito pela sua origem, evitando tratamentos paliativos que disfarçam os desperdícios, e permite o aumento da fiabilidade, segurança e qualidade dos processos produtivos através da eliminação dos fatores que levam a falta destes [25].

Algumas das ferramentas de análise mais comumente utilizadas são [26]:

- Os 5 Porquês - Técnica que consiste em perguntar "porquê?" repetidamente até chegar à causa fundamental. Apresenta este nome pois geralmente após a repetição da pergunta 5 vezes é alcançada a causa raiz.
- Diagrama de Ishikawa - Também conhecido como diagrama de causa e efeito, esta ferramenta organiza visualmente as possíveis causas de um problema.
- Diagrama de Pareto - Este diagrama, baseado no princípio 80/20, ou seja, que 80% dos problemas ou falhas são causados por 20% das causas, permite identificar problemas que geram uma maior proporção dos defeitos, permitindo, por sua vez, o foco nas causas mais danosas.
- Análise de Árvore de Falhas - Método dedutivo que parte de um evento indesejado no qual se procura mapear as relações lógicas entre falhas.
- Análise de Modo e Efeito de Falha - Método que procura a identificação de potenciais pontos de falha, e os prioriza baseados no nível de risco identificado.

Estes são apenas alguns dos métodos e ferramentas que podem ser utilizados para a identificação de falhas. Os dois primeiros tendem a ser mais facilmente aplicáveis devido à sua relativa simplicidade, e podem ser utilizados em situações onde a recolha de dados

quantitativos seja mais difícil ou pouco desejada. Os últimos três geralmente requerem uma maior recolha de dados acerca dos processos estudados, assim como um maior grau de perícia nos processos estudados para serem aplicados de forma eficaz.

2.2.5 Análise DNA

A análise DNA refere-se à examinação sistemática de um processo com o intuito de assistir na identificação de desperdícios inerentes ao processo. O seu nome provém dos componentes normalmente analisados: D (desperdícios), tarefas que não agregam valor ao produto final, e são consideradas necessárias para o processo em geral; N (necessárias), tarefas que, apesar de necessárias para o processo, não agregam valor ao produto; A (agregam), tarefas que têm impacto direto no valor acrescentado do produto final [27].

Os passos essenciais para uma aplicação bem-sucedida desta metodologia são [28]:

- Mapeamento do processo - Documentar todas as atividades e processos que estejam envolvidos na criação de valor de um produto;
- Identificar atividades de valor acrescentado - Estas são as atividades e processos que asseguram a geração de valor para o cliente, satisfazendo as suas necessidades;
- Identificar atividades que não agregam valor - Atividades que, ao contrário das explícitas anteriormente, não são diretamente valorizadas pelo cliente final;
- Classificar as atividades que não agregam valor - Mesmo que não agreguem valor para o cliente, as atividades realizadas durante um processo produtivo podem ser consideradas necessárias, mesmo que sujeitas a melhorias. Alguns exemplos são inspeções, segurança, documentação, rastreabilidade. Em contraste, os desperdícios devem ser eliminados, as atividades que os apresentam podem ser classificadas com pelo menos um dos *muda* apresentados anteriormente.
- Analisar as causas raiz - Os desperdícios não nascem num vácuo e, geralmente, são provocados por causas tanto intrínsecas como extrínsecas aos processos. É necessário identificar as causas raiz que levaram ao desperdício para garantir a sua eliminação permanente.
- Implementar melhorias - Os passos anteriores devem resultar num plano de ação, no qual estarão explícitas as medidas recomendadas para a melhoria do processo. O desenvolvimento do plano deve integrar elementos de todas as

partes envolvidas no processo a melhorar, de forma a garantir a sua exequibilidade.

- Acompanhar melhorias - Para determinar a eficácia do plano implementado, as melhorias necessitam de ser acompanhadas. A falta de inclusão das áreas afetadas pelo plano, ou uma deficiência no acompanhamento da sua aplicação podem resultar numa implementação insuficiente das ações de melhoria, potenciando tanto a não eliminação dos desperdícios existentes, como a possível exacerbação dos desperdícios já identificados.

Um diagrama de Pareto pode ser aplicado durante a análise dos problemas identificados para permitir a priorização de ação sobre atividades que se revelem com um maior grau de impacto no processo, permitindo assim uma redução mais eficaz dos tempos associados tanto a desperdícios como a atividades classificadas como necessárias. O objetivo desta ferramenta não é necessariamente aumentar o tempo dedicado a atividades que acrescentem valor, mas sim reduzir a proporção de atividades que não o fazem. A figura 2.6. ilustra os principais objetivos deste tipo de análise.

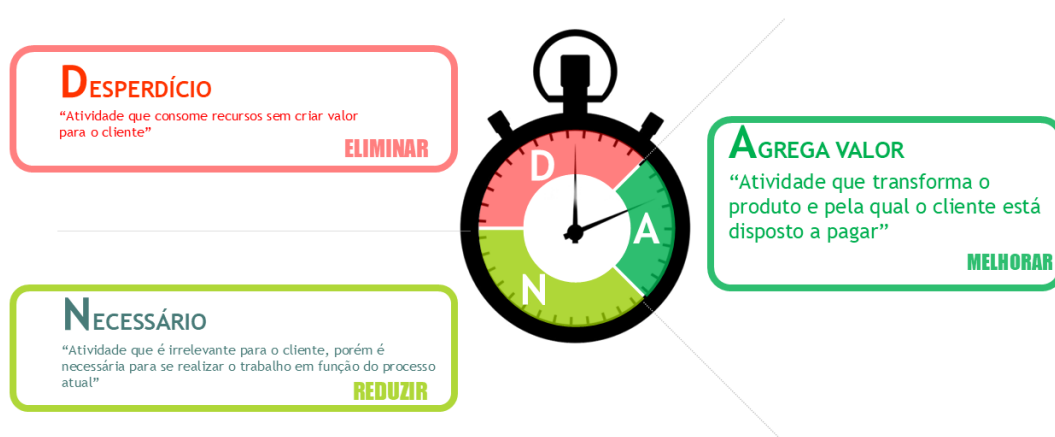


Figura 2.6. Análise DNA
Adaptado de [29]

2.2.6 5S

O 5S é uma ferramenta que permite melhorias em termos de produtividade, qualidade e segurança dos postos de trabalho através da sua organização e padronização. O seu nome deriva das 5 palavras japonesas que compõem os passos necessários para a sua implementação [30]:

- *Seiri* (arrumar) - Identificar todos os objetos presentes no espaço, de forma a melhor segregar o que é necessário do que não é necessário para as tarefas. Após a identificação dos itens essenciais, são removidas todas as ferramentas e outros objetos que se considerem desnecessários e que acabam por provocar ineficiências e desperdícios no processo.
- *Seiton* (organizar) - Após a remoção de itens desnecessários, procede-se a organização dos itens remanescentes, com uma disposição que maximize a sua eficiência de utilização. Este passo envolve a criação de espaços designados para a armazenagem de ferramentas e a sua etiquetagem, de forma a aumentar a facilidade de utilização e sustentação.
- *Seiso* (limpar) - Depois do espaço estar organizado e sem utilidades desnecessárias, procede-se à limpeza do espaço. A limpeza pode ajudar a limitar riscos de segurança, facilitar na deteção de falhas nos produtos ou de avarias e fugas nos equipamentos. É importante a criação de rotinas de limpeza que assegurem a sustentação do nível de limpeza adquirido com a implementação inicial destes passos.
- *Seiketsu* (padronizar) - A padronização envolve o estabelecimento e manutenção de procedimentos que visem a arrumação, organização e limpeza do espaço. Esta padronização tem como objetivo facilitar a sustentação das mudanças e medidas aplicadas anteriormente. São frequentemente utilizadas ferramentas de gestão visual, como *checklists* e sinalização que permitam à supervisão determinar se as medidas implementadas estão a ser seguidas.
- *Shitsuke* (criar disciplina) - Esta etapa consiste na sustentação das medidas implementadas através da promoção de uma cultura de melhoria continua e disciplina. Ações de formação e auditorias podem assegurar que as práticas 5S são eficazmente absorvidas nas rotinas diárias dos trabalhadores, criando uma cultura de posse e responsabilização por parte dos trabalhadores do espaço e ferramentas que utilizam.

A aplicação desta ferramenta pode traduzir-se em melhorias num processo produtivo através da redução do tempo de troca de ferramentas, de operação, da melhoria da ergonomia do posto de trabalho e da segurança ocupacional no mesmo através da eliminação de ferramentas desnecessárias [31].

2.2.7 *Brainstorming*

Brainstorming é uma técnica usada para gerar ideias com o intuito de solucionar problemas ou explorar novos conceitos através do incentivo à expressão de ideias num ambiente aberto e recetivo [32]. O processo começa pela reunião de uma equipa diversa, tanto em termos de conhecimentos como de responsabilidades e funções, para a discussão de ideias sem medo de critica ou julgamentos de valor, permitindo assim que todos os membros do grupo se sintam capacitados para expressar livremente as suas opiniões.

Os princípios base do *brainstorming* são [33]:

- Quantidade ao invés de qualidade - É essencial gerar o maior número de ideias possíveis, para obter uma boa base de comparação.
- Encorajar criatividade - Ideias arrojadas podem muitas vezes levar a um resultado melhor e mais inovador do que ideias conservadoras.
- Evitar criticar - A primeira fase do processo consiste numa recolha diversa de ideias, deve evitar-se criticar uma ideia sem ouvir a explicação, de forma a manter uma atmosfera aberta e inclusiva.
- Contruir sobre ideias anteriores - Os colaboradores devem ser encorajados a contruir e combinar ideias de forma a chegar a ações mais completas e eficazes para os problemas a resolver.

Um processo de *brainstorming* pode ser dividido em quatro fases distintas [34]:

- Preparação da equipa - Nesta fase define-se o problema encontrado ou objetivo a ser alcançado. Procura-se a formação de um grupo diverso de participantes, de forma a aumentar a capacidade do grupo de desenvolver ideias e de posteriormente as avaliar com uma perspetiva mais abrangente.
- Geração de ideias - Cada membro da equipa de trabalho procura gerar o maior número de ideias possível para resolver o problema em questão.
- Análise e filtragem - As ideias geradas são discutidas mais aprofundadamente. Devem-se estabelecer critérios de escolha, como a avaliação da viabilidade ou impacto da aplicação das ideias.
- Seleção de ideias - Aplicando os critérios criados anteriormente, a equipa escolhe as opções mais promissoras para desenvolvimento posterior. Nesta fase procura-se detalhar as ideias finalistas, a atribuição de responsáveis para a execução das mesmas e o possível desenvolvimento de um plano de ação concreto para atingir os objetivos delineados no início do exercício.

2.2.8 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, apresentado na figura 2.7, também chamado de "espinha-de-peixe" devido à sua apresentação, no qual são apresentadas diversas causas, agrupadas comumente em 5 categorias, também conhecidas como os 5Ms [35]:

- Homem (*Man*) - Fatores humanos que podem contribuir para o problema identificado, como por exemplo a formação e capacidades dos trabalhadores, tanto físicas como mentais, ou o erro humano.
- Máquina - Equipamento ou ferramentas que podem provocar os defeitos encontrados.
- Materiais - Matérias primas, componentes ou informação que possam contribuir para resultados indesejados.
- Método - Processos, procedimentos ou técnicas inadequadas para alcançar a conformidade durante a produção.
- Meio ambiente - Fatores ambientais que podem influenciar de forma negativa o trabalho dos colaboradores, como temperatura, humidade, ruído.

O formato do diagrama ajuda a identificar os fatores que contribuem para o efeito em estudo, que por sua vez assiste na identificação de soluções e no *brainstorming* de cada categoria [35].

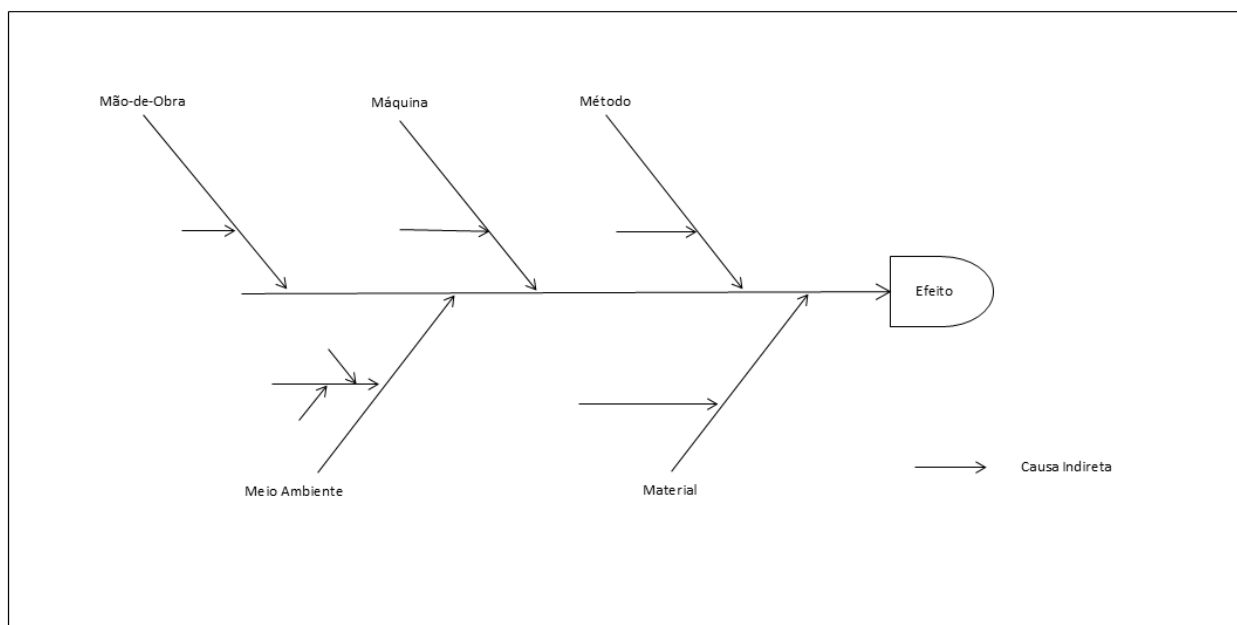


Figura 2.7. Exemplo de um diagrama de Ishikawa
Adaptado de [35]

2.2.9 *Poka-Yoke*

O termo *Poka-Yoke* provem do termo japonês para "à prova de erros", é uma ferramenta que procura a eliminação de desperdícios através da eliminação de eventos que os possam provocar. É caracterizado pela utilização de mecanismos de prevenção ou, quando estes se mostram impossíveis ou impraticáveis, de deteção de erros na produção, normalmente através da restrição de comportamentos que possam induzir o mesmo, ou no caso de *poka-yokes* de deteção, de mecanismos que permitam a rápida identificação de erros cometidos para que ações corretivas possam decorrer [36].

As ações necessárias para o desenvolvimento de um sistema de prevenção de erros são [36]:

- Identificação do problema ou processo a intervencionar.
- Análise de causa raiz.
- Escolha do tipo de solução.
- Construção do sistema de prevenção.
- Teste.
- Implementação e manutenção do sistema.

O processo começa pela determinação do processo ou tarefa no qual se irá aplicar uma possível ferramenta, e na utilização de ferramentas de análise de causa raiz, como o diagrama de Ishikawa ou *brainstorming*, para determinar a forma como um erro poderá ocorrer.

Como dito anteriormente, um *poka-yoke* pode ser à base de prevenção do erro, impedindo que este ocorra, ou de deteção, assegurando que o erro é devidamente identificado e retrabalhado.

A construção do sistema de prevenção depende do problema potencial, assim como restrições físicas ou financeiras que possam existir no processo. Para tal podem-se identificar 3 métodos [36]:

- Método de contacto - deteta atributos físicos, como cor, formato ou tamanho.
- Método de valor fixo - assegura que um número específico de passos ou componentes são utilizados no processo.
- Método passo-a-passo - assegura que é seguido um processo determinado de uma forma pré-definida.

Alguns exemplos para os diferentes métodos são guias físicos ou gabaritos, para o primeiro método, utilização de sensores e alarmes, para o segundo, ou de listas de verificação, físicas ou em meio informático, para o último.

O teste de qualquer sistema implementado é crucial para verificar que o *poka-yoke* funciona de forma eficaz para evitar a presença de erros. Após se verificar sucesso nos testes, a ferramenta deverá ser aplicada no processo, assegurando a padronização das tarefas afetadas através da difusão pela força laboral da documentação reformulada.

Por último, é necessário a verificação de que a nova ferramenta de deteção de erros é efetivamente utilizada pelos trabalhadores.

2.2.10 Matriz de Flexibilidade

Uma matriz de flexibilidade, também chamada de matriz de competências, é uma ferramenta de gestão visual de recursos humanos, na qual são mapeadas as competências e a proficiência de cada trabalhador, permitindo a rápida perceção e análise dos pontos fortes e fracos de cada colaborador e facilitando a gestão dos recursos existentes através da distribuição de tarefas, no planeamento de ações de formação e do acompanhamento necessário para a evolução de uma dada equipa na execução das tarefas necessárias [37].

Na figura 2.8 apresenta-se um exemplo de uma matriz de competências utilizada para a avaliação da proficiência de cada colaborador em cada uma de 4 competências.

Funcionário	Competências				
	Competência 1	Competência 2	Competência 3	Competência 4	Total
A	4	4	4	4	16
B	1	1	1	1	4
C	3	2	2	3	10
D	4	3	2	1	10
4 = Alta proficiência - Realiza tarefa de forma independente					
3 = Alguma proficiência - Necessita de suporte ocasional					
2 = Baixa Proficiência - Necessita de apoio contínuo					
1 = Sem proficiência - Necessita de formação e apoio contínuo para executar tarefa					

Figura 2.8. Exemplo de matriz de competências
Adaptado de [37]

Esta matriz permite a identificação de trabalhadores que necessitem de formação em áreas específicas, ou que possivelmente se encontrem capacitados para realizar tarefas para as quais não são atualmente utilizados.

Para o caso de trabalhos que necessitem de formação específica ao posto que seja dada por colaboradores com maior experiência é, também, possível identificar com maior facilidade quais os trabalhadores mais qualificados para esta tarefa.

2.2.11 Gráfico Temporal de Operações

Um gráfico temporal de operações delinea e divide as tarefas necessárias para a conclusão de um projeto tanto no tempo, como pelos diversos intervenientes no processo. É uma ferramenta utilizada na empresa estudada que partilha alguns paralelismos com um gráfico de Gantt e com *Flow Shop Scheduling*, adaptado às necessidades da organização e dos seus postos de trabalho [38].

É utilizado para a gestão visual em tempo real, ou em intervalos de atualização curtos, que permite a um supervisor determinar o estado do processo atual, quando comparado com o projetado para o mesmo.

Permite a identificação de tarefas ou operadores que levam sistematicamente a atrasos de produção, ou por complexidade mais elevada do que o previsto anteriormente, ou por falta de experiência ou formação na mesma por parte de um dado colaborador [39].

Na figura 2.9 encontra-se representado um exemplo de um gráfico temporal de operações.

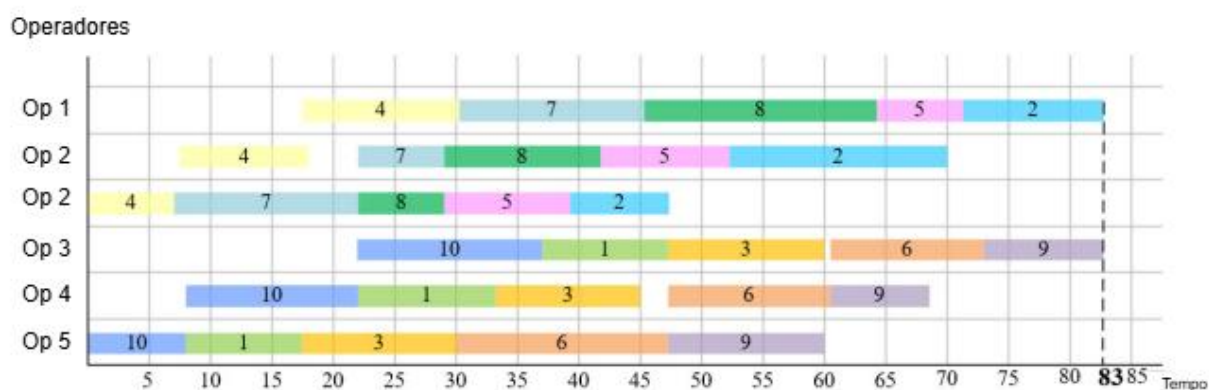


Figura 2.9. Exemplo de GTO

Adaptado de [38]

Para elaborar o gráfico é necessário [38]:

- Listar todas as tarefas e respetivos tempos de execução.
- Determinar dependências e ordem de tarefas.
- Distribuir tarefas pelos trabalhadores de forma a maximizar o número de tarefas independentes realizadas em simultâneo.

Após a criação do gráfico é necessária a manutenção do mesmo no posto de trabalho, de forma a assegurar que a ordem de tarefas estabelecida é eficiente na prática e que é seguida pelos operadores.

2.2.12 Trabalho padronizado

Instruções de trabalho padronizado são documentos que permitem uma eficaz passagem da informação necessária para a execução de uma dada tarefa. São utilizados na indústria para garantir a consistência, qualidade e eficiência dos processos e formam a base do trabalho padronizado [40].

A qualidade das instruções de trabalho depende da agregação eficiente da informação necessária para a execução de uma tarefa. Alguns dos problemas relacionados com as instruções de trabalho podem ser considerados intrínsecos às mesmas [41]:

- Instruções deficientes - casos em que alguma da informação necessária à execução de uma tarefa não se encontra representada.
- Instruções ambíguas - casos em que a informação está incompleta, o que leva a incerteza acerca dos passos concretos a seguir.
- Instruções desnecessárias - envolvem informação que é irrelevante para a tarefa ou processo em questão, mas que é incluída sem razão aparente, podendo até dificultar a legibilidade do documento.
- Instruções redundantes - apesar da repetição poder ser útil para reforçar um ponto, a repetição excessiva pode tornar o documento mais difícil, exaustante ou entediante de ler e interpretar.
- Instruções incorretas - a informação fornecida é factualmente incorreta e leva diretamente a defeitos no processo descrito.

Para além destes problemas as instruções podem também sofrer de problemas representacionais, devido ao uso inconsistente de termos ou símbolos na apresentação das tarefas, de alta complexidade de informação, de incompreensibilidade, devido ao uso excessivo de texto, de imagens, figuras, ou diagramas excessivamente complexos [41].

É imperativo que as instruções tenham em consideração o seu público-alvo. Graus diferentes de formação académica ou profissional poderão levar a interpretações dispares da informação disposta. A utilização de linguagem demasiado técnica ou de diagramas que requerem formação especializada para interpretar poderão provocar confusão em executantes para os quais não é espectável a mesma [41].

Por outro lado, instruções excessivamente simplificadas podem não conter a informação esperada por um técnico mais especializado [41]. A construção de instruções capazes de atender às necessidades de um dado processo requer [42], [43]:

- Definição do processo a padronizar - a padronização necessita da delineação do processo a atacar. Deve-se priorizar processos críticos, em que há necessidade de um elevado grau de repetibilidade, e nos quais instruções ambíguas ou deficientes tenham tendência a provocar desperdício.
- Estruturar o documento - a legibilidade e utilidade das instruções depende de uma estrutura padronizada e de uma disposição eficaz dos passos necessários para a execução de uma dada função.
- Envolvimento de especialistas - nem sempre o autor das instruções terá experiência ou formação na área descrita pelas mesmas. Para garantir a validade da informação recolhida é necessária a construção de uma equipa de especialistas que consigam assistir na construção, e posterior validação, das instruções de trabalho.
- Envolvimento de utilizadores finais - a consulta de executantes das tarefas a padronizar é uma mais-valia para o processo de criação das instruções de trabalho. Nuances e oportunidades de melhorias de um dado são muitas vezes descobertas pelos operadores num posto de trabalho. A experiência de um trabalhador numa dada função poderá ser valiosa para a qualidade das instruções desenvolvidas. A inclusão dos colaboradores na criação das instruções permite também uma melhor adequação da linguagem utilizada, o despiste de potenciais problemas de legibilidade no documento final, e o sentido de posse incutido nos mesmos poderá aumentar a disposição dos mesmos de utilizar e aplicar regularmente os procedimentos estabelecidos e explícitos nas instruções de trabalho padronizado.

Por fim, é necessária uma manutenção regular dos padrões estabelecidos nas instruções. Um processo ou produto pode não se manter constante ao longo do tempo e é recomendada uma revisão constante da informação disposta no documento de forma a evitar a obsolescência do mesmo [44].

ESTUDO DE CASO - OGMA S.A.

Este capítulo começa com uma breve descrição da empresa onde o estudo de caso foi desenvolvido, assim como a extensão da aplicação da filosofia *Lean* na mesma. As etapas do estudo são descritas neste capítulo, assim como a discussão dos resultados obtidos através da aplicação das propostas sugeridas.

3.1 Caracterização da empresa: OGMA – Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A.

A 29 de junho de 1918 foi criado, pelo Ministério da Guerra Português, o Parque de Material Aeronáutico em Alverca do Ribatejo, com o objetivo de reorganizar o setor da Defesa. Mais tarde mudando o nome para Oficinas Gerais de Material Aeronáutico (OGMA), tinha como função fornecer suporte a aeronaves militares, mas rapidamente se transformou num centro de fabricação e *Maintenance Repair and Overhaul* (MRO) para o setor civil, que viria a crescer em Portugal e a nível mundial poucos anos após a sua fundação. Atualmente a OGMA oferece serviços de MRO a aeronaves civis e militares e motores, para além de fabricar compósitos e aeroestruturas tanto para programas civis como militares.

A organização é certificada por várias entidades como a Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA), a Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC) e a *Federal Aviation Administration* (FAA), o que lhe permite realizar trabalhos de fabricação e MRO para vários clientes internacionais, sendo um Centro de Manutenção Autorizado da Embraer, Lockheed Martin e Rolls-Royce. Para além disto a OGMA participa em programas de aviação de Defesa e Comercial tais como o Embraer KC-390, o Lockheed Martin C-130, O Airbus C-295 e o Pilatus PC-12.

Com a sua privatização parcial, de 65% do capital, em 2005, a OGMA ingressou no grupo Embraer, continuando as suas atividades de MRO e fabricação nos setores aeronáuticos civis e militares.

3.2 Aplicação do *Lean* na OGMA

A filosofia *Lean* está presente na OGMA, sendo mantida e impulsionada através do Programa de Excelência da Embraer (P3E). O objetivo deste programa é de criar valor para os clientes da empresa, assim como fortalecer a cultura de *Lean* na organização. Este programa é composto por quatro elementos, esquematizados na figura 3.1.



Figura 3.1. Programa de Excelência da Embraer

O entendimento da estratégia corresponde ao estabelecimento de metas e iniciativas desafiadores e o seu posterior desdobramento em toda a organização.

A gestão integrada representa a rotina de acompanhamento presente em todos os níveis da empresa, onde são geridos de forma os indicadores desdobrados, dando uso do quadro SQDC, uma ferramenta de gestão de produtividade adotado pela organização que permite uma recolha rápida de informação referente aos seus quatro fatores: segurança, qualidade, entrega e o custo.

O terceiro elemento corresponde a gestão dos processos produtivos da OGMA, contendo a gestão através do mapeamento de fluxo de valor (VSM) e a implementação de outras ferramentas e metodologias *Lean* na organização.

O P3E define o conhecimento específico dos diversos colaboradores espalhados por todas as áreas de negócio como essencial à transformação *Lean* da empresa e, como tal, procura envolver os mesmos no processo de melhoria. Para tal é dada importância à formação de todos os trabalhadores na filosofia, assim como a capacitação dos mesmos para a sua implementação.

Para fomentar a aplicação da metodologia o P3E está também encarregue da orientação de eventos de melhoria contínua nos quais projetos determinados de acordo com a estratégia geral da empresa são trabalhados de acordo com um processo de 7 passos:

- Definição do Projeto
- *Kick-Off*
- Decomposição *As Is*
- Definição do Plano de Ação
- Definição de Indicadores de Seguimento de Resultado
- Semana *Kaizen*
- *Follow up*

No primeiro passo são definidos os problemas que vão ser abordados durante o evento, assim como os líderes e equipas dos diversos projetos. Durante o *Kick-Off* são apresentados os projetos e desafios aos diretores, são definidas as salas de guerra, isto é, as localizações onde as equipas se irão reunir para trabalhar o projeto, assim como outras características necessárias para a execução do mesmo. Após isto, equipa avalia e decompõe a situação atual e define objetivos e metas exequíveis que permitam uma avaliação objetiva dos efeitos do projeto. São procuradas as causas raiz para os problemas identificados, é desenhado o processo futuro e é construído o plano de ação preliminar. São definidos os indicadores de seguimento de resultado e os *milestones* de eficácia e fecho. Após esta fase de preparação é realizada a Semana *Kaizen*, um evento com uma duração de uma semana na qual as equipas procuram implementar os planos de ação definidos previamente e, se necessário, definem ações a aplicar após o encerramento da mesma. Durante o *Follow up* são implementadas as ações que não o puderam ser durante a Semana *Kaizen*, são analisados os indicadores de resultados de forma a validar a eficácia e é, por fim, fechado o projeto.

A figura 3.2 ilustra os 7 passos necessários para a realização de uma Semana *Kaizen*.

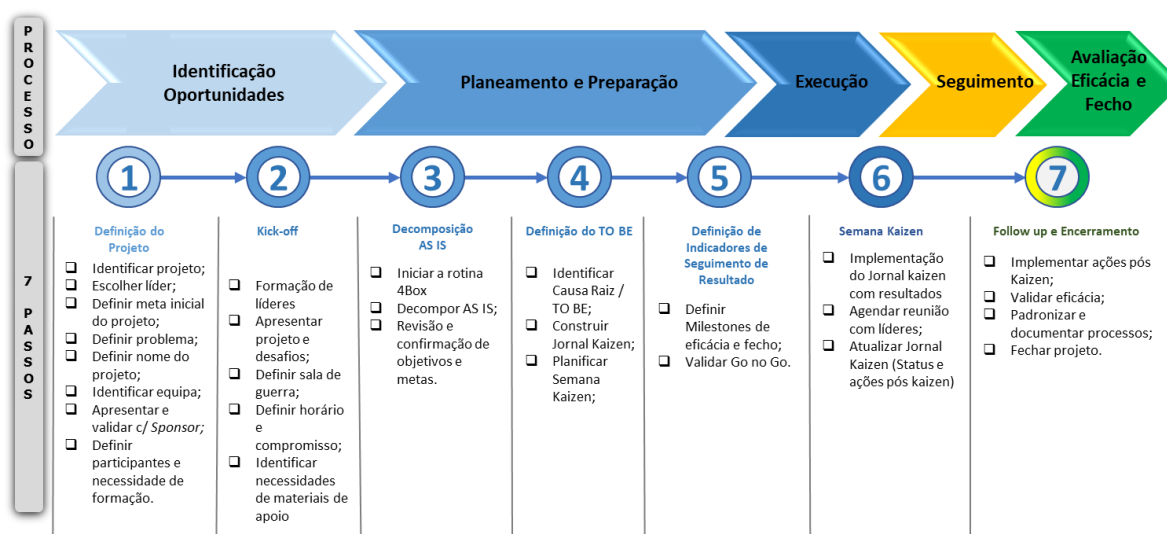


Figura 3.2. As 7 etapas de uma Semana *Kaizen*

3.3 Caracterização do Projeto em Estudo

O projeto em estudo tem como objetivo a diminuição do tempo de ciclo de uma estação do programa Pilatus PC-12, assim como a redução do *lead time* do programa em geral, uma aeronave ligeira comercial de alto rendimento, usada principalmente para transporte empresarial (tanto de passageiros como de mercadoria).

A OGMA está encarregue da fabricação da sua fuselagem, asas e superfícies de voo desde 1991. O programa de fabricação é dividido em diversos processos que são realizados em paralelo, sendo que este projeto se vai focar no estaleiro inicial de montagem das asas (JIG Asas). O processo começa com a receção das peças por parte do cliente assim como a fabricação de outros componentes mais simples por parte da OGMA na área dos subconjuntos.

O processo de montagem está descrito em ordens de fabrico, que agregam a informação referente os procedimentos e tarefas necessárias para a realização da mesma assim como a informação necessária para a rastreabilidade de todos os componentes que compõem o produto final.

O desempenho dos mecânicos de aeroestruturas é medido através da comparação entre a imputação de ponto de fase na ordem de fabrico e o tempo estimado para a realização das tarefas. A sobre imputação, isto é, o tempo extra para além do estimado na carta para a realização de uma determinada tarefa é o principal critério de medição do desempenho dos operadores. O objetivo principal é, portanto, a redução e, idealmente, a eliminação da sobre imputação nas cartas de fabrico.

O estudo apresentado foi realizado no último semestre de 2023, procurando mitigar com as condições que surgiram devido à pandemia do COVID-19, e das suas medidas de contenção, e afetaram severamente a indústria de aeronáutica, nomeadamente no que toca à redução de procura de produtos e serviços. A pressão financeira sobre a empresa levou à redução da mão de obra, algo que afetou severamente projetos de fabricação baseados em metodologias mais tradicionais e baseadas em trabalho manual.

3.3.1 Estrutura das Áreas de Negócio

Cada uma das áreas de negócio na OGMA apresenta diferentes cargos, cada um com tarefas e responsabilidades específicas, que ajudam a garantir o bom funcionamento das mesmas, assim como a conformidade e qualidade dos trabalhos realizados.

- Diretor de Área de Negócio:

Os Diretores têm à sua responsabilidade todas as áreas produtivas pertencentes à sua área de negócio, respondendo diretamente ao CEO (*Chief Executive Officer*), o que permite correto alinhamento entre a estratégia geral da empresa através da definição de objetivos futuros e do mapeamento das ações específicas para os alcançar.

- Responsáveis de Área:

Os Responsáveis de Área (RA) têm funções de supervisão e monitorização da área à sua responsabilidade, de recolha de informação acerca das suas necessidades e garantir que as áreas produtivas cumpram os objetivos delineados, melhorando os seus resultados sempre que possível.

- Supervisores:

Os Supervisores têm à sua responsabilidade várias áreas com diversas equipas, que efetuam tarefas semelhantes, mas em postos de trabalho diferentes como, por exemplo, os vários estaleiros de um dado programa de fabricação. Supervisionam o desempenho das suas equipas, resolvendo problemas levantados pelas mesmas ao longo do processo produtivo. São também responsáveis pela sustentação das ferramentas *Lean* já implementadas na área.

- Monitores:

Os Monitores são operadores das equipas que, para além de executarem funções similares às dos restantes membros, têm também responsabilidades de liderar as mesmas, delegando tarefas aos operadores, estabelecendo a ordem de trabalhos dos postos, resolver problemas que possam surgir durante o

processo produtivo e efetuando as reuniões diárias das equipas, onde são explícitos os indicadores de produtividade dos postos nos quais as equipas deverão atuar.

- Operadores:

Os operadores são os funcionários que executam as funções que lhes são transmitidas pelos monitores das suas áreas. Têm formação específica para a execução, de forma a garantir a correta execução das tarefas que lhes são atribuídas e, dependendo da função, podem ter certificações para a execução de tarefas que exigem um maior grau de especialidade técnica.

- Focais *Lean*:

Os Focais *Lean* têm a função de dar suporte à implementação e sustentação das ferramentas *Lean* numa determinada área. Para além disto, registam a evolução e maturidade das ferramentas implementadas e reportam a mesma à equipa P3E, tendo a capacidade de identificar postos com um elevado potencial, ou necessidade, de implementação do *Lean*.

3.4 Identificação de área crítica

De forma a melhor visualizar e identificar os desperdícios no processo procedeu-se ao mapeamento do seu fluxo de valor. Os programas de fabrico da OGMA são complexos e requerem uma análise profunda para a identificação dos seus desperdícios, pelo que se tem vindo a dar importância ao desenvolvimento de VSMs para os diversos projetos.

Como o intuito dos mesmos é o mapeamento integro de todas as tarefas necessárias para a realização de um dado programa, a OGMA optou por mapear na integra todos os processos, incluindo processos realizados em paralelo, com o objetivo de melhor visualizar possíveis discrepâncias tanto nas cadências como nos *lead times* dos mesmos, tendo em conta que esta pode levar a um atraso da entrega do produto, visto que os clientes, de maneira geral, requerem a entrega simultânea dos diversos componentes de um dado programa.

No caso do Pilatus PC-12, as asas e a fuselagem devem ser entregues em simultâneo ao cliente, o que obriga a empresa a nivelar a produção destas linhas para atingir este objetivo, e condiciona as entregas na eventualidade de um destes se encontrar com um atraso, sistémico ou não, na produção.

Para um melhor planeamento de futuros projetos de melhoria procedeu-se ao mapeamento do processo no presente, apresentado no Apêndice A, para isto foram recolhidos

dados históricos de produção para completar os dados referentes a tempos de ciclo, na figura 3.3 encontra-se uma reunião de mapeamento do VSM.

O *lead time* calculado para um dado processo é calculado através da soma tempos de ciclo de cada subproduto, sendo que o *lead time* do projeto será necessariamente igual ao maior *lead time* entre estes. Como se pode constatar o *lead time* deste produto é de 23,2 dias, sendo identificada como gargalo a estação JIG das asas, com um tempo de ciclo médio de 5,4 dias. Apesar desta estação não ser a que tem maior tempo de ciclo, é identificada como gargalo devido ao facto de a última estação do processo ser uma estação principalmente de retrabalhos e acabamentos, retrabalhos estes que resultam de não conformidades oriundas de estações anteriores, nomeadamente do JIG.

Atrasos na primeira estação do produto podem, também, levar à dilatação do tempo de ciclo das estações subsequentes, devido a esperas pelo produto na estação seguinte, assim como à passagem de tarefas atribuídas às estações a montante para estações a jusante que contenham recursos que realizem tarefas semelhantes, com o principal intuito de dar vazão do produto e de evitar esperas excessivas nas mesmas.

Isto é algo que foi verificado nas estações JIG e Light JIG, nas quais tarefas finais da estação JIG são indevidamente adiadas para o estaleiro de Light JIG, para que este não apresente um elevado tempo de espera pelo produto e ociosidade por parte dos mecânicos.

Para além disto, foi também gerado um mapeamento do processo referente ao estado futuro do programa, apresentado no Apêndice B. Este é essencial para a definição dos projetos chave para atingir os resultados esperados pelo cliente.

É através da comparação destes dois VSMs, e da análise das características específicas verificadas dos estaleiros, que foi possível determinar a urgência de ação na estação inicial, de forma a evitar os desperdícios identificados anteriormente.



Figura 3.3. Processo de construção dos VSMs

3.5 Identificação de problemas na área crítica

Para a identificação de desperdícios nas estações a serem estudadas, procedeu-se à recolha de dados referentes ao processo através de uma análise de DNA nas mesmas, que poderia servir de base para a implementação de ações de melhoria no processo.

Esta análise tem como objetivo a majoração do tempo de agregação de valor, através da eliminação de ações que apresentem desperdícios, assim como a diminuição do tempo alocado àquelas que foram identificadas como necessárias, isto é, que não agregam valor para o cliente, mas são necessárias para o desenvolvimento do processo de montagem.

Para recolher os dados necessários para a realização deste estudo, foi utilizado um formulário de observação de tempos. O documento, ilustrado na figura 3.4, contém um cabeçalho com secções que identificam a data, a ordem de fabrico a que está associada, assim como a área de medição. Este formulário é um padrão da empresa, sendo que o campo referente à ordem de fabrico foi suprimido na recolha específica dos dados, visto que nos programas de fabricação as ordens de fabrico não apresentam variabilidade, e que apenas necessitamos da estação a ser medida para proceder à análise.

Formulário de Observação de Tempos						
Data:		Nº da folha:		Área Medição		
Hora Início:		Hora Fim:				
Observador:		Função Operador Obs:				
Nº	Atividade	Análise DNA	Hora início	Hora Fim	Duração	Observações
1						
2						
3						
4						

Figura 3.4. Excerto do Formulário de Observação de Tempos

A recolha dos dados utilizados para a cronoanálise foi feita por operadores de diversos graus de proficiência, a operadores que apresentam, também, graus de proficiência diferentes, algo que pode afetar os resultados obtidos na mesma.

Para assegurar um bom grau de representatividade dos dados foram, portanto, obtidas amostras de vários dias, ordens de fabrico e turnos, em fases distintas do processo de fabrico.

As micro-atividades observadas, embora afetem áreas diferentes da asa, são semelhantes ao longo do processo de fabricação, pelo que não há muita variabilidade entre recolher dados referentes à cravação por exemplo do bordo de ataque ou dos revestimentos. Isto permitiu uma recolha mais rápida e fácil dos dados necessários, visto que não foi

necessário ocupar um colaborador durante a totalidade das 80 horas de fabrico por asa associadas com a estação.

O gráfico circular apresentado na figura 3.5 demonstra a proporcionalidade entre tarefas que agregam valor, necessárias e desperdícios identificadas na análise DNA. No total foram acompanhadas 46 ordens de fabrico, correspondendo isto a 170 horas e 24 minutos de trabalho.

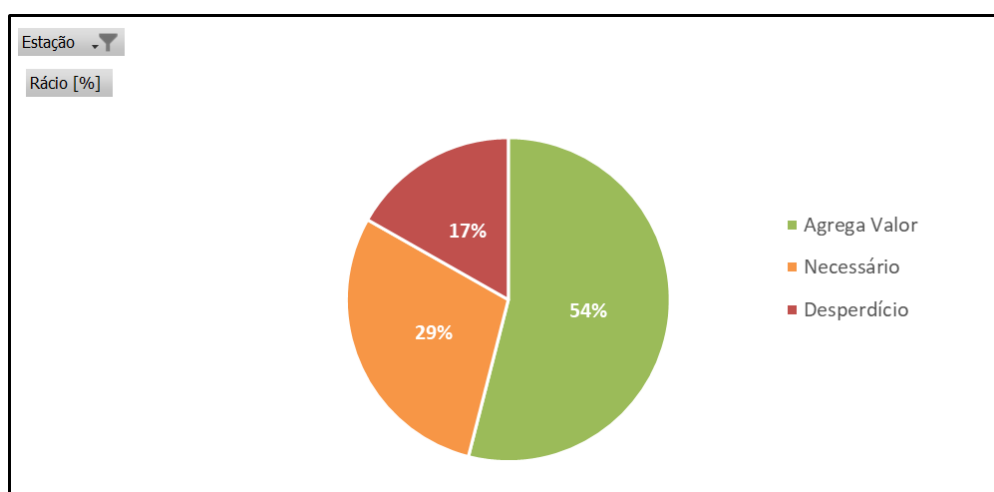


Figura 3.5. Análise DNA

As tarefas que agregam valor representam a maior acumulação de tempo das tarefas realizadas pelos mecânicos, apresentando 54% do valor total do tempo registado. Os desperdícios apresentam cerca de 17% do tempo das tarefas, o que é uma percentagem relativamente baixa tendo em conta os resultados gerais da estação.

O grau de formação do operador que recolhe os dados poderá enviesar os resultados, devido principalmente à agregação incorreta de atividades que deveriam ter sido segregadas.

Este enviesamento faz-se mostrar principalmente através elevada percentagem de tempo atribuído a atividades que agregam valor, pois o operador encarregue do registo dos dados pode não ter descrito movimentações que acontecem na realidade do processo, por exemplo uma troca de diâmetro de broca, que interromperia a tarefa de furação, pode não ter sido corretamente identificado pelo registador, por este não estar devidamente formado sobre esta eventualidade, ou de não lhe ter sido fornecida previamente a informação que esta situação seria um caso de desperdício.

Mesmo assim, os resultados preliminares desta análise podem-nos indicar pontos problemáticos no processo. No diagrama de frequência, figura 3.6, encontram-se os principais desperdícios identificados no processo.

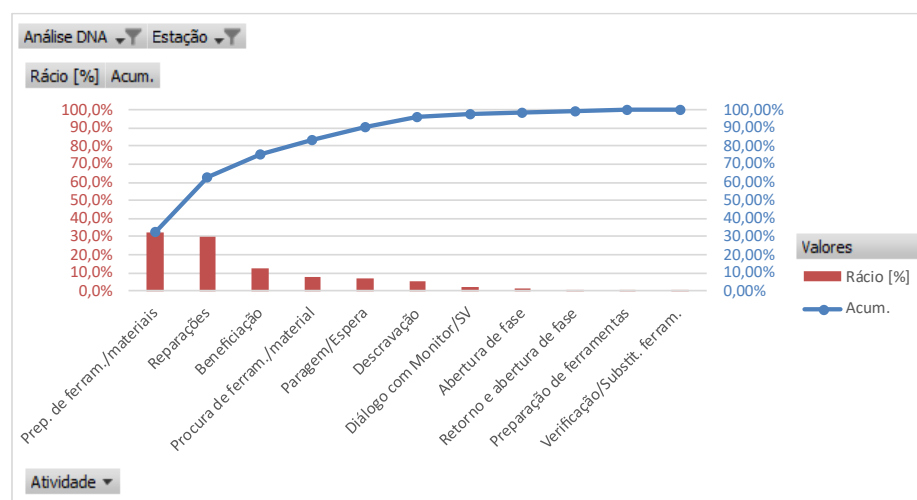


Figura 3.6. Diagrama de frequência dos desperdícios
(% de tempo total medido)

Constata-se na figura anterior, os principais desperdícios devem-se à preparação de ferramentas e materiais (32,7%), a reparações (30,2%), a beneficiações (12,5%), à procura de ferramentas e de material (8,0%) e a paragens e esperas (7,0%).

O tempo utilizado para a preparação de ferramentas e materiais, apesar possível de mitigar parcialmente, é um fator muito dependente do próprio processo, algo que o torna difícil de alterar devido aos parâmetros requeridos pelo cliente. As disposições dos estaleiros, assim como as ferramentas utilizadas ao longo do processo de montagem, são instituídas pelo próprio cliente, não podendo sofrer alterações que afetem significativamente o tempo despendido nas mesmas. São também afetadas pela proficiência do próprio operador, um operador com um nível de conhecimento mais reduzido do processo pode não ter consciência de todas as ferramentas e materiais necessários para uma dada tarefa, o que o leva a interromper a mesma para ir preparar as restantes ferramentas.

As reparações e beneficiações dependem fortemente da habilidade do mecânico que realiza as tarefas iniciais. Um operador com mais experiência tem tendência a errar menos frequentemente e, na eventualidade de falhar, terá a capacidade de detetar e reparar a não conformidade sem impactar negativamente a cadência do processo.

A procura por ferramentas ou materiais dependem de processos externos à própria área. A falta de quinquilharias, como rebites ou parafusos, e de outro material, como peças simples ou subconjuntos para a montagem, embora pontuais, podem impactar negativamente o desempenho na linha.

A paragem e espera deve-se principalmente à necessidade de validação externa da qualidade do produto, por parte dos técnicos de qualidade. O alinhamento incorreto dos

processos de inspeção, devido tanto à variabilidade do progresso das tarefas como à falta de técnico disponível para a fazer, podem provocar um aumento do tempo ocioso, visto que em certas etapas da produção não é possível prosseguir sem validação prévia.

Da mesma forma, foi realizado um diagrama de Pareto para as tarefas necessárias, para procurar perceber se seria possível diminuir o tempo dedicado às mesmas, 3.7. Estas representam 29% do tempo registado pelos operadores e, embora não agreguem diretamente valor, são consideradas necessárias para a correta realização dos processos de produção.

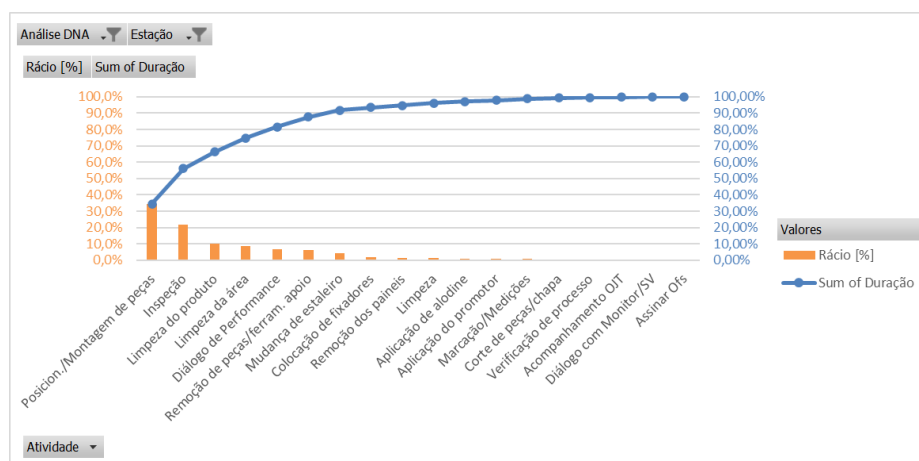


Figura 3.7. Diagrama de frequência das tarefas Necessárias
(% de tempo total medido)

O posicionamento e montagem de peças (34,5%) agrega todas as tarefas que são necessárias para a pré-montagem da asa, como a montagem do estaleiro, e o posicionamento de peças para furação. O tempo despendido para estas tarefas depende em grande parte da proficiência dos operadores, sendo que trabalhadores mais experientes conseguem concluir processos de montagem num tempo mais reduzido do que trabalhadores em aprendizagem.

O tempo gasto em inspeções (21,7%) depende da experiência do examinador, da quantidade de pontos de inspeção ao longo do processo de fabrico, assim como da quantidade de pontos de reparação e beneficiação identificados ao longo da própria inspeção.

Para além da análise de DNA, o grupo de trabalho procedeu à criação de um diagrama de Ishikawa, em conjunto com *brainstorming*, de forma a averiguar potenciais causas para um dos problemas que foi identificado: a falta de proficiência de OJTs com mais de 6 meses de experiência no posto, apresentado na figura 3.8.

Os problemas a nível de mão de obra firmam-se principalmente no desequilíbrio entre trabalhadores experientes e não experientes. O rácio ideal para o treino bem-sucedido de OJTs é de um para um, ou seja, cada trabalhador proficiente treina apenas um OJT.

Se isto se verificasse, cada formador poderia dedicar facilmente o seu tempo à formação adequada do OJT, supervisionando o seu trabalho e delegando-lhe tarefas com maior grau de dificuldade.

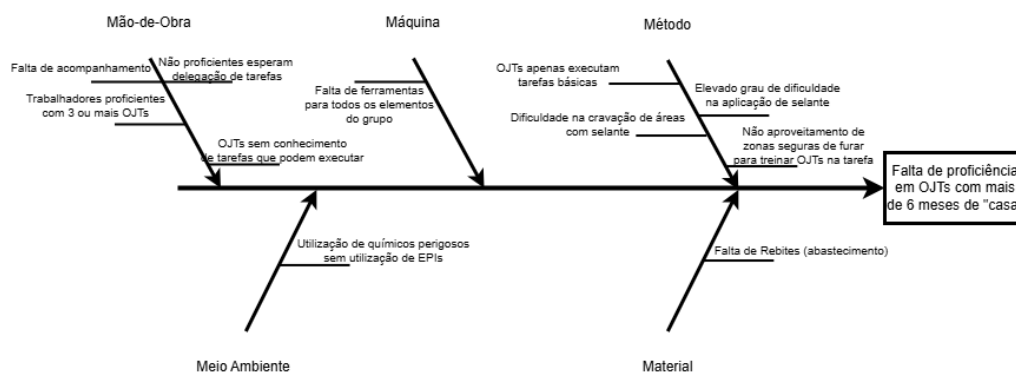


Figura 3.8. Diagrama de Ishikawa para a falta de proficiência de OJTs

A falta de conhecimento das tarefas a executar, aliadas à falta de formadores qualificados, leva a que os OJTs mantenham uma maior dependência da capacidade do formador de delegar tarefas simples e que estes possam executar com um nível de supervisão inferior.

A falta de capacidade de formação provoca atrasos no tempo de treino dos OJTs e é a principal causa da falta de proficiência dos mesmos no tempo padrão para o mesmo.

Também foram identificadas dificuldades em tarefas que envolvam os selantes utilizados nas asas, o processo de aplicação de selante é bastante rigoroso, e relativamente difícil de praticar, dado o elevado tempo entre tarefas de aplicação, e a necessidade de evitar retrabalhos ao longo do processo implica que estas tarefas sejam raramente delegadas aos OJTs.

As dificuldades da cravação em zonas de aplicação de selante provêm da mudança dos parâmetros normais de cravação, mas apenas se verifica um aumento relativamente pequeno comparando com zonas em que o selante não é aplicado.

No que toca à falta de utilização dos EPIs, é um problema estrutural do posto de trabalho. Os trabalhadores experientes mostram tendência a atalhar o processo essencial de equipar proteções e os OJTs "apanham" o mau hábito dos seus formadores.

A presença de materiais suscetíveis a causar irritação, como poeiras e limalhas metálicas, e aplicação de produtos tóxicos, como tintas, solventes e selantes leva a que este ponto seja de extrema importância, pelo que foi recomendada a aplicação de sanções aos trabalhadores que se recusem a utilizar os EPIs necessários, e de ações de formação para os colaboradores na necessidade do uso dos mesmos.

3.6 Propostas de melhoria

Para além da análise apresentada anteriormente, foram também realizados *gemba walks*, e sessões de *brainstorming* envolvendo as equipas de produção e as suas chefias diretas, para identificar outros problemas que possam afetar negativamente o desempenho da estação.

A presença de elementos de diversos níveis de responsabilidade permitiu a identificação de defeitos e problemas que impactam a fabricação, sendo estes desvios de produção, desbalanceamento da linha e a presença de não conformidades no produto.

Estas ações permitiram a identificação da causa principal dos defeitos encontrados na linha de produção: a perda de recursos proficientes no trabalho de fabricação, que é exacerbado pelo demorado processo de treino de novos trabalhadores na linha.

Este é, portanto, o principal problema a enfrentar, e o maior obstáculo à melhoria do processo. A complexidade do processo de montagem aliada à inexistência de documentação na qual esteja definida o processo de montagem provoca tempos de aprendizagem do processo demorados e dependentes de colaboradores que já tenham experiência, visto que as etapas e micro-tarefas envolvidas no processo de fabricação são transmitidas do pessoal sénior do posto para o pessoal júnior. Na tabela 3.1 encontram-se resumidos os problemas e as ações propostas para os solucionar.

Tabela 3.1. Problemas e respetivas propostas de melhoria

Problema	Ação	Responsáveis
Atividades críticas sem mecânico capacitado	• Construção da Matriz de Flexibilidade • Balanceamento de tarefas de acordo com capacidade	Produção
Falta de formação sobre o posto e o produto	• Criação de formação específica de introdução ao posto	Engenharia de Suporte
Não cumprimento do <i>Takt Time</i>	• Construção de GTO para identificação do caminho crítico • Quadro de monitorização de produção na linha • Construção de um plano para abertura de terceiro turno • Padronização da sequência de atividades	Engenharia de Suporte
Espera pela inspeção	• Eliminação de inspeções redundantes • Certificação dos monitores para realização de inspeções intermédias	Qualidade

Tabela 3.1. Problemas e respetivas propostas de melhoria (continuação)

Problema	Ação	Responsáveis
Segurança ocupacional	- Pintura de faixas amarelas nos degraus do posto - Manutenção das rodas nos carros de apoio - Reparação de sistemas de ar comprimido - Manutenção da luminária - Substituir autocolantes de identificação	Segurança ocupacional

3.6.1 Matriz de Flexibilidade e Balanceamento de tarefas

Para se proceder ao balanceamento das tarefas de acordo com a capacidade de execução dos recursos é necessária a avaliação e monitorização da mesma. A Matriz de Flexibilidade é uma ferramenta que permite às organizações monitorizar a progressão da competência dos funcionários numa dada função. Para a disposição desta informação foi desenvolvido um padrão, representado na figura 3.9, que atribui a cada trabalhador um nível de proficiência numa dada tarefa, o próximo patamar a atingir, assim como a data espectável para o fazer. Além disto devem estar identificadas outras informações, como a estação a monitorizar, assim como a data da última revisão.

				Operações									
Responsável:				Mandrilagem			Furação do Bordo de Ataque			Cravação do Bordo de Fuga			
Área:		FAPM - Asas - Estação JIG											
Data:		09/01/2024											
NOME	Nº	Horário	Estação	Actual	Futuro	Data	Actual	Futuro	Data	Actual	Futuro	Data	
João Silva	1111	H1	JIG	F	Q3	nov/24	Q3			Q3			
Tomás Garcia	1112	H1	JIG	OJT	Q2	nov/24	OJT	Q2	nov/24	OJT	Q2	nov/24	
José Sereno	1113	H2	JIG	OJT	Q2	nov/24	OJT	Q2	nov/24	OJT	Q2	nov/24	

Figura 3.9. Exemplo demonstrativo de uma Matriz de Flexibilidade

As categorias de proficiência utilizadas foram:

- **OJT (On-The-Job Training):** Encontra-se em formação para desempenhar a função, tem conhecimentos básicos sobre as tarefas a executar, mas não sobre quais tarefas executar, não consegue desenvolver trabalho autónomo.

- **F:** Tem perfil para trabalhar no posto, devido a experiência em tarefas semelhantes noutras áreas ou projetos, mas ainda não recebeu formação específica para o mesmo.
- **Q1:** Tem conhecimento básico sobre o posto e as suas tarefas, sem conhecimento aprofundado do processo, não consegue desempenhar trabalho autónomo, necessitando de supervisão.
- **Q2:** Conhece o posto e as suas tarefas de uma forma aprofundada o suficiente para trabalho autónomo.
- **Q3:** Domina a função, tendo capacidade não só de trabalho autónomo, mas também de formação de novos colaboradores.

Para além disto, em tarefas ou trabalhos que necessitem de certificação, deve ainda estar identificado o estado da mesma, a data de obtenção, assim como a data-limite para a renovação da certificação.

O processo de treino de novos colaboradores é muito moroso, sendo que a transição de OJT para Q1 demora cerca de 6 meses, e de Q1 para Q2 e de Q2 para Q3 cerca de 1 ano cada, levando de dois anos e meio a três anos para formar plenamente um trabalhador. Estes prazos apenas se aplicam a tarefas mais simples e que não têm elevado potencial de afetar negativamente o produto, tarefas como a furação do bordo de ataque podem levar até 1 ano até que o funcionário transite para Q1.

A Matriz de Flexibilidade Operacional permite ao Supervisor e aos Monitores a alocação dos recursos necessários para as estações necessárias, de acordo com os requisitos específicos da estação, assim como a identificação de colaboradores com maior grau de capacidade de progressão, e potencial realocação de trabalhadores que não consigam progredir no tempo espetável.

3.6.2 Criação de formação específica ao posto

Recursos novos que entram na área de fabricação atualmente recebem formação, tanto teórica como prática, nas tarefas básicas que necessitarão de desempenhar nos postos de trabalho. Estas formações incidem essencialmente sobre os processos de furação, cravação, aplicação de massas vedantes, escareação de furos e rebarbagem.

No entanto, estas formações carecem de informação específica do posto de trabalho, tais como o fluxo de tarefas, furação e cravação de componentes com geometrias não planas,

entre outros, o que leva à integração precoce de colaboradores em estações nas quais estes não se encontram completamente aptos.

A criação de formações sobre boas práticas e de dicas úteis para o desempenhar de tarefas em ambientes menos controlados é, portanto, essencial ao desempenhar de funções dos colaboradores. Estas formações serão implementadas paralelamente aos atos de formação já planeados, de forma que os OJTs integrados nos postos já tenham conhecimento específico sobre as funções que irão desempenhar.

3.6.3 GTO e Quadro de Monitorização da linha

O gráfico temporal de operações é uma ferramenta de gestão visual que permite delinear as tarefas a executar num dado espaço temporal. A construção do mesmo é feita através da decomposição das macro tarefas provenientes das ordens de fabrico em micro tarefas que são executadas num período temporal definido, sendo este estudo realizado pela engenharia de suporte, em colaboração com a produção.

As 43 macro tarefas, representadas no Apêndice D, foram desdobradas em 314 micro tarefas, apresentadas, já organizadas num quadro de monitorização de linha, no Apêndice C.

As tarefas no quadro de monitorização estão distribuídas de acordo com as suas precedências, e agregadas de forma a concluir períodos de uma hora por bloco.

Ao longo de um dado turno o monitor tem a função de assinalar as tarefas que são realizadas, utilizando um esquema de cores que permite a fácil identificação dos blocos de tarefas que foram, ou não, realizados dentro do tempo previsto, figura 3.10.

Isto permite tanto aos colaboradores da área, à supervisão e à engenharia de suporte identificar rapidamente quais os pontos no processo nos quais se encontram desvios e aos supervisores e monitores a distribuir os recursos de acordo com a necessidade imediata nas estações.

A existência de blocos de tarefas realizadas após o período em que estas estavam definidas implica, também, a abertura de um problema no plano de ação, com a descrição do problema que levou ao desvio, a sugestão de ações que permitam corrigir o mesmo, assim como a definição dos responsáveis pela ação corretiva.

O fim das tarefas delineadas no quadro de monitorização, e a passagem da asa para o estaleiro seguinte da produção, requerem o registo do tempo que foi necessário para o fabrico do produto, neste caso medido em dias úteis.

Figura 3.10. Quadro GTO preenchido

3.6.4 Construção de um plano para abertura de terceiro turno

Face à procura verificada por parte do cliente, foi identificada a possibilidade de necessidade de abertura de um novo turno de trabalho, de forma a reduzir o tempo de ciclo da estação, medido em dias úteis, para um que se aproxime do requerido. Os estaleiros apresentam apenas espaço para equipas de 4 elementos, sendo que o cumprimento do *takt time* definido pelo cliente necessitaria de 5 elementos por estaleiro.

A abertura de mais um turno de trabalho permitiria ao posto atender à necessidade do cliente, sem precisar de recorrer a horas extra, algo que também reduziria o desgaste dos trabalhadores atuais proveniente do uso sucessivo das mesmas.

Este plano apresenta algumas dificuldades, principalmente devido à falta de recursos proficientes que possam fornecer formação a novos colaboradores. Para assistir à formação de novos colaboradores procedeu-se à padronização das tarefas a desempenhar, assim como ao seu registo num manual de fabricação, a disponibilizar tanto para consulta na estação de trabalho, como a potenciais novos colaboradores no período de formação preliminar.

3.6.5 Padronização de atividades e procedimentos

Um dos problemas identificados no programa identificado provem da falta de padronização tanto da sequência de atividades, como das próprias tarefas a realizar. Este problema provém, para além do método de fabrico fortemente artesanal, do modelo de formação implementado pela empresa aquando da integração do programa.

Inicialmente, os mecânicos escolhidos para o arranque da fabricação receberam formação por parte do cliente, numa linha de fabricação do próprio, no qual aprenderam todas as características e atividades necessárias para o desempenho de funções, seguida de um período experimental, já na OGMA, no qual desempenhavam as funções de fabricação com a supervisão dos técnicos especializados do cliente.

Desde então, o processo de formação de novos colaboradores tem sido feito através da passagem direta de informação de um colaborador mais experiente para o trabalhador em treino. Este método, apesar de ter a vantagem de não necessitar de grande investimento tanto em tempo como em mão de obra especializada, é vulnerável a choques na cadeia de informação, nomeadamente em situações de *turnover* de mecânicos experientes sem que a devida passagem de informação seja dada.

Esta situação, com que a empresa acabou por se deparar, leva a um decréscimo de desempenho da linha na generalidade, tanto em termos de tempo de fabricação, como em termos de qualidade.

Para reverter este fator foi sugerido a criação de procedimentos operacionais e de um manual de fabrico que detalhe a ordem das tarefas a serem executadas, a forma de as executar, assim como outras informações pertinentes ao processo de montagem das asas.

A padronização da sequência de atividades foi feita durante produção do GTO, a metodologia proposta para a criação do manual de fabricação é apresentada no fluxograma da figura 3.11.

Esta metodologia foi gerada através do estudo da literatura científica existente, em conjunto com o parecer da engenharia de processo, que tinha critérios de aceitação restritos baseados nas especificações técnicas fornecidas pelo cliente e que necessitariam de ser verificados ao longo do processo de elaboração do manual.

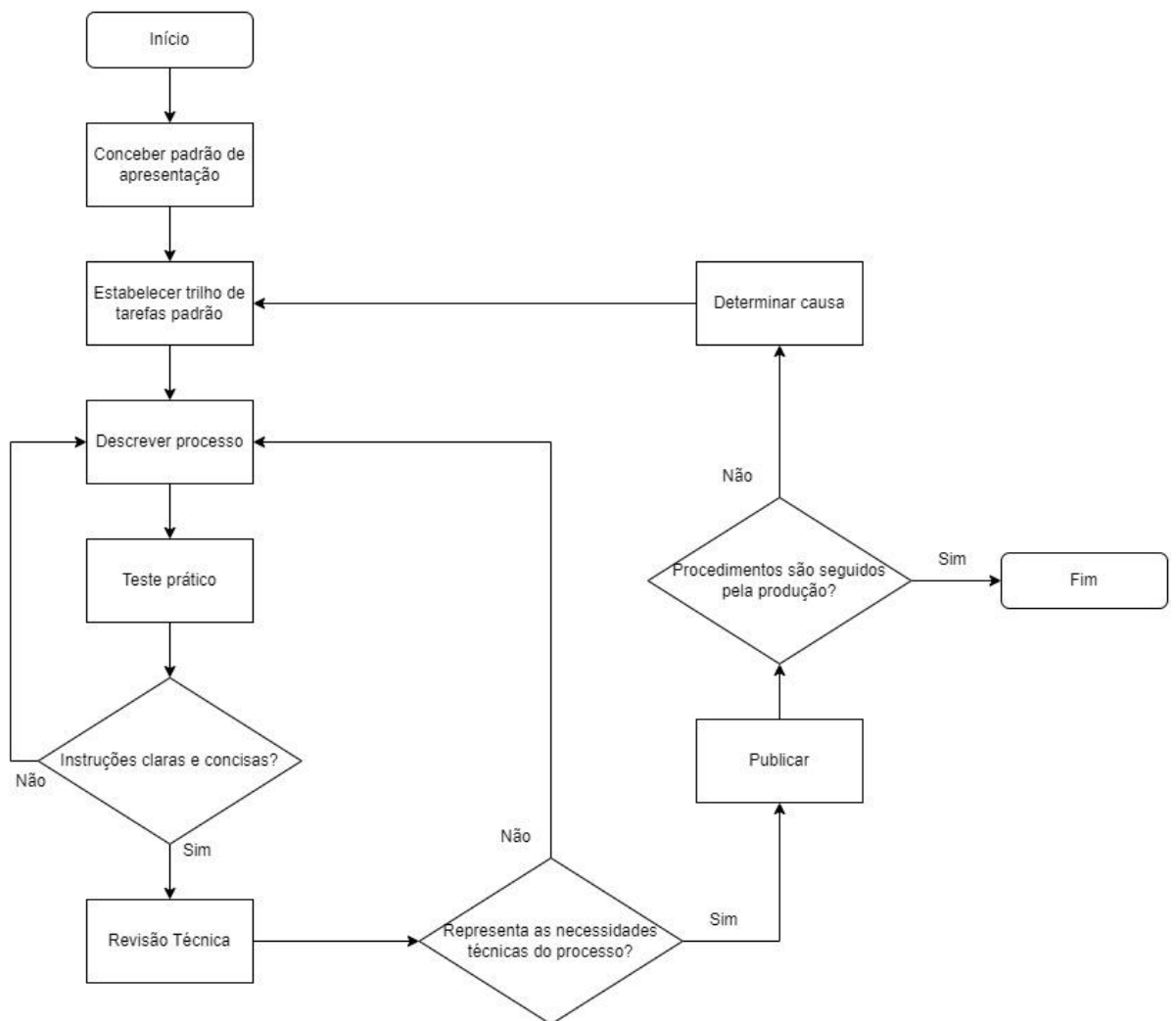


Figura 3.11. Metodologia de concepção de Procedimentos Operacionais

- **Conceber padrão de apresentação**

As instruções e procedimentos devem seguir um padrão coerente de apresentação da informação.

É necessário definir a informação, tanto em termos de escrita como de ajuda visual, que será necessária para o correto desenvolvimento do manual. O padrão utilizado neste caso contém informação sobre as ferramentas e peças a utilizar numa dada etapa do processo, informação visual ilustrativa do procedimento, sob a forma de fotografia, assim como uma descrição por extenso do procedimento a seguir.

Outras informações relevantes para as tarefas a desempenhar tais como desenhos e outras publicações técnicas, a fase da ordem de fabrico, e a localização relativa à área afetada estão também descritos. Na figura 3.12 apresenta-se uma ilustração do padrão utilizado para a exposição da informação.

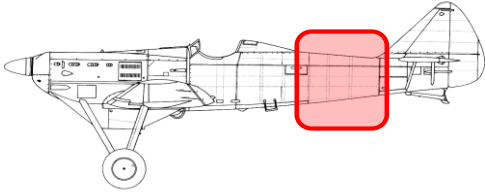
				Grupo:	
				Atividade:	
				Componentes:	
				Procedimento	
1	2	3	4		
				Referencias Técnicas:	
5	6	7	8		

Figura 3.12. Padrão utilizado para a disposição de informação

O campo "Grupo" define a macro tarefa onde a atividade se insere e a "Atividade" a micro tarefa específica que o mecânico irá executar.

- **Estabelecer o trilho de tarefas padrão**

A ordem das tarefas deverá seguir um padrão, de forma que as tarefas necessárias sejam desempenhadas na altura correta e de forma correta. O desenvolvimento do trilho ocorreu em simultâneo à criação do GTO, e as atividades listadas no manual têm correspondência direta com as atividades representadas no quadro de monitorização do processo, permitindo assim que um colaborador consiga rapidamente identificar e seguir os procedimentos necessários para a continuação dos trabalhos.

- **Descrever o processo**

A descrição do processo inclui toda a informação que é fornecida ao trabalhador, seja esta por forma de texto ou imagens, que delineia os paços necessários para a conclusão da atividade de forma célere, assegurando sempre a máxima qualidade do produto. A informação disposta depende da agregação da informação disponível em documentação técnica assim como informação recolhida diretamente de trabalhadores experientes da linha.

- **Teste prático**

As instruções de trabalho podem incorrer de defeitos devido à incapacidade do seu redator de compreender na totalidade todos os fatores e características necessários para a

execução de uma dada tarefa. O teste prático consiste na entrega de um documento preliminar a membros da equipa de produção, tanto experientes como OJTs, de forma a captar possíveis sugestões quanto à descrição do processo.

- **Revisão técnica**

Para além da validação por parte dos elementos de produção que irão utilizar a documentação, é necessário assegurar que a informação dispõe de todas as características de cariz técnico exigidas pelo cliente. A revisão técnica pode, também, ajudar os responsáveis pelo processo a perceber, e corrigir, possíveis desvios do procedimento correto, incorridos por hábitos adquiridos pelos colaboradores ou falhas na formação dos mesmos.

- **Publicação**

O material de apoio à fabricação deverá estar disponível para consulta por parte dos membros das equipas de montagens e a empresa deve-se assegurar que estes têm fácil acesso ao mesmo de maneira a garantir a sua utilização. Este material pode ser utilizado para ações de formação específica ao posto, para que os formandos se possam familiarizar com o processo antes da sua integração nas equipas como OJTs.

- **Confirmação de processo**

Após a publicação é do interesse tanto dos responsáveis de produção como da engenharia de suporte que o material elaborado para apoio não caia em desuso, e que o procedimento descrito no mesmo é corretamente seguido. No caso de este caso não se verificar, cabe aos responsáveis averiguar possíveis causas para tal ocorrência. Informação desatualizada, melhorias de processo não descritas e dificuldade de acesso podem ser causas possíveis para o abandono desta ferramenta. Deve proceder-se à revisão periódica dos procedimentos, com o intuito de manter atualizados os documentos de apoio à produção e de maximizar a qualidade e valor do produto entregue ao cliente final.

3.6.6 Inspeções da qualidade

As inspeções da qualidade são essenciais para o fabrico de aeronaves, mas podem levar a elevados desperdícios na produção se não for feito um correto alinhamento entre os responsáveis da qualidade e a produção. Ao longo do projeto, foram identificados pontos de inspeção que podem ser considerados redundantes, como por exemplo inspecionar antes e depois da beneficiação, ao invés de apenas depois.

A eliminação destas redundâncias leva a um alívio da carga sentida pela equipa da qualidade, mas pode também levar ao surgimento de maior quantidade de defeitos no

produto. De forma a evitar uma majoração dos defeitos na linha de produção iniciou-se o processo de certificação dos monitores para a realização de inspeções intermédias.

Os monitores, para além de terem experiência no processo, sendo normalmente provenientes das equipas de produção, encontram-se a supervisionar diretamente as equipas. Isto permite que os mesmos identifiquem possíveis falhas no produto, e implementem ações corretivas, sem que haja necessidade de deslocação de um técnico de qualidade.

3.6.7 Melhorias de segurança ocupacional

Para além de melhorias a nível operacional, os projetos *Kaizen* na OGMA procuram sempre melhorar o nível de segurança nos postos de trabalho. Através de *gemba walks* e observação direta foi possível identificar os seguintes riscos à segurança dos operadores:

- Válvulas de ar comprimido com mangueira danificada, figura 3.13 - Constitui um risco de projeção no desacoplamento da mangueira ou na eventualidade do remendo falhar.
- Cavidade na plataforma de trabalho, figura 3.14 - Constitui um risco de queda.
- Degraus sem fita amarela e preta ou com fita em mau estado, figura 3.15 - Constitui um risco de queda, tropeçamento ou escorregamento.



Figura 3.13. Mangueira danificada



Figura 3.14. Cavidade na plataforma de trabalho

As contra medidas recomendadas foram da reparação, quando possível, ou substituição das válvulas nas mangueiras de ar comprimido, a cobertura da cavidade da plataforma de trabalho, e a substituição do degrau em mau estado de conservação, assim como a pintura de faixas amarelas nos degraus que não as apresentam, de forma a sinalizar o risco de queda.



Figura 3.15. Degrau em mau estado de conservação e sem fita sinalizadora

3.7 Monitorização do posto e da implementação de melhorias

Com o objetivo do aumento da produtividade, a OGMA tem vindo a implementar nas suas várias áreas de negócio o 5S. Apesar de ainda se apresentarem algumas áreas no qual esta ferramenta ainda não foi implementada, o departamento de aeroestruturas foi um dos primeiros intervencionados pelo P3E para a aplicação da mesma.

O 5S prevê uma observação continua da sua aplicação, de forma a garantir a sua integração integra nos postos de trabalho, a levantar potenciais problemas na sua conceção inicial e a modificar, quando necessário, o posto, para garantir o aumento de produtividade desejado.

Na figura 3.16 apresenta-se um exemplo do resultado da aplicação da metodologia à caixa de ferramentas, conseguimos verificar a demarcação do posicionamento correto das ferramentas quando estas não estão em uso, assim como a identificação dos técnicos que levantaram ferramentas, o que permite a sua rastreabilidade.



Figura 3.16. Organização em *shadowboard* das ferramentas do posto

O P3E está encarregue de realizar vistorias periódicas ao estado de aplicação das áreas nas quais esta ferramenta foi implementada. Para além destas, é dada às áreas a autonomia de autoavaliação diária do estado da aplicação do 5S, que são comparadas com os resultados das vistorias do P3E para avaliar o estado da implementação da ferramenta assim como a capacidade das áreas de realizarem a sustentação da implementação de forma independente. Na figura 3.17 apresentam-se exemplos dos resultados das vistorias diárias e mensais na área estudada.

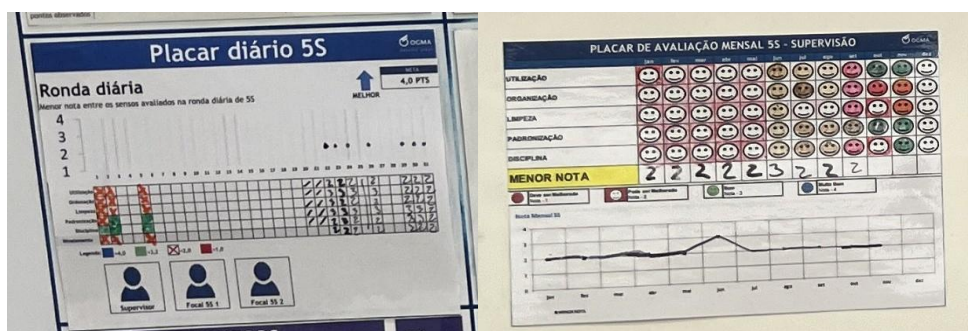


Figura 3.17. Placares de avaliação 5S

Trimestralmente são apresentados à direção os resultados de sustentação do 5S das diversas áreas da OGMA, encontrando-se apresentados na figura 3.18 os resultados mais recentes apresentados para toda a área de aeroestruturas, sendo o programa estudado identificado como "PAS".

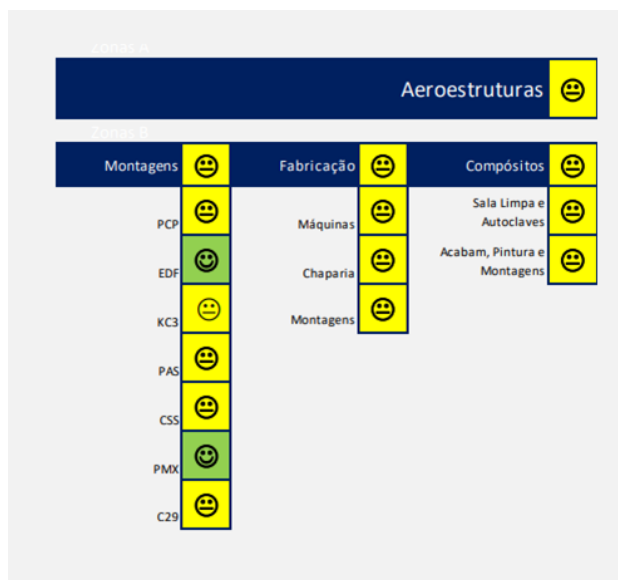


Figura 3.18. Apresentação dos resultados da área de aeroestruturas

Para além do quadro de monitorização de tarefas apresentado no anexo C, o posto dispõe de um quadro de monitorização do tempo de ciclo, figura 3.20, e de um quadro de

plano de ação na figura 3.19, onde são apontados problemas e ações corretivas encontrados ao longo do decorrer da fase de sustentação do projeto *Kaizen*. Grande parte dos problemas encontrados ao longo desta fase provêm da falta de capital humano qualificado para desempenhar as tarefas, que leva muitas vezes a atrasos na produção, tanto por causa de falta de rapidez no desempenho das tarefas, como por via de retrabalho devidos a erros na produção.

Através desta monitorização foi possível identificar 3 oportunidades de aplicação de *poka yokes* no processo. O estudo necessário para a criação, teste e validação por parte do cliente de novas ferramentas pode ser, no entanto, moroso, pelo que apenas foi possível a implementação de uma ferramenta durante o decorrer do estudo apresentado.

Plano de Ação - JIG Asa Direita

Data de abertura	BN	Atividade	Problema	Ação	Responsável	Data de encerramento
13/11/2022	1762	Transferir Produto	2. Quantidade S/ Material			
14/11/2023	1762	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
15/11/2023	1762	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
16/11/2023	1762	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
20/11/2023	1763	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
21/11/23						
21/11/23						
21/11/23	1763	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
23/11/23	1764	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
24/11/23	1764	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
27/11/23	1764	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
28/11/23	1764	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
28/11/23	1764	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
30/11/23	1765	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
04/12/23	1765	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
05/12/2023	1765	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
05/12/23	1765	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
7/12	1766	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
14/12/23	1766	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
13/12/2023	1766	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
18/12/2023	1767	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
18/12/2023	1767	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
19/12/2023	1767	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			
19/12/2023	1767	Transferir Produto	1. Quantidade S/ Material			

Figura 3.19. Quadro do Plano de Ações preenchido

A presença do quadro de tempo de ciclo, presente na figura 3.20 permite aos supervisores e responsáveis de área uma avaliação rápida do desempenho da linha durante os últimos 10 ciclos de produção, que abrangem aproximadamente 10 semanas. Esta foi a ferramenta mais utilizada para avaliar os resultados das ações implementadas, visto que dispõe o KPI primário de avaliação do projeto.

TC Estação JIG - Asas PC-12

Tempo de ciclo por BN

MELHOR
META
3

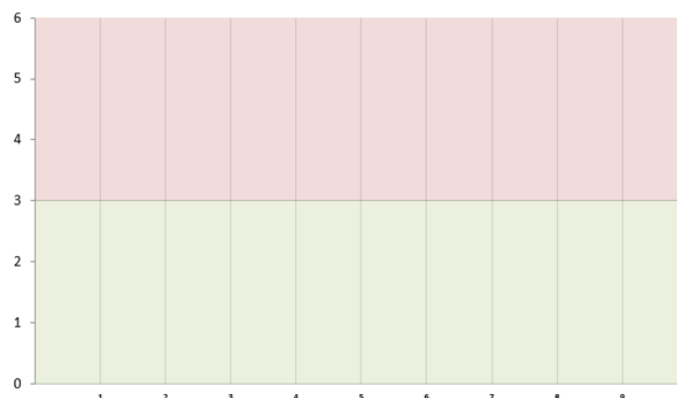


Figura 3.20. Quadro de monitorização do tempo de ciclo da estação

Através de questionários simples facultados aos monitores foi possível adquirir algum conhecimento mais aprofundado acerca das dificuldades encontradas ao longo da fabricação das asas. Os questionários tinham apenas 3 perguntas:

- As atividades foram executadas dentro do tempo previsto?
- A ordenação das atividades foi cumprida?
- A quantidade de operadores foi a necessária para executar as atividades?

As atividades que não foram executadas dentro do tempo previsto encontram-se no gráfico seguinte, figura 3.21.

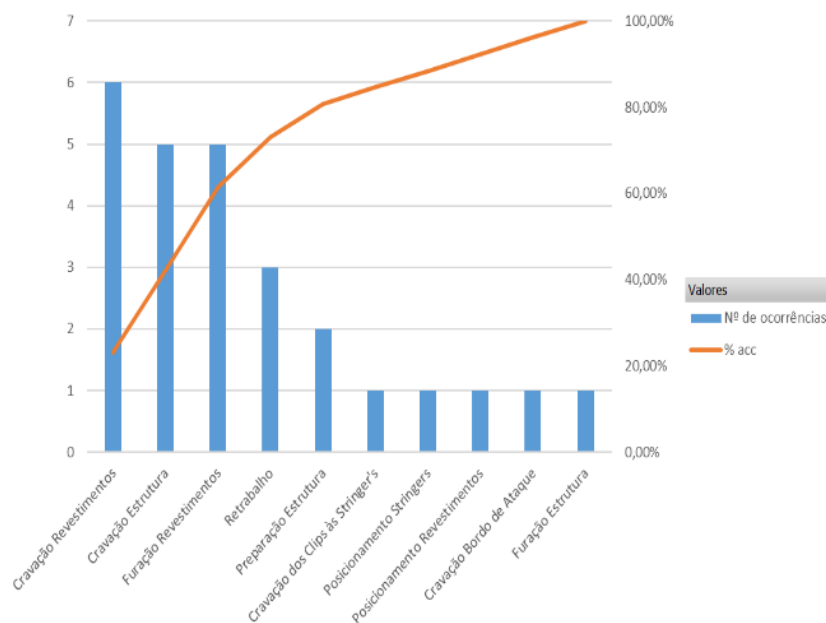


Figura 3.21. Frequência de tarefas concluídas fora do tempo estipulado

É possível constatar que as tarefas de cravação são as que provocam maior desvio no que toca ao tempo estipulado, sendo que apresentam cerca de 40% das ocorrências.

Apenas houve 3 ocasiões nas quais a ordenação de atividades não foi cumprida. Estas deveram-se a um incorreto sequenciamento das atividades de cravação que foi, desde então, corrigido.

A falta de operadores proficientes mostrou-se presente em quase todas as situações de não cumprimento do plano de fabrico, com exceção das tarefas de retrabalhos, que são efetuadas apenas por operadores experientes e capacitados, mesmo que a causa raiz destes retrabalhos possa ser a inexperiência dos operadores que realizaram as operações iniciais.

Para assistir continuamente ao progresso na área foi também implementado um plano regular de *gemba walks*, nos quais se reúnem membros da supervisão, da engenharia e do departamento de excelência, para observar e debater problemas que possam surgir nos postos ao longo do período laboral. Estes são essenciais para garantir que as ações são corretamente implementadas e que há sustentação das mesmas por parte das áreas.

Através destas visitas ao chão de fábrica foram identificados e solucionados alguns problemas adicionais, como problemas no fornecimento de material de montagem, como por exemplo rebites e fixadores, que puderam ser rapidamente solucionados através da melhoria da comunicação entre a fabricação e a logística.

Informação sobre falhas na fabricação que levaram a retrabalhos trouxeram permitiram também a sugestão de novos projetos de fabrico de ferramentas para evitar a recorrência das mesmas.

3.8 Discussão de Resultados

Ao longo do processo de redação dos procedimentos do processo foram encontradas algumas dificuldades. Destaca-se a dificuldade de acompanhar na íntegra uma dada atividade por parte do redator, algumas das atividades são repetitivas ocupando, portanto, uma grande quantidade de tempo que não agrega informação para a criação dos procedimentos.

As ordens de fabrico são relativamente extensas, sendo as atividades espalhadas pelos dois turnos produtivos, algo que leva a uma dificuldade de acompanhamento na íntegra do processo de montagem das asas.

Para além disto, num dado espaço temporal uma equipa poderia estar a desempenhar várias atividades em simultâneo, visto que as atividades requerem, de maneira geral, apenas um ou dois mecânicos numa equipa de quatro.

As equipas de produção aceitaram abertamente o projeto, fornecendo conhecimento e pareceres úteis para o desenvolvimento do mesmo, demonstrando interesse no desenvolvimento das ferramentas de apoio, compreendendo o seu potencial para a melhoria do posto e de redução das suas cargas como operadores e tutores dos seus colegas menos experientes.

O mapeamento do processo e a análise de DNA permitiram a identificação de tarefas que agregam valor para o cliente, assim como atos que promovem o desperdício no processo. A análise de DNA ajudou na deteção de desperdícios inerentes ao processo e a segregação destes dos desperdícios nos quais se pode atuar.

O melhor exemplo disto é o caso da espera pela qualidade que, com a certificação dos monitores para os eventos de inspeção, e a redução dos momentos redundantes, poderão levar a uma grande redução neste tipo de desperdício.

A espera pela qualidade ocorre, neste momento, com alguma frequência, principalmente devido ao número reduzido de inspetores capacitados para os processos de inspeção.

A publicação do manual de apoio à fabricação tem o potencial de diminuir o tempo necessário para a formação de novos colaboradores, e para a diminuição de não conformidades no produto devido à presença de um padrão de produção facilmente acessível na área de trabalho.

A monitorização do posto e a utilização do plano de ação têm o potencial de fomentar melhoria através do acompanhamento contínuo da engenharia de suporte à fabricação, e da implementação de ações corretivas e de melhoria que permitam a progressiva eliminação dos restantes desperdícios.

A monitorização aumenta também o investimento da fabricação nos processos de melhoria, através do aumento de cooperação entre os colaboradores em chão de fábrica e as áreas de suporte. No gráfico abaixo, figura 3.22, estão dispostos os resultados do tempo de ciclo observado para a fabricação dos primeiros 10 pares de asas após o início da implementação das ações do plano.

De acordo com o observado, as intervenções planeadas tiveram efeito imediato no desempenho do posto de trabalho. Prevê-se que integração do manual de fabricação do produto no processo levará a um aumento superior do desempenho, principalmente nos operadores menos experientes, que atualmente ainda necessitam de um elevado nível de delegação de tarefas por parte dos mais experientes.

A padronização da ordem das tarefas e a sua exibição de forma sistemática poderá fornecer aos trabalhadores em treino uma ferramenta de apoio que permitirá uma mais rápida aprendizagem das tarefas a executar para concluir este processo.

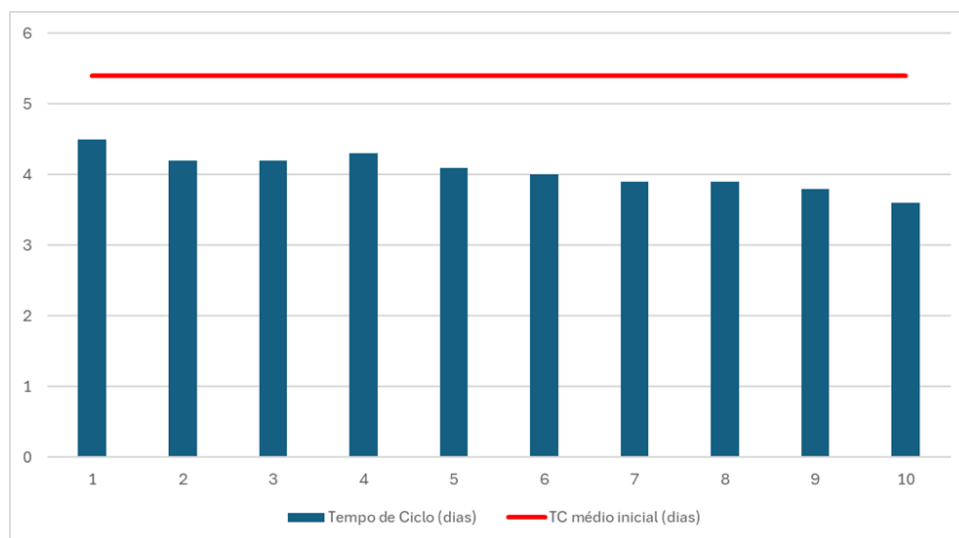


Figura 3.22. Tempos de ciclo observados

Observou-se uma melhoria de cerca de 28% no que toca ao tempo de ciclo, que foi reduzido de uma média de 5 dias para 3.6 dias. Dito isto, o objetivo primário do projeto ainda não foi verificado, sendo que, até mesmo com a melhoria obtida, o processo continua com um tempo de ciclo 9.6 horas acima do necessário para assegurar entregas atempadas ao cliente.

No que toca à criação de novas ferramentas, foi possível projetar um gabarito para o recorte de uma janela para a montagem de instrumentação no revestimento superior, figura 3.23, substituindo o padrão de corte fornecido pelo cliente, figura 3.24, que apenas permitia o desenho no revestimento dos limites esperados para o corte, sendo que o corte em si teria que ser feito à mão livre. Esta ferramenta permite minimizar os erros provenientes do corte do orifício, ao limitar fisicamente o caminho possível de percorrer com a rebarbadora.



Figura 3.23. Gabarito de recorte do revestimento



Figura 3.24. Ferramenta original de esboço para o recorte do revestimento

Como é possível observar nas imagens acima, a ferramenta original é constituída por um material composto, neste caso fibra de carbono e resina, de espessura reduzida, que seria facilmente cortada. Esta ferramenta ainda é utilizada para apontar os furos necessários para a fixação da ferramenta nova, sendo que uma melhoria posterior ao *poka-yoke* passa pela substituição completa do gabarito original.

No que toca à segurança ocupacional, as propostas de melhoria foram implementadas na íntegra, tal como é possível verificar nas figuras 3.25, 3.26 e 3.27. Desde a implementação destas medidas, não ocorreram incidentes de segurança ocupacional relacionados com os componentes afetados, tendo estas áreas sido causa de acidentes e incidentes no passado. A gestão visual permitirá a rápida comunicação de potenciais riscos de segurança ocupacional que possam ser identificados às chefias, para que possa ocorrer uma intervenção rápida e eficaz em quaisquer pontos que possam pôr em causa a segurança no posto.



Figura 3.25. Mangueira reparada



Figura 3.26. Cavidade da plataforma reparada



Figura 3.27. Degraus reparados

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O presente capítulo contém conclusões gerais sobre a aplicação das ferramentas utilizadas ao longo do estudo, assim como recomendações de trabalhos futuros que permitam dar continuidade ao projeto e à sua aplicabilidade noutras estações e áreas de trabalho.

4.1 Conclusões

Através da fomentação de eventos *Kaizen*, é possível desenvolver um ambiente empresarial propenso à identificação e eliminação de desperdícios assim como à otimização dos processos, resultando em ganhos significativos de produtividade na fabricação de aeroestruturas.

O VSM permitiu à equipa determinar qual o processo de fabricação que mais influenciava o prazo de entrega dos conjuntos de aeroestruturas do projeto PC-12, focando os esforços e os recursos limitados no processo que levaria a uma maior alteração positiva no mesmo.

A reunião de equipas multidisciplinares permite uma maior diversidade de ideias e soluções para os problemas que os processos apresentam, permitindo um maior grau de inovação face a equipas formadas puramente por quadros técnicos ou académicos.

A inclusão de colaboradores experientes da linha de fabricação nas sessões de *brainstorming* e de tomada de decisão mostrou-se imprescindível para o sucesso continuado do processo de melhoria. O conhecimento adquirido pela experiência destes elementos é muitas vezes subaproveitado nas empresas.

A utilização de análise de DNA permite a identificação rápida de pontos de melhoria através da definição das ações que têm ou não valor acrescentado e da recolha de dados

relativos à sua expressão no processo. Apesar de se considerar que esta ferramenta de análise tem utilidade na generalidade de estudos de processos, a aplicação da mesma pode não resultar em ações que resultem na eliminação de atividades sem valor acrescentado para o cliente em situações onde seja necessária uma mudança substancial ao processo, a não ser que a empresa tenha a liberdade para definir os seus próprios processos de fabrico.

No caso em estudo, e dada a realidade regulatória e os constrangimentos impostos pelo próprio cliente, seria inviável uma mudança substantiva ao processo de forma a eliminar ou reduzir o tempo despendido em algumas das atividades executadas.

A padronização dos procedimentos e o desenvolvimento de manuais de fabricação foram fundamentais para reduzir a dependência em operadores experientes, para minimizar os efeitos do *turnover* e para melhorar a qualidade do produto final. A existência de documentação clara e de simples interpretação assiste também o trabalho dos trabalhadores mais experientes através da redução da variabilidade dos processos.

O aumento da independência operacional, conseguida através da formação dos monitores dos postos, demonstra reduções nos tempos de espera para inspeções de qualidade, o que por sua vez impacta diretamente no tempo de ciclo da linha inteira.

A utilização de gestão visual permite aos supervisores e monitores das áreas e processos determinar rapidamente a progressão do processo de fabrico, e o planear mais eficazmente contramedidas que permitam mitigar potenciais atrasos.

A existência tanto do GTO como da matriz de flexibilidade da linha permite ao supervisor equilibrar eficazmente as equipas atribuídas a cada estaleiro. Isto é particularmente importante num projeto de fabricação deste género, quando consideramos que é necessária a finalização de um conjunto completo para expedição para o cliente. O desnivelamento das linhas tem tendência a causar constrangimentos a jusante do posto estudado.

A monitorização constante e revisão dos processos permite garantir a manutenção dos padrões estabelecidos e a continuidade das melhorias implementadas.

Espera-se que a implementação integral das propostas de melhoria, especificamente no que toca à padronização de procedimentos e do manual de fabricação, leve a uma melhoria continuada tanto na qualidade do produto final, como na preparação de novos elementos no posto de fabricação deste projeto.

4.2 Propostas de Trabalhos Futuros

O investimento na filosofia *Lean* será essencial para a manutenção e crescimento da OGMA num mercado aeronáutico cada vez mais rígido e competitivo.

Os projetos de fabricação mais antigos tendem a sofrer de falta de documentação técnica detalhada assim como documentação relativa aos processos de montagem. No caso do projeto PC-12, o manual de fabricação desenvolvido foi o primeiro a organizar de forma sistemática todo o processo de fabricação e montagem deste processo em específico.

Isto significa que ainda há muito espaço para melhoria no que toca à padronização de processos no mesmo, pelo que recomendo a continuação do trabalho nos restantes processos de construção deste projeto. O elevado nível de investimento em termos de horas homem na agregação, organização, disposição e validação desta nova documentação pode levar a que este processo seja pouco apelativo para a empresa, principalmente em períodos de maior carga laboral na equipa de engenharia como durante o arranque de novos projetos.

A recolha continuada de propostas de melhoria provenientes da produção poderá levar ao desenvolvimento de mais ferramentas e *poka yokes* que permitam o aumento da qualidade do produto e da produtividade da linha.

O quadro de ações, se devidamente mantido, poderá dar à equipa de engenharia e de melhoria continua informação pertinente para potenciais alterações aos processos de produção futuros, tanto neste posto como noutros postos nos quais a empresa pretenda implementar esta ferramenta.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Hussein e K. Cheng, «Development of the supply chain oriented quality assurance system for aerospace manufacturing SMEs and its implementation perspectives», *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, vol. 29, n. 6, pp. 1067–1073, Nov. 2016, doi: 10.3901/CJME.2016.0907.108.
- [2] N. Bennett e J. Lemoine, «What a Difference a Word Makes: Understanding Threats to Performance in a VUCA World», *SSRN Electronic Journal*, Mar. 2014, doi: 10.2139/ssrn.2406676.
- [3] P. Garre, P. Shashank, M. Harish, e M. Dheeraj, «Applying lean in aerospace manufacturing», *Mater Today Proc*, vol. 4, n. 8, pp. 8439–8446, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.189.
- [4] J. Womack, D. Jones, e D. Roos, *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, 1.^a ed. New York, N.Y.: Macmillan Publishing Company, 1990.
- [5] G. Plemert, *Reinventing Lean*. Elsevier, 2007. doi: 10.1016/B978-0-12-370517-4.X5000-X.
- [6] J. K. Liker e J. M. Morgan, «The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development», *Academy of Management Perspectives*, vol. 20, n. 2, pp. 5–20, Mai. 2006, doi: 10.5465/amp.2006.20591002.
- [7] G. Ozturk, O. Bahadir, e A. Teymourifar, «Extracting priority rules for dynamic multi-objective flexible job shop scheduling problems using gene expression programming», *Int J Prod Res*, vol. 57, n. 10, pp. 3121–3137, Mai. 2019, doi: 10.1080/00207543.2018.1543964.
- [8] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Boca Raton, FL: Productivity Press, 1988.
- [9] T. W. Kehr e M. D. Proctor, «People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis», *Qual Reliab Eng Int*, vol. 33, n. 4, pp. 921–930, Jun. 2017, doi: 10.1002/qre.2059.

- [10] J. P. Womack e D. T. Jones, «Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation», *Journal of the Operational Research Society*, vol. 48, n. 11, pp. 1148–1148, Dez. 1997, doi: 10.1038/sj.jors.2600967.
- [11] S. Sahoo e S. Yadav, «Lean implementation in small- and medium-sized enterprises: An empirical study of Indian manufacturing firms», *Benchmarking*, vol. 25, n. 4, pp. 1121–1147, 2018, doi: 10.1108/BIJ-02-2017-0033.
- [12] M. Ichimura, S. Arunachalam, e T. Page, «An Emerging Training Model for Successful Lean Manufacturing - An Empirical Study», *i-manager's Journal on Management*, vol. 2, n. 4, pp. 29–40, Mai. 2008, doi: 10.26634/jmgt.2.4.316.
- [13] E. Lodgaard, J. Ingvaldsen, I. Gamme, e S. Aschehoug, «Barriers to Lean Implementation: Perceptions of Top Managers, Middle Managers and Workers», *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 595–600, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.11.103.
- [14] Z. Radnor, «Implementing Lean in Health Care: Making the Link Between the Approach, Readiness and Sustainability», *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 2, n. 1, pp. 1–12, Mar. 2011, doi: 10.24867/IJIE-2011-1-101.
- [15] J. R. Jadhav, S. S. Mantha, e S. B. Rane, «Exploring barriers in lean implementation», *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 5, n. 2, pp. 122–148, Mai. 2014, doi: 10.1108/IJLSS-12-2012-0014.
- [16] M. Lizak, «Methods of measuring the effectiveness of Lean Management», *Production Engineering Archives*, vol. 13, pp. 31–34, Dez. 2016, doi: 10.30657/pea.2016.13.07.
- [17] G. C. Parry e C. E. Turner, «Application of lean visual process management tools», *Production Planning & Control*, vol. 17, n. 1, pp. 77–86, Jan. 2006, doi: 10.1080/09537280500414991.
- [18] Y. Yin *et al.*, «Development and effectiveness analysis of a safety management model for SMEs integrating lean management innovation with SQCDP framework», *PLoS One*, vol. 20, n. 1, Jan. 2025, doi: 10.1371/journal.pone.0316299.
- [19] M. Matsuo e J. Nakahara, «The effects of the PDCA cycle and OJT on workplace learning», *The International Journal of Human Resource Management*, vol. 24, n. 1, pp. 195–207, Jan. 2013, doi: 10.1080/09585192.2012.674961.
- [20] E. Naughton, R. Moran, M. Kharub, J. C. Sa, e O. McDermott, «A structured model for continuous improvement methodology deployment and sustainment: A case study», *Heliyon*, vol. 10, n. 21, p. e40034, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e40034.

- [21] N. Vamsi Krishna Jasti e A. Sharma, «Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool», *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 5, n. 1, pp. 89–116, Fev. 2014, doi: 10.1108/IJLSS-04-2012-0002.
- [22] S. M. Zahraee, A. Hashemi, A. A. Abdi, A. Shahpanah, e J. M. Rohani, «Lean manufacturing implementation through value stream mapping: A case study», *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, vol. 68, n. 3, pp. 119–124, 2014, doi: 10.11113/jt.v68.2957.
- [23] J. Oliveira, J. C. Sá, e A. Fernandes, «Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company», em *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2017, pp. 1082–1089. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.139.
- [24] Y. Qin e H. Liu, «Application of Value Stream Mapping in E-Commerce: A Case Study on an Amazon Retailer», *Sustainability*, vol. 14, n. 2, p. 713, Jan. 2022, doi: 10.3390/su14020713.
- [25] C. Nascimento e P. Melo, «A root cause analysis method for industrial plant reliability improvement and engineering design feedback», em *Chemical Engineering Transactions*, Italian Association of Chemical Engineering - AIDIC, 2013, pp. 469–474. doi: 10.3303/CET1331079.
- [26] A. Ito, J. Bokrantz, A. Skoogh, M. Nawcki, e D. Bergsjö, «Improved root cause analysis supporting resilient production systems», *J Manuf Syst*, vol. 64, pp. 468–478, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.jmsy.2022.07.015.
- [27] E. Psomas, «Future research methodologies of lean manufacturing: a systematic literature review», *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 12, n. 6, pp. 1146–1183, Nov. 2021, doi: 10.1108/IJLSS-06-2020-0082.
- [28] R. Siva, M. N. K. Patan, M. I. P. Kumar, M. Purusothaman, S. Pitchai, e Y. Jegathish, «Process improvement by cycle time reduction through Lean Methodology», *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 197, n. 1, p. 012064, Mai. 2017, doi: 10.1088/1757-899X/197/1/012064.
- [29] T. Naruwasa e J. Shook, *Kaizen Express: Fundamentals for Your Lean Journey*. Cambridge, MA: Lean Enterprises Inst Inc., 2009.
- [30] K. M. Seddik, «The Impact of 5S Strategy on the Safety Climate & Productivity at Egyptian Garment Firms (Assembly Plants)», *Open Journal of Business and Management*, vol. 07, n. 02, pp. 1072–1087, 2019, doi: 10.4236/ojbm.2019.72073.
- [31] O. Omogbai e K. Salonitis, «The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach», *Procedia CIRP*, vol. 60, pp. 380–385, 2017, doi: 10.1016/j.procir.2017.01.057.

- [32] D. Andriani, «The Effect of Carousel Brainstorming Strategy and High Conscientiousness toward Students' Reading Comprehension», *International Journal of Science and Research*, vol. 8, 2018, doi: 10.21275/ART20198058.
- [33] P. Paulus, R. Korde, J. Dickson, e A. Carmeli, «Asynchronous Brainstorming in an Industrial Setting», 8 de Setembro de 2015, *SAGE Publications Inc.* doi: 10.1177/0018720815570374.
- [34] P. Paulus, J. Baruah, e J. Kenworthy, «Brainstorming: How to get the best ideas out of the "group brain" for organizational creativity», *Handbook of Organizational Creativity*, pp. 373–389, Jan. 2023, doi: 10.1016/B978-0-323-91840-4.00019-0.
- [35] B. Hoła, T. Nowobilski, I. Szer, e J. Szer, «Identification of factors affecting the accident rate in the construction industry», *Procedia Eng*, vol. 208, pp. 35–42, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.11.018.
- [36] A. Zhang, «Quality improvement through Poka-Yoke: From engineering design to information system design», *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 8, n. 2, pp. 147–159, 2014, doi: 10.1504/IJSSCA.2014.064260.
- [37] H. Nayeypour e S. Sehhat, «Designing the competency model of human resource managers based on paradox theory (case study: information and communication technology industry)», *International Journal of Organizational Analysis*, vol. 32, n. 7, pp. 1181–1203, Jul. 2024, doi: 10.1108/IJOA-02-2023-3645.
- [38] Q. Yan, W. Wu, e H. Wang, «Deep Reinforcement Learning for Distributed Flow Shop Scheduling with Flexible Maintenance», *Machines*, vol. 10, n. 3, p. 210, Mar. 2022, doi: 10.3390/machines10030210.
- [39] C. Genua, S. Giuffrida, e S. Rinaudo, «Gantt charts for production flow framework», *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 39, n. 3, pp. 691–696, 2006, doi: 10.3182/20060517-3-FR-2903.00350.
- [40] H. Shafeek, H. Bahaitham, e H. Soltan, «Lean Manufacturing Implementation Using Standardized Work», *J Comput Theor Nanosci*, vol. 15, n. 6, pp. 1814–1817, Jun. 2018, doi: 10.1166/jctn.2018.7316.
- [41] A. Haug, «Work instruction quality in industrial management», *Int J Ind Ergon*, vol. 50, pp. 170–177, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.ergon.2015.09.015.
- [42] F. Pilati, M. Faccio, M. Gamberi, e A. Regattieri, «Learning manual assembly through real-time motion capture for operator training with augmented reality», em *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 189–195. doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.093.

- [43] S. Hollmann *et al.*, «Ten simple rules on how to write a standard operating procedure», 1 de Setembro de 2020, *Public Library of Science*. doi: 10.1371/journal.pcbi.1008095.
- [44] K. G. Beyene, S. Nadew, W. G. Ali, A. G. Gebrehiwot, e S. G. Atsibeha, «How to write standard operating procedures: values and a practical guide», *International Journal of Drug Regulatory Affairs*, vol. 10, n. 4, pp. 32–37, Dez. 2022, doi: 10.22270/ijdra.v10i4.557.

Apêndice A - Processo de fabrico de Pilatus PC-12 no estado atual

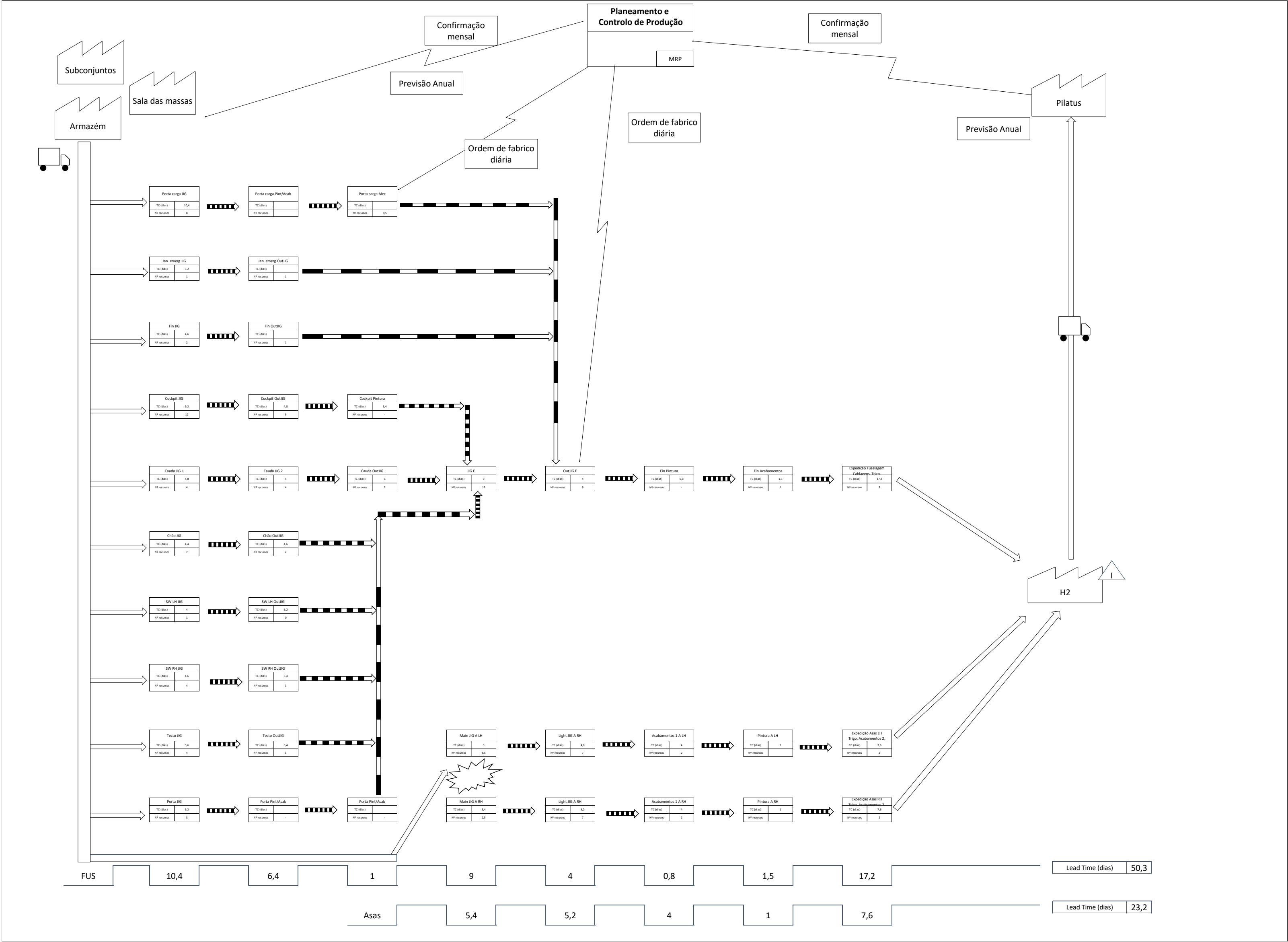


Figura A.1. VSM do processo de fabricação do Pilatus PC-12, estado atual

Apêndice B - Processo de fabrico de Pilatus PC-12 no estado futuro

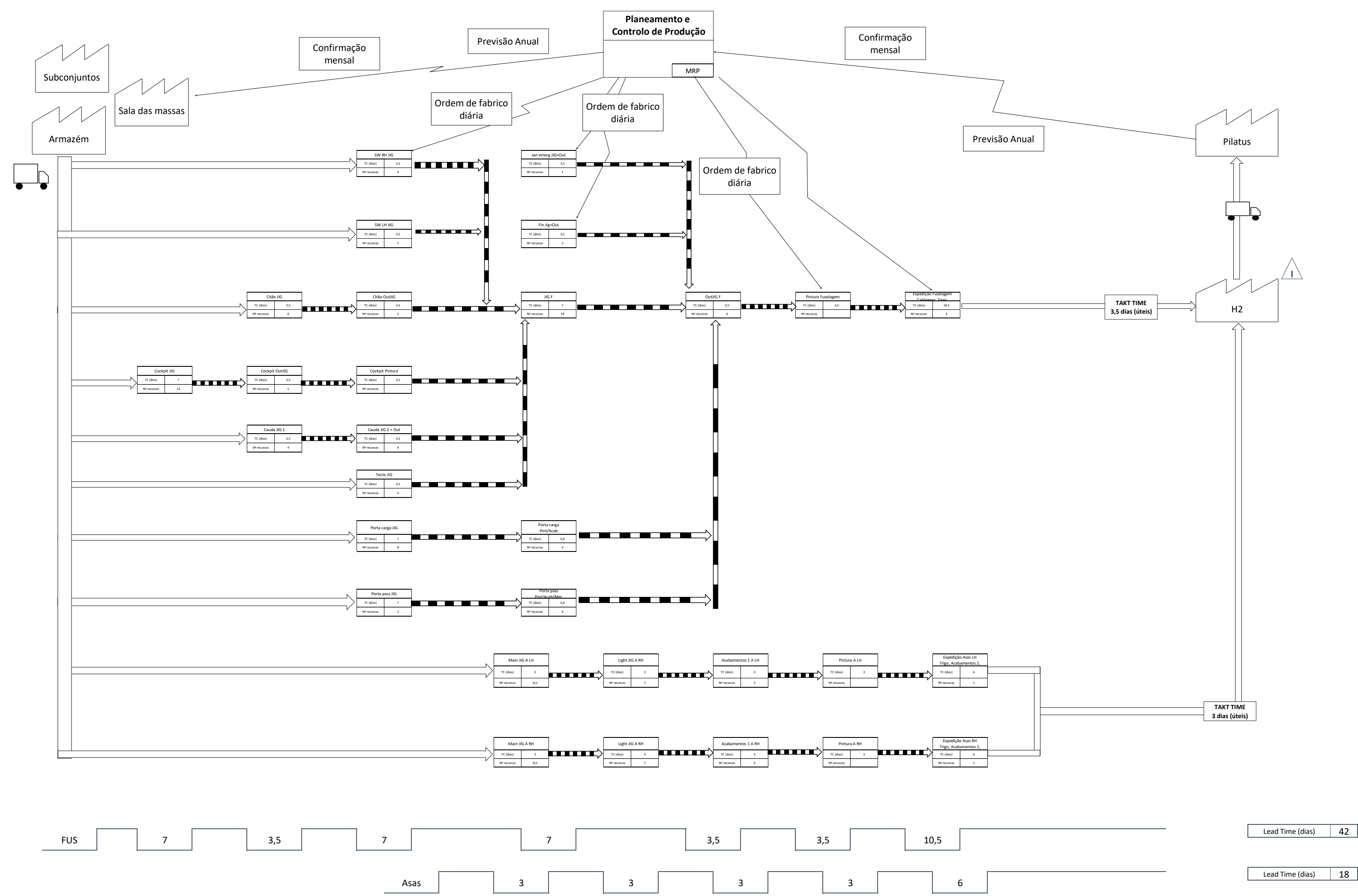


Figura A.2. VSM do processo de fabricação do Pilatus PC-12, estado futuro

Apêndice C - Monitorização das tarefas da estação JIG

Data de Início
BN

Monitorização das tarefas da estação JIG - Asa Direita



		Dia 1				Dia 2				Dia 3				Dia 4				
Atividades	Horas	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	
		H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	
1	Turno 1	Preparar EST. (4 MEC.) Passar a carga para o MAIN SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.)	Preparar EST. (4 MEC.) Passar a carga para o MAIN SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.)	Preparar EST. (4 MEC.) Passar a carga para o MAIN SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.)	Preparar EST. (4 MEC.) Passar a carga para o MAIN SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.) Passar a carga para o REAR SPAN (entre R8 e R9) (1 MEC.)	Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Suporte Alentejo (2 MEC.)	Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.)	Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.)	Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY zona unido R8-15 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-15 (2 MEC.)	Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)
		Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Cover Suporte Alentejo (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	
		Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Cover Suporte Alentejo (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	
		Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Cover Suporte Alentejo (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	
		Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Cover Suporte Alentejo (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	
		Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Cover Suporte Alentejo (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	
		Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Cover Suporte Alentejo (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Cover MIO R8-15 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Aplicar MY nos Claps do STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Posicionar conj. Claps + STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.) Cover Claps ao STR, INDO R8-20 (2 MEC.)	Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.) Recortar e rebarbear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.) Posicionar e pontear R8-15 (2 MEC.)	
		Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.) Posicionar ALONG, RS (R8-15) (2 MEC.)	Pos													

Figura A3. Quadro de Monitorização de tarefas do posto

Apêndice D - Macrotarefas do posto JIG

Tabela A.1. Tabela das Macro-tarefas do posto JIG

Ordem	Tarefas
1	Montagem do Estaleiro
2	Posicionar MAIN SPAR, REAR SPAR, R1, R6, ALONGs, S. AILERON E R20
3	Posicionar NOSE, MID e END RIBs
4	Furar NOSE, MID e END RIBs
5	Posicionar STRINGERs
6	Furar STRINGERs
7	Desmontar STRINGERs e RIBs
8	Desmontar S. AILERON, ALONGs e REAR SPAR
9	END RIB 2-11
10	END RIB 11-15A + ALONG.RS (RIB 11-16)
11	ALONG. MS (RIB 16-20), ALONG. RS (RIB 16-20), RIB 20 e S. AILERON
12	NOSE RIB 1, NOSE RIB 6, MID RIB 1 e MID RIB 6
13	NOSE RIB 2-5 e MID RIB 2-5
14	NOSE RIB 7-15 e MID RIB 7-15
15	NOSE RIB 16-19 e MID RIB 16-19
16	Rebarbar STRINGERs
17	Aplicar MV zona união Clips com STRINGERs
18	Cravar Clips aos STRINGERs
19	Aplicar MV nos Clips dos STRINGERs
20	Posicionar conj. Clips + STRINGERs
21	Cravar conj. Clips + STRINGERs
22	Posicionar e pontear Revestimentos Inferiores
23	Furar Revestimentos Inferiores
24	Furar Bordo de Ataque
25	Desmontar Revestimentos Inferiores
26	END RIB 1 e 1A
27	Rebarbar Revestimentos Inferiores e cravar Aros das Janelas e Porcas
28	Beneficiar riscos e marcas dos Revestimentos Inferiores
29	Posicionar e pontear Revestimentos Superiores
30	Furar Revestimentos Superiores
31	Posicionar Revestimentos Inferiores
32	Furação das zonas de uniões entre os Revestimentos inferiores e Superiores
33	Desmontar Revestimentos Superiores
34	Desmontar Revestimentos Inferiores
35	Rebarbar Estrutura
36	Beneficiar riscos e marcas
37	Desengordurar e Aplicar MV na Estrutura
38	Desengordurar e posicionar Revestimentos Inferiores
39	Cravar rebites
40	Cravar Revestimentos Inferiores
41	Beneficiar riscos e marcas RIBs
42	Estancar zona de tanque



2025

ALEXANDRE MARINHEIRO DE
CAMPOS ALHEIO

MELHORIA CONTINUA: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA
AERONAUTICA